

Ричард О'Brien

ЖИРЫ И МАСПА

Производство
Состав и свойства
Применение



Palsgaard®

MARGO®
Ingredients for life

AAK
Aarhus Karlshamn

издательство
ПРОФЕССИЯ



Р. О'Брайен

Жиры и масла

Производство, состав и свойства,
применение

Перевод с англ. 2-го изд.

Санкт-Петербург
издательство
ПРОФЕССИЯ

2007

УДК 665.1
ББК 35.782Англ.
О11

О'Брайен Р.

О11 Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / Р. О'Брайен; пер. с англ. 2-го изд. В. Д. Широкова, Д. А. Бабейкиной, Н. С. Селивановой, Н. В. Магды — СПб.: Профессия, 2007. — 752 с., табл., ил.

ISBN 978-5-93913-123-0

ISBN 0-8493-1599-9 (*CRC Press*)

Книга представляет собой справочное пособие по производству, переработке и использованию различных жиров и масел. Описаны все этапы производства масложировой продукции, начиная с извлечения масел и жиров из исходного сырья и заканчивая их использованием в процессе выработки отдельных пищевых продуктов. В книге приведены данные по составу большинства пищевых жиров и масел, режимам переработки, особенностям применения. Большое внимание удалено рассмотрению взаимосвязи состава и свойств масел и возможностей их использования в том или ином продукте. Описаны методы исследования жиров и масел: широко распространенные и нестандартизованные; особенности применения этих методов в контроле производства.

В книге учтены последние достижения науки и технологии, а также современные требования к производству жиров и масел и контролю их качества. Особо следует отметить такие темы, как масла из ГМИ, свойства специальных жиров (шортенингов), возможности регулирования этих свойств, новые формы шортенингов, принципы подбора жиров для отдельных видов продуктов, менеджмент качества применительно к производству жиров.

Книга предназначена для специалистов пищевой промышленности: масложировой, кондитерской, хлебопекарной, молочной и других отраслей, а также для преподавателей, аспирантов и студентов профильных вузов.

УДК 665.1
ББК 35.782Англ.

Издательство «Профессия» выражает глубокую благодарность
за помощь и консультации при подготовке к изданию

Почерникову Владимиру Ивановичу,

к.т.н., чл.-кор. Международной академии наук экологической безопасности (МАНЭБ),
зав. лабораторией мыла, моющих средств и шампуней ВНИИЖ

*All right reserved. Authorized translation from English language edition published by CRC Press,
part of Taylor & Francis Group LLC.*

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-5-93913-123-0
ISBN 0-8493-1599-9 (*CRC Press*)

© *CRC Press LLC*, 2004

© Изд-во «Профессия», перевод
и оформление, 2007

Оглавление

Предисловие к первому изданию	14
Предисловие ко второму изданию	16
Список использованных сокращений	18
Глава 1. Масличное сырье	19
1.1. Введение	19
1.2. Источники жиров и масел	20
1.3. Производство растительных масел	20
1.4. Состояние рынка жиров и масел	22
1.5. Потребление пищевых жиров и масел в США	23
1.6. Характеристики жиров и масел	26
1.6.1. Неомыляемые вещества жиров и масел	27
1.7. Растительные масла из генетически модифицированных источников (ГМИ)	31
1.8. Соевое масло	33
1.8.1. Состав и физические свойства соевого масла	34
1.8.2. Генетически модифицированное соевое масло	37
1.9. Хлопковое масло	38
1.9.1. Состав и физические свойства хлопкового масла	38
1.9.2. Генетически модифицированное хлопковое масло	41
1.10. Арахисовое масло	41
1.10.1. Состав и физические свойства арахисового масла	42
1.10.2. Генетически модифицированное арахисовое масло	44
1.11. Кукурузное масло	45
1.11.1. Состав и физические свойства кукурузного масла	45
1.11.2. Генетически модифицированное кукурузное масло	47
1.12. Подсолнечное масло	48
1.12.1. Состав и физические свойства подсолнечного масла	48
1.12.2. Подсолнечное масло <i>NuSun</i>	49
1.12.3. Состав и физические свойства <i>NuSun</i>	51
1.13. Высокоолеиновое подсолнечное масло	52
1.13.1. Физические свойства и состав высокоолеинового подсолнечного масла	53
1.14. Сафлоровое масло	54
1.14.1. Состав и физические свойства сафлорового масла	54
1.15. Высокоолеиновое сафлоровое масло	56
1.15.1. Состав и физические свойства высокоолеинового сафлорового масла	56
1.16. Рапсовое масло (канола)	58
1.16.1. Состав и физические свойства рапсового масла (канола)	58
1.16.2. Генетически модифицированное рапсовое масло	61
1.17. Оливковое масло	62
1.17.1. Состав и физические свойства оливкового масла	62
1.18. Пальмовое масло	63
1.18.1. Состав и физические свойства пальмового масла	65
1.18.2. Генетически модифицированное пальмовое масло	69
1.19. Кокосовое масло	69
1.19.1. Состав и физические свойства кокосового масла	70
1.20. Пальмоядровое масло	72
1.20.1. Состав и физические свойства пальмоядрового масла	72
1.21. Свиной жир	74
1.21.1. Физические свойства и состав свиного жира	74

1.22. Твердые животные жиры	77
1.22.1. Физические свойства и состав твердых животных жиров	78
1.23. Молочный жир	80
1.23.1. Физические свойства и состав молочного жира	81
Литература	83
Глава 2. Переработка жиров и масел	87
2.1. Введение	87
2.2. Получение жиров и масел	88
2.2.1. Переработка масличных семян	90
2.2.2. Выделение животных жиров	93
2.3. Системы рафинации	94
2.4. Физическая рафинация	95
2.4.1. Предварительная физическая рафинация	98
2.4.2. Гидратация	99
2.4.3. Кислотная гидратация	101
2.4.4. Сухой способ удаления фосфатидов	102
2.4.5. Ферментативный способ удаления фосфатидов	103
2.4.6. Кислотная рафинация	103
2.5. Химическая рафинация	104
2.5.1. Кратковременная рафинация каустической содой	109
2.5.2. Метод Зенита	111
2.5.3. Рафинация в мисцелле	112
2.5.4. Периодическая рафинация каустической содой	113
2.5.5. Рафинация с использованием силикатов	115
2.5.6. Эффективность рафинации	116
2.5.7. Побочные продукты рафинации	117
2.6. Предварительное отбеливание	120
2.6.1. Способы отбеливания	121
2.6.2. Отбеливающие материалы	123
2.6.3. Дозировка отбельных глин	125
2.6.4. Температура	126
2.6.5. Продолжительность процесса	127
2.6.6. Роль влаги	128
2.6.7. Фильтрование	128
2.6.8. Побочные продукты отбеливания	130
2.7. Гидрогенизация	131
2.7.1. Параметры процесса	135
2.7.2. Системы гидрогенизации	139
2.7.3. Контроль процесса гидрогенизации	141
2.7.4. Саломасы	142
2.8. Дополнительное отбеливание	147
2.9. Переэтерификация	148
2.9.1. Катализаторы химической перегруппировки	150
2.9.2. Контроль окончания реакции	152
2.9.3. Процесс случайной химической переэтерификации	155
2.9.4. Процесс направленной химической переэтерификации	156
2.9.5. Ферментативная переэтерификация	157
2.9.6. Применение переэтерифицированных жиров и масел	159
2.10. Винтеризация (вымораживание)	159
2.10.1. Классический процесс винтеризации	160

2.10.2. Принцип винтеризации	161
2.10.3. Винтеризация с растворителем	163
2.10.4. Методы контроля процесса винтеризации	165
2.10.5. Применение винтеризации	165
2.11. Депарафинизация	166
2.11.1. Контроль процесса депарафинизации	168
2.11.2. Применение депарафинизации	168
2.12. Фракционирование	169
2.12.1. Сухое кристаллическое фракционирование	170
2.12.2. Фракционирование с помощью дестергентов	171
2.12.3. Фракционирование с растворителем	171
2.13. Этерификация или алкоголизация	173
2.13.1. Моно- и диглицериды	174
2.13.2. Эфиры полиглицерина	179
2.13.3. Моноэфиры пропиленгликоля	180
2.14. Смешивание	181
2.15. Дезодорация	182
2.15.1. Параметры процесса	183
2.15.2. Системы дезодорации	186
2.15.4. Управление процессом дезодорации	190
2.15.5. Дистилляты дезодорации	193
2.16. Окончательная обработка жиров и масел	195
2.16.1. Предупреждение окислительной порчи	195
2.16.2. Предупреждение загрязнения	201
2.17. Пластификация	202
2.17.1. Пластичность пищевых жиров и масел	203
2.17.2. Развитие оборудования для отверждения	206
2.17.3. Процесс пластификации шортенинга	208
2.17.4. Кристаллизация жидкого шортенинга	211
2.17.5. Процесс пластификации маргарина	213
2.17.6. Темперирование	218
2.18. Шортенинги в виде хлопьев	221
2.18.1. Холодильные барабаны	221
2.18.2. Кристаллизация хлопьев	221
2.18.3. Условия образования хлопьев	221
2.19. Порошкообразные и гранулированные жиры	222
2.19.1. Распылительное охлаждение	222
2.19.2. Измельчение хлопьев	222
2.19.3. Образование хлопьев при распылении и измельчение	222
2.20. Упаковка салатных и кулинарных масел	222
2.21. Транспортировка наливом	222
2.21.1. Загрязнение	222
2.21.2. Перегрев	222
2.21.3. Воздействие воздуха	222
Литература	231
Глава 3. Исследование жиров и масел	233
3.1. Введение	233
3.2. Нежировые примеси	233
3.2.1. Определение влаги	233
3.2.2. Определение примесей	233

3.2.3. Определение следовых количеств металлов	237
3.2.4. Определение мыла	238
3.3. Характеристики плавления, затвердевания и консистенции	238
3.3.1. Определение температуры плавления	239
3.3.2. Определение содержания твердых и жидкых фракций жира	241
3.3.3. Определение характеристик затвердевания	244
3.3.4. Определение характеристик консистенции	246
3.4. Показатели состава	249
3.4.1. Число омыления	250
3.4.2. Йодное число	250
3.4.3. Показатель преломления	251
3.4.4. Жирнокислотный состав	251
3.4.5. Расчетное йодное число	253
3.4.6. Структура триглицеридов	253
3.4.7. Определение эмульгаторов	254
3.4.8. Определение антиоксидантов	255
3.4.9. Определение токоферолов	255
3.5. Вкус и запах, окислительная порча и стабильность	256
3.5.1. Определение вкуса и запаха	257
3.5.2. Определение показателей порчи	258
3.5.3. Определение окислительной стабильности масла	262
3.6. Цвет и внешний вид	266
3.6.1. Методы измерения цветности	266
3.6.2. Внешний вид	269
3.7. Контроль рафинации и отбеливания	270
3.7.1. Потери при рафинации	270
3.7.2. Содержание нейтрального масла и расчет потерь	271
3.7.3. Оценка отбеливания	272
3.8. Испытания на пригодность	272
3.8.1. Оценка взбиваемости	273
3.8.2. Испытание на круглом фунтовом кексе	274
3.8.3. Определение объема крема	275
3.8.4. Испытание на белом кексе	275
3.8.5. Испытание на кремовых начинках	276
3.8.6. Испытание на сухих полуфабрикатах мучных изделий	276
3.8.7. Испытание на бездрожжевом слоеном тесте	277
3.8.8. Испытание на обжаривание во фритюре на предприятиях общественного питания	277
3.8.9. Оценка глазури мороженого	278
3.9. Нестандартизованные методы	278
3.9.1. Консистенция шортенинга и оценка пластичности	279
3.9.2. Определение вкуса МКИ	280
3.9.3. Оценка внешнего вида шортенинга	281
3.9.4. Оценка внешнего вида маргарина	283
3.9.5. Оценка взбиваемости	283
3.9.6. Испытание на круглом фунтовом кексе	285
3.9.7. Определение объема крема	286
3.9.8. Испытания на белом кексе со 140% сахара	287
3.9.9. Испытания на белом кексе со 105% сахара	288
3.9.10. Испытания на домашнем белом кексе	289

3.9.11. Испытание на кремовых начинках	291
3.9.12. Испытания на сухом полуфабрикате белого кекса	292
3.9.13. Испытание на бездрожжевом слоеном тесте	294
3.9.14. Испытание на обжаривание во фритюре	297
3.9.15. Оценка глазури мороженого	299
3.9.16. Оценка шортенинга для начинки печенья-сэндвичей	300
Литература	301
Глава 4. Состав и свойства жиров и масел	303
4.1. Введение	303
4.2. Состав природных масел и жиров	306
4.2.1. Низкомолекулярные жирные кислоты	307
4.2.2. Лауриновая кислота	307
4.2.3. Миристиновая кислота	308
4.2.4. Пальмитиновая кислота	308
4.2.5. Стеариновая кислота	309
4.2.6. Высокомолекулярные жирные кислоты	309
4.2.7. Олеиновая кислота	309
4.2.8. Эссенциальные жирные кислоты	311
4.2.9. Изомеры жирных кислот	312
4.2.10. Эруковая кислота	312
4.3. Вкусоароматические свойства	312
4.3.1. Устойчивость к окислению	313
4.3.2. Гидролиз	319
4.3.3. Ощущение во рту	320
4.4. Физические свойства	321
4.4.1. Кристаллические формы жиров	322
4.4.2. Пластичность жира	325
4.4.3. Соотношение твердой и жидкой фаз	326
4.5. Система саломасов	329
4.6. Реологические свойства	333
4.6.1. Масложировые продукты с широким диапазоном пластичности	335
4.6.2. Жировые продукты с крутым наклоном кривой плавления	338
4.6.3. Жидкие непрозрачные или текучие продукты	341
4.7. Масложировые продукты с пониженным содержанием транс-изомеров	343
4.8. Внесение эмульгаторов	345
4.8.1. Моно- и диглицериды	351
4.8.2. Эфиры пропиленгликоля	352
4.8.3. Эфиры сорбитана	352
4.8.4. Полиоксиэтилен-сорбитаны	353
4.8.5. Эфиры полиглицерина	354
4.8.6. Лактилированные эфиры	354
4.8.7. Лецитин	356
4.8.8. Методы выбора эмульгатора	362
4.9. Разработка жировых продуктов	363
4.9.1. Разработка для применения	364
4.9.2. Аналитическая разработка	371
4.9.3. Копирование триглицеридной структуры	372
4.10. Взаимозаменяемость исходных масел и жиров	373
Литература	373

Глава 5. Типы шортенингов	376
5.1. Введение	376
5.1.1. Развитие производства	377
5.1.2. Исходные масла	382
5.1.3. Формы выпуска шортенингов	386
5.2. Пластичные шортенинги	387
5.3. Жидкие шортенинги	389
5.4. Шортенинги в виде хлопьев, гранулированные и порошкообразные	390
Литература	392
Глава 6. Хлебопекарные шортенинги	394
6.1. Введение	394
6.2. Универсальные шортенинги	397
6.3. Универсальный шортенинг с эмульгаторами	401
6.4. Шортенинг для сухих полуфабрикатов МКИ	404
6.5. Шортенинг для отдельных видов МКИ	407
6.6. Жидкий шортенинг для МКИ	408
6.7. Шортенинг для глазури и начинок	411
6.8. Стабилизаторы глазури	414
6.9. Хлебопекарный шортенинг	415
6.10. Жидкий хлебопекарный шортенинг	418
6.11. Шортенинг для слобного дрожжевого теста	420
6.12. Шортенинг для печенья	421
6.13. Шортенинг для начинки печенья	422
6.14. Шортенинг для хрустящих пирогов	425
6.15. Шортенинг для бисквитов	427
6.16. Шортенинг для дрожжевого слоеного теста	428
6.17. Шортенинг для бездрожжевого слоеного теста	432
6.18. Шортенинг в виде хлопьев	435
6.19. Шортенинг для крекеров	436
Литература	437
Глава 7. Фритюрные жиры	439
7.1. Введение	439
7.2. Пищевые добавки во фритюрных жирах	443
7.3. Выбор фритюрного жира	446
7.3.1. Характеристики готовой продукции	447
7.3.2. Стабильность фритюрного жира в процессе жарки	448
7.3.3. Сроки годности продукции	449
7.4. Фритюрные жиры для предприятий общественного питания	449
7.4.1. Универсальный шортенинг для предприятий общественного питания	451
7.4.2. Фритюрный жир из растительных и животных жиров	451
7.4.3. Фритюрный жир растительного происхождения для жарки в интенсивном режиме	452
7.4.4. Жидкие фритюрные жиры	453
7.4.5. Масла из ГМИ	455
7.5. Жиры для жарки на сковороде или противне	455
7.6. Фритюрные жиры для МКИ	459
7.6.1. Фритюрный жир для пончиков на химических разрыхлителях	462
7.6.2. Жареные изделия из дрожжевого теста	464
7.6.3. Фритюрный жир для пирогов	465

7.7. Фритюрные жиры для снэков	466
7.7.1. Обжаривание орехов в масле	468
Литература	469
Глава 8. Заменители молочного жира	470
8.1. Введение	470
8.2. ЗМЖ для растительных сливок	474
8.3. ЗМЖ для взбитых сливок	477
8.4. ЗМЖ для аналогов сыра	480
8.5. ЗМЖ для замороженных десертов или мороженого (меллорина)	481
8.6. ЗМЖ для сметаны и основ соусов	483
8.7. ЗМЖ для аналогов питьевого молока	485
8.8. ЗМЖ для аналогов сгущенного молока с сахаром	486
Литература	487
Глава 9. Шортенинги для домашней кулинарии	487
9.1. Введение	487
9.2. Развитие технологии жиров для домашней кулинарии	490
9.3. Требования к шортенингам для домашней кулинарии	491
9.4. Состав шортенингов для домашней кулинарии	495
9.5. Пластификация шортенингов для домашней кулинарии	496
9.6. Упаковка шортенингов для домашней кулинарии	497
Литература	498
Глава 10. Маргарин	498
10.1. Введение	498
10.2. История маргарина	506
10.3. Состав маргарина	506
10.3.1. Молочные продукты или белки	507
10.3.2. Эмульгаторы	507
10.3.3. Вкусоароматические компоненты	508
10.3.4. Консерванты и антиоксиданты	509
10.3.5. Витамины и красители	510
10.3.6. Масла и жиры в маргарине	510
10.4. Состав жировой основы потребительского маргарина	514
10.4.1. Жировые основы потребительского маргарина, не содержащие транс-изомеров	514
10.5. Состав промышленного маргарина	516
10.6. Состав маргаринов пониженной жирности	517
10.7. Изготовление маргаринов	518
10.7.1. Брусковые маргарины	519
10.7.2. Мягкие наливные маргарины	520
10.7.3. Взбитые маргарины	520
10.7.4. Жидкий маргарин	521
10.7.5. Маргарины для использования в промышленности	521
Литература	523
Глава 11. Жидкие масла	523
11.1. Введение	523
11.2. История жидких масел	524
11.3. Сыре для салатного и кулинарного масла	524

11.4. Масла для розничной продажи	530
11.5. Применение салатного масла в промышленности	532
11.6. Майонез	533
11.6.1. Ингредиенты майонеза	534
11.6.2. Технология изготовления майонеза	539
11.7. Густые соусы	540
11.8. Жидкие дрессинги	542
11.8.1. Французский дрессинг	543
11.9. Высокостабильные масла	544
11.9.1. Технологическое получение высокостабильного масла	544
11.9.2. Применение селекционных методов	546
11.9.3. Применение высокостабильных масел	546
Литература	547
Глава 12. Управление качеством	549
12.1. Введение	549
12.2. Стандарты предприятия	551
12.3. Спецификации	551
12.3.1. Структура спецификаций	552
12.3.2. Спецификации ингредиентов	554
12.3.3. Спецификация упаковки	558
12.3.4. Спецификации продуктов	560
12.3.5. Спецификации требований потребителей	563
12.3.6. Сводные спецификации	565
12.4. Описание процедур	566
12.4.1. Структура описания процедур	566
12.4.2. Процедуры обеспечения качества	567
12.5. Методы испытаний	581
12.5.1. Структура методики проведения испытаний	582
12.6. Контроль процесса производства	585
12.6.1. Контроль сырых пищевых жиров и масел	587
12.6.2. Контроль процесса рафинации	589
12.6.3. Контроль процесса предварительного отбеливания	593
12.6.4. Контроль процесса гидрогенизации	595
12.6.5. Контроль процесса дополнительного отбеливания	598
12.6.6. Контроль процесса винтеризации	600
12.6.7. Контроль процесса депарафинизации	601
12.6.8. Контроль процесса смешивания	602
12.6.9. Контроль процесса дезодорации	604
12.6.10. Контроль процесса отгрузки наливом	606
12.6.11. Контроль процесса пластификации и фасовки шортенинга	607
12.6.12. Контроль процесса производства фасованных жидких шортенингов	612
12.6.13. Контроль процесса розлива жидких масел	616
12.6.14. Контроль процесса производства хлопьев	618
12.6.15. Стандарты качества при производстве маргаринов и спредов	620
Литература	623
Глава 13. Выявление и устранение проблем	624
13.1. Введение	624
13.2. Технологические проблемы	626
13.2.1. Извлечение растительного масла	626
13.2.2. Вытапливание животных жиров	630

13.2.3. Хранение сырых масел	631
13.2.4. Гидратация	635
13.2.5. Щелочная рафинация масла. Первичное сепарирование	636
13.2.6. Рафинация масла. Промывка водой	640
13.2.7. Рафинация масла. Вакуумное высушивание	641
13.2.8. Предварительное отбеливание	641
13.2.9. Гидрогенизация	644
13.2.10. Дополнительное отбеливание	647
13.2.11. Винтеризация	649
13.2.12. Депарафинизация	651
13.2.13. Этерификация	652
13.2.14. Смешивание	656
13.2.15. Дезодорация	658
13.2.16. Внесение антиоксидантов	669
13.2.17. Загрузка цистерн при транспортировке наливом	671
13.2.18. Фасовка и упаковка масла	675
13.2.19. Фасованное жидкое масло. Хранение и транспортировка	677
13.2.20. Фасовка и упаковка шортенингов	678
13.2.21. Жидкие непрозрачные шортенинги	687
13.2.22. Шортенинги в виде хлопьев	691
13.2.23. Фасованные шортенинги. Хранение и транспортировка	701
13.2.24. Лаборатория контроля качества	702
13.2.25. Пищевые жиры и масла. Органолептическая оценка	705
13.3. Применение шортенингов	709
13.3.1. Хлебопекарные шортенинги	713
13.3.2. Фритюрные жиры	728
13.4. Маргарины и спреды	733
13.5. Контроль качества	742
Литература	744

Предметный указатель

Предисловие к первому изданию

Эта книга представляет собой практический справочник, описывающий получение, состав и свойства жиров и масел, применяемых при производстве пищевых продуктов, в общественном питании и домашнем хозяйстве. Она предназначена служить источником информации для специалистов как масложировой отрасли, так и отраслей, потребляющих ее продукцию.

Существует множество изданий, в которых рассмотрены различные аспекты химии, технологии и производства жиров и масел, однако автору неизвестно о существовании книг, посвященных производству жиров и масел с точки зрения контроля качества и особенностей их применения. Это важные стороны успеха для производителей масложировой продукции, поскольку от свойств этой продукции зависит ее применение, а система контроля качества обеспечивает получение продукции, имеющей стабильные функциональные показатели.

Разработка способов применения и управление качеством начинаются после выяснения требований заказчика и являются основой для проектирования продукта, организации сбыта, производства, определения стоимости продукта, решении вопросов логистики и технологического сопровождения. Целью создания данной книги было описание влияния технологических параметров на функциональные характеристики получаемых жиров и масел, способов изменения этих характеристик при необходимости и системы контроля производства, обеспечивающей стабильное качество продукции с наименьшими затратами. Лишь при полном понимании назначения и свойств различных жиров и масел можно сформулировать требования к их производству. Изложение глав, касающихся сырья или получения масел и жиров, их оценки, состава, показателей и применения нацелено на получение конечного продукта определенного состава. Контроль технологических процессов требует рассмотрения проблем, связанных со свойствами сырья и параметрами каждого этапа, а также проблем, возникающих у потребителя уже после продажи. В связи с этим были включены главы об управлении качеством, признаках нарушений технологического процесса и способах устранения неисправностей, чтобы предложить технологам пути решения проблем или, по крайней мере, подсказать направление поиска.

Отрасли, потребляющие жиры и масла, всегда проявляли большой интерес к разработке, получению и контролю качества масложировой продукции. Создание жиров и масел специального назначения, оптимизация параметров производства, исследование пищевой ценности и другие разработки были успешными благода-

ря совместным усилиям производителей и потребителей жиров. Именно поэтому в книге основное внимание сфокусировано на применении масложировой продукции, что представляет интерес для обеих сторон. Автор намеревался помочь лучше понять функциональные свойства, ограничения и возможности жиров и масел, что является ключевым элементом правильного составления и использования продуктов. Понимание требований к конечному продукту необходимо и производителям, чтобы создать жиры и масла с оптимальными свойствами.

В материалах этой книги содержатся данные, накопленные за прошедшие 35 лет при изучении патентов, каталогов, научных журналов, из личного опыта и консультаций со многими известными специалистами отрасли, выпускающими продукты, которыми можно гордиться.

компонентов пищи привели к стремлению уменьшить использование гидрогенизованных жиров во многих продовольственных продуктах, что влияет на выбор масличного сырья, способа обработки и рецептур функциональных масложировых продуктов. При переработке жиров и масел необходимо пересматривать способы подготовки жировых основ и другие технологические параметры, чтобы обеспечить высокое качество конечного продукта. Таким образом, чтобы продукция удовлетворяла современным требованиям потребителей, производство и состав жиров и масел требует непрерывного совершенствования.

Понимание влияния свойств сырья в комплексе с влиянием процессов очистки и модификации является крайне важным при создании функциональных масложировых продуктов, поэтому основная цель этой книги состоит в том, чтобы служить источником информации для специалистов как масложировой отрасли, так и для отраслей, потребляющих ее продукцию.

Предисловие ко второму изданию

Цель второго издания этой книги остается той же, что и первого: обеспечить практической справочной информацией по производству, составу и свойствам жиров и масел потребителей масложировой продукции, работников общественного питания и производителей ингредиентов для этой продукции. Во втором издании были сделаны восемь существенных изменений и дополнений:

1. Расширен материал по составу и физическим параметрам сырья, чтобы обеспечить более полную информацию по этим вопросам.
2. Дополнительно включены характеристики масел из генетически модифицированных источников.
3. Более подробно рассмотрена пищевая ценность жиров и масел.
4. Дано описание процессов экстракции.
5. Для нескольких направлений рассмотрены альтернативные методы обработки.
6. Более подробно исследованы возможности изменения состава.
7. Обновлена статистика по источникам масел и направлениям их использования.
8. Расширена глава по устранению неисправностей.

Целью внесения дополнений и изменений были не только исправление и обновление исходного содержания, но также и его расширение, позволяющее более полно охарактеризовать имеющиеся источники масла, рассмотреть альтернативные процессы, исследовать различные технологии получения масложировых продуктов и таким образом активизировать разработку новых, более совершенных продуктов и процессов.

С момента выхода первого издания этой книги были проведены многочисленные исследования влияния различных продуктов на здоровье, результаты которых получили большой отклик среди многих групп населения. Диета и физические упражнения оказались теми факторами, которые позволяют снизить риск хронических заболеваний типа коронарной сердечной недостаточности, и в то же время их корректировка доступна каждому человеку. Наиболее важными факторами риска сердечных заболеваний являются избыточный вес и потребление насыщенных жирных кислот, холестерина, *транс*-изомеров. Сознательная попытка снизить потребление холестерина ранее значительно сократила использование животных жиров. В настоящее время интерес вызывает негативное воздействие *транс*-изомеров, подобное воздействию насыщенных жирных кислот. Результаты исследований этих

Список использованных сокращений

БОА	— бутилоксианизол
БОТ	— бутилокситолуол
ВТНС	— высокотемпературные нагревающие среды
ВЭЖХ	— высокоэффективная жидкостная хроматография
ГЛБ	— гидрофильно-липофильный баланс
ГМИ	— генетически модифицированные источники
МС	— массспектрометрия
ГЖХ	— газо-жидкостная хроматография
ЙЧ	— йодное число
ЛВП	— липопroteины высокой плотности
ЛНП	— липопroteины низкой плотности
МАК	— метод активного кислорода (или <i>AOM – active oxygen method</i>)
МКИ	— мучные кондитерские изделия
ПВХ	— поливинилхлорид
ПЧ	— перекисное число
ПХД	— полихлорированные дифенилы
ПЭ	— полиэтилен
ПЭТ	— полиэтилентерефталат
РДО	— рафинированное, ледодорированное, отбеленное (растительное масло)
СОМО	— сухой обезжиренный молочный остаток
ТБГХ	— трет-бутилгидрохинон
ТСХ	— тонкослойная хроматография
ТТГ	— твердые триглицериды
ЯМР	— ядерный магнитный резонанс
AACC	— <i>American Association of Cereal Chemists</i> — Американское общество зерновых химиков
AOAC	— <i>Association of Official Analytical Chemists</i> — Ассоциация официальных химиков-аналитиков
AOCS	— <i>American Oil Chemists' Society</i> — Американское химическое общество производителей пищевых масел
AOM	— <i>active oxygen method</i> — метод активного кислорода (МАК)
ASTM	— <i>American Society for Testing Materials</i> — Американское общество по испытанию материалов
CBE	— <i>cocoa butter equivalent</i> — эквивалент масла какао
CBS	— <i>cocoa butter substitute</i> — заменитель масла какао
CFR	— <i>Code of Federal Regulations</i> — Свод федеральных постановлений
CLA	— <i>conjugated linoleic fatty acids</i> — сопряженная линолевая кислота
DATEM	— <i>diacetyl tartaric acid esters of monoglyceride</i> — эфиры диацетилвинной кислоты и моноглицерида
FCC	— <i>Food Chemical Codex</i> — Свод данных по пищевым добавкам
FDA	— <i>Food and Drug Administration</i> — Управление по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов
GMP	— <i>Good manufacturing practice</i> — правильная производственная практика
GRAS	— <i>Generally Recognized as Safe</i> — «признанный безопасным»: статус, придаваемый веществам, разрешенным для использования в пищевых продуктах
LEAR oil	— <i>low erucic acid rapeseed oil</i> — рапсовое масло с низким содержанием эруковой кислоты
NIOP	— <i>National Institute of Oilseed Products</i> — Национальный институт масличных культур
PGE	— <i>polyglycerol ester</i> — сложные эфиры полиглицерина
PGME	— <i>propylene glycol monoester</i> — сложные моноэфиры пропиленгликоля и жирных кислот
SFC	— <i>solids fat contents</i> — содержание твердого жира
SFI	— <i>solids fat index</i> — индекс твердого жира

Глава 1

Масличное сырье

1.1. Введение

Природные жиры и масла являются сырьем для производства жидких масел, специальных жиров (шортенингов), маргаринов и других масложировых продуктов, которые играют роль функциональных ингредиентов в пищевых продуктах, изготавливаемых на промышленных предприятиях, на предприятиях общественного питания и в домашних условиях. Люди с доисторических времен использовали жиры и масла в пищевых и многих других целях, поскольку их можно легко извлечь из соответствующего сырья. Например, из жировых тканей животных при кипячении высвобождаются всыпающиеся на поверхность жиры, из оливок и масличных семян может быть отжато жидкое растительное масло. Причиной широкого использования жиров и масел стали их уникальные свойства. Эти ингредиенты являются носителями вкуса и аромата, обеспечивают слизывающее действие и приятную текстуру, т. е. ощущение во рту, способствуют быстрому насыщению. Также считается, что они играют главную роль в человеческом питании. Жиры являются наиболее важным источником энергии из трех основных компонентов питания (углеводов, белков и жиров), многие из них содержат незаменимые жирные кислоты, которые не вырабатываются в человеческом организме.

Жиры и масла содержатся во многих природных источниках, каждый из которых обеспечивает получение определенного продукта, со своими особыми свойствами. Семена и плоды сотен видов растений содержат масло, в организме всех наземных и морских животных образуется жир, но лишь некоторые из этих источников имеют экономическое значение. Все пищевые жиры и масла являются нерастворимыми в воде веществами, которые состоят преимущественно из эфиров глицерина и жирных кислот, или триглицеридов, с примесями сопутствующих веществ, присутствующих в малых или следовых количествах. Термины «жиры» и «масла» используются как равнозначные, выбор термина обычно основан на физическом состоянии материала при комнатной температуре и определяется традицией. Обычно жиры при комнатных температурах находятся в твердом состоянии, а масла — в жидком.

В конечном счете, химический состав отдельных жиров или масел определяет их характеристики, что в свою очередь определяет их пригодность для применения в различных процессах и продуктах.

1.2. Источники жиров и масел

В течение большей части своего существования на Земле люди обеспечивали свое выживание за счет охоты и собирания плодов. Лишь около 10 000 лет назад они научились одомашнивать растения и животных. С тех пор эволюция окультуренных растений шла в соответствии с потребностями человечества. Современные сельскохозяйственные зерновые культуры являются созданием человека. Люди не могут выжить без них, также как и выведенные зерновые культуры не могут выжить без ухода. Наиболее существенным источником растительных масел являются семена однолетних растений, выращиваемых в относительно умеренном климате. Большинство этих растений являются не только источниками масла, но и сырьем для получения высокобелковых пищевых продуктов.

Вторым по важности источником растительных масел являются масличные деревья. Оливковое, кокосовое и пальмовое масла извлекаются из мякоти плодов, а не из семян. У плодов пальмы используют также семена, из которых получают пальмоядровое масло. Все масличные деревья требуют относительно теплого климата: тропического — для кокоса и пальмы и теплого — для оливковых деревьев. Большинство плодов и семян масличных деревьев дают более высокий выход масла. Масличные семена получают из однолетних растений, которые нужно высаживать каждый год заново, тогда как масличные плоды собирают с деревьев в течение длительного времени. Оливковые деревья наиболее выносливы и могут жить несколько сотен лет. Кокосовые деревья начинают плодоносить после 5–6 лет и живут до 60 лет. Пальмовые деревья начинают плодоносить после 4–5 лет и продолжают давать плоды в течение последующих 20 лет.

Пищевые животные жиры в основном добываются из трех видов домашних животных: лярд из свиней, твердые жиры из крупного рогатого скота и овец, молочный жир из коровьего молока. Основное количество этих животных выращивают в умеренном климате, где они лучше всего размножаются. Животноводство достигло такого уровня, что его развитие требует не только умеренного климата, но также и интенсивного сельского хозяйства, чтобы обеспечить богатые запасы кормов, необходимые для производства продукции желаемого качества и в нужном количестве.

1.3. Производство растительных масел

Жиры и масла являются возобновляемыми ресурсами. Достижения сельского хозяйства и селекции растений позволили превысить спрос, соответствующий мировому приросту населения. Основные масличные культуры приведены в табл. 1.1, где

Таблица 1.1. Растительные масла: масличность сырья, сбор масла, основные регионы-производители

Масличная культура	Масличность семян, %	Сбор масла, кг/га	Регионы-производители
Масличные семена:			
рапс (канола)	40–45	590–660	Канада, Китай, Индия, Франция, Австралия, Великобритания, Германия, Польша, Дания, Чехия и Словакия, США
Масличные плоды:			
кукуруза	3,1–5,7	240–435	США, Мексика, Канада, Япония, Китай, Бразилия, Южная Африка, Аргентина, Россия, страны СНГ, Бельгия, Франция, Италия, Германия, Испания, Великобритания
хлопчатник	18–20	210–235	Китай, Россия, США, Индия, Пакистан, страны СНГ, Бразилия, Египет, Турция, Австралия
арахис	45–50	1255–1395	Китай, Индия, Нигерия, США, Сенегал, Южная Африка, Аргентина
сафлор	30–35	610–710	Китай, США, Испания, Португалия
соя	18–20	450–500	США, Бразилия, Аргентина, Китай, Индия, Парагвай, Боливия
подсолнечник	35–45	515–660	Россия, Аргентина, страны СНГ, Австралия, Франция, Италия, Германия, Испания, США, Великобритания
Масличные ядра:			
кокосовая пальма	65–68	730–975	Филиппины, Индонезия, Индия, Мексика, Шри Ланка, Таиланд, Малайзия, Вьетнам, Мозамбик, Новая Гвинея, Кот-д'Ивуар
оливки	15–35	100–290	Испания, Италия, Греция, Тунис, Турция, Марокко, Португалия, Сирия, Алжир, Югославия, Кипр, Египет, Израиль, Ливия, Иордания, Ливан, Аргентина, Чили, Мексика, Перу, США, Австралия
пальма	45–50	2990–5000	Малайзия, Индонезия, Китай, Филиппины, Пакистан, Мексика, Бангладеш, Колумбия, Эквадор, Нигерия, Кот-д'Ивуар
пальмовое ядро	44–53	300–500	Малайзия, Индонезия, Китай, Филиппины, Пакистан, Мексика, Бангладеш, Колумбия, Эквадор, Нигерия, Кот-д'Ивуар

также указаны средние значения содержания масла в масличном сырье, сбор масла и регионы произрастания данной культуры [1]. По количеству получаемого масла пальме нет равных. Сбор пальмового масла составляет 3,0–4,5 т/га, кроме того, из этого же количества плодов получают дополнительно 0,3–0,5 т/га пальмоядрового масла. Сбор пальмового масла на 1 га почти в 10 раз выше, чем соевого. Большинство масличных культур являются однолетними, сбор урожая носит сезонный характер; однако пальма плодоносит много лет, давая два урожая в год. Кокосовому ореху, также имеющему высокую масличность и сбор масла, необходимо 9–12 месяцев для созревания, но его плоды доступны в любое время года. Оливки созревают ежегодно, но их плоды являются наиболее нежными из всех масличных культур. Для того чтобы получить качественное оливковое масло, его извлечение должно производиться как можно быстрее. Оливки имеют самый низкий из всех оцененных культур сбор масла, даже с учетом того, что масличность их плодов примерно такая же, как семян хлопчатника, и намного выше, чем зародышей кукурузы. Производство 1 л оливкового масла требует 1300–2000 штук оливок.

Три из четырех видов масел, получаемых из плодов деревьев, имеют самое высокое содержание масла, но соя, однолетнее растение с относительно низкой масличностью семян, все еще обеспечивает значительную часть производства растительного масла в мире. Кукуруза, имеющая самое низкое содержание масла, выращивается в достаточно больших количествах, чтобы занимать в США третье место среди наиболее используемых растительных масел. Рапс (канола)¹, ежегодный сбор которого расширился и вырос из-за высокой масличности его семян, передвинулся от практически неизвестной культуры на второе место, уступая только соевому маслу. Семена рапса занимают второе место по масличности и сбору масла на 1 га из всех однолетних растений, представленных в табл. 1.1. По этим показателям его превосходит только арахис (земляной орех).

1.4. Состояние рынка жиров и масел

Важное влияние на состояние мирового рынка жиров и масел оказывает тот факт, что существенная часть производства жиров и масел не зависит от спроса. Кукурузное и хлопковое масла, как правило, являются побочными продуктами, тогда как из сои специально отжимают масло, чтобы покрыть потребность в обезжиренной соевой муке. Посевы подсолнечника, рапса и арахиса субсидируются и контролируются правительствами главных стран-производителей. Производство пальмоядрового масла зависит от потребности в пальмовом масле, поскольку их получают из

¹ Канола (*canola*) – растительное масло из особого сорта рапса, выведенного в Канаде; в отличие от традиционного рапсового масла имеет низкое содержание вредных для организма веществ (эруковой кислоты и глюкозинатов) и употребляется в пищу. Название *canola* представляет собой аббревиатуру: *Canadian Oil, Low Acid* (канадское масло, низкая кислотность). В России сорта рапса с низким содержанием эруковой кислоты и глюкозинолатов принято называть низкоэруковыми или двухнуклеевыми («00») сортами. Далее под термином «рапс», «рапсовое масло» будет пониматься суммарное производство продукции пищевого назначения из пищевых разновидностей и сортов рапса. – Примеч. ред.

одних и тех же плодов. Оливковое, кокосовое и пальмовое масла производятся из плодов деревьев, которые плодоносят много лет; поэтому их производство не может быть приспособлено к ежегодному изменению спроса. Наличие животных жиров зависит от потребления мяса, а производство сливочного масла связано с производством молока. Все эти причины обуславливают независимость наличия большинства жиров и масел на рынке от спроса.

Еще одним фактором, влияющим на состояние рынка, является погода. Например, ураган в Малайзии может уменьшить объемы поступления масла на мировой рынок. Хорошая погода в Соединенных Штатах, благоприятствующая максимальной урожайности сои, наоборот, увеличит доступность масла на мировом рынке. Другими факторами, которые влияют на мировой рынок растительных масел, являются урожай подсолнечника в России, африканский урожай арахиса, южноамериканские урожаи сои и хлопка и т. д. Это единый мировой рынок, в котором разнообразные факторы влияют на наличие и спрос, определяющие, в свою очередь, ценовую структуру.

1.5. Потребление пищевых жиров и масел в США

Климат и доступность жирового сырья, безусловно, влияли на пищевые привычки наших предков. Жители центральной и северной Европы получали пищевые жиры из животных, тогда как обитатели южной Европы, Азии и Африки извлекали свои пищевые масла из растительных источников. В продуктах питания, получаемых в этих различных регионах, использовались доступные масложировые продукты. Следовательно, кухня центральных и северных европейских стран развивалась на основе использования твердых жиров типа сливочного масла, свиного, говяжьего и бараньего жиров, а также слобного теста и других выпеченных и жареных продуктов. Точно так же рационы питания жителей более теплого климата были основаны на использовании жидких пищевых масел, входящих в состав многих соусов и приправ [2]. Эти тенденции продолжают оставаться предпочтительными и для их потомков.

Иммигранты принесли с собой в Соединенные Штаты свои пищевые пристрастия и познакомили с ними жителей многих других стран мира. Технология производства жиров и масел впоследствии еще более расширила разнообразную американскую кухню путем совершенствования существующих и создания новых пищевых продуктов. Сформировавшиеся в результате этих процессов североамериканские привычки питания сделали Соединенные Штаты потребителем почти всех доступных жиров и масел, но в ином соотношении, чем среднемировое производство. В табл. 1.2 приведены сравнительные данные по американскому и мировому потреблению растительных масел [3]. Соевое масло не занимает на мировом рынке такого доминирующего положения, какое оно имеет в США. В целом это растительное масло было лидирующим в 2000 г., но если исключить американское потребление, то главным видом масла становится пальмовое, за которым в порядке убывания следуют соевое, рапсовое и подсолнечное масла.

Таблица 1.2. Мировое потребление растительного масла в 2001/2002 г., тыс. т

№ п/п	Потребление с учетом США	Потребление без учета США	Потребление в США, %		
1	Соевое	28 685	Пальмовое	24 636	0,86
2	Пальмовое	24 850	Соевое	20 987	26,84
3	Рапсовое (канола)	12 185	Рапсовое (канола)	11 507	5,56
4	Подсолнечное	7557	Подсолнечное	7391	2,35
5	Арахисовое	4295	Арахисовое	4181	2,64
6	Хлопковое	3815	Хлопковое	3467	9,13
7	Кокосовое	3256	Кокосовое	2757	15,34
8	Пальмоядровое	3106	Пальмоядровое	2945	5,19
9	Оливковое	2527	Оливковое	2320	8,17
10	Кукурузное*	1116	Кукурузное	513	45,96
	Всего	91 392	Всего	177 764	11,70

* Производится только в США.

Американскому потребителю эти жиры и масла предлагаются в форме масложировых продуктов кулинарного и салатного назначения, маргарина или спредов, либо как шортенинги¹ или компоненты готовых пищевых продуктов. Основные жиры и масла, используемые в Соединенных Штатах, представлены в табл. 1.3. В ней приведено ежегодное потребление животных жиров и растительных масел за 5 последних десятилетий [3–5]. Эти данные подтверждают отчетливые тенденции, проявившиеся за это время:

- продолжающееся увеличение потребления жиров на душу населения;
- переход от потребления животных жиров к растительным маслам;
- замена ранее использовавшихся жиров и масел другими маслами;
- появление на внутреннем рынке новых растительных масел;
- повышение и уменьшение потребления отдельных масел;
- изменение соотношения растительных и животных жиров в рационе питания, которое сказывается на результатах медицинских обследований;
- появление на рынке разнообразных масел из генетически модифицированных источников и т. д.

Потребление жиров и масел в Соединенных Штатах повысилось почти в четыре раза по сравнению с уровнем, зафиксированным 50 лет назад. Это произошло благодаря увеличению количества населения, росту потребления и непроизводительных расходов жиров, а также в связи с изменениями способов приготовления пищи. Потребление видимых жиров и масел на душу населения за этот период увеличилось

¹ Шортенинги (*shortenings*) – жиры специального назначения, в состав которых входят функциональные добавки (эмulsигаторы, антиоксиданты, пеногасители и т. д.). Предназначены для использования в производстве мучных, кондитерских, молочных и других продуктов. Название образовано от английского *short* – рассыпчатый (применительно к печению), поскольку первые шортенинги были созданы для придания рассыпчатости мучным изделиям, в качестве замены животных жиров. – Примеч. ред.

Таблица 1.3. Потребление пищевых жиров и масел в США

Вид масла (жира)	Год, тыс. т					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Рапсовое (канола)	—	—	—	—	262	792
Кокосовое	59	78	358	469	407	439
Кукурузное	101	141	202	305	522	777
Хлопковое	656	556	405	237	386	306
Оливковое	36	23	30	26	96	207
Пальмовое	0	0,5	83	136	116	170
Пальмоядровое	12	24	43	NR*	164	110
Арахисовое	47	28	88	51	89	111
Сафлоровое	—	—	45	—	26	46
Соевое	656	1367	2839	4138	5522	7359
Подсолнечное	—	—	—	29	91	162
Свиной жир	931	858	747	464	375	437
Бараний и говяжий жиры	71	149	235	452	434	680
Сливочное масло	602	505	488	462	497	460
Всего	3171	3729,5	5563	6769	8987	12056
<i>Потребление на душу населения, кг</i>						
Растительные масла	11,0	12,1	17,7	20,4	24,0	28,6
Животные жиры	10,0	8,4	6,4	5,5	4,3	5,2
Всего	21,0	20,5	24,1	25,9	28,3	33,8

* NR – нет данных.

почти на 13 кг, что подтверждает увеличение личного потребления либо в результате увеличения доли жиров в рационе питания, либо из-за большего количества отходов. Этот показатель также отражает изменение пищевых привычек американцев относительно времени, места и частоты питания. В период активного экономического развития резко возросла популярность удобных и быстрых закусочных, что сопровождалось расширением сети предприятий быстрого питания – фаст-фудов (от англ. *fast food*), в которых значительная часть блюд обжаривается во фритюре.

Потребляемые жиры и масла принято классифицировать на видимые и невидимые. Видимыми жирами и маслами являются те, которые выделяются из животных тканей, масличных семян или плодов и используются для приготовления пищи в виде шортенингов, маргаринов, жидких масел и т. п. Невидимые жиры и масла попадают в организм человека как составная часть мяса, домашней птицы, яиц, молочных продуктов, рыбы, фруктов или овощей; они составляют приблизительно 60% общего количества жиров в рационе. Потребление жиров на душу населения, приведенное в табл. 1.3, отражает только видимые жиры.

Сдвиг от потребления животных жиров в сторону растительных масел начался еще до 1950 г. Животные жиры доминировали на рынке США до тех пор, пока недостаток предложения животного жира и новые способы обработки не помогли

хлопковому маслу завоевать популярность. В 1950 г. количество животных жиров на рынке было лишь немного ниже, чем растительных масел, но 20 лет спустя, в 1970 г., растительные пищевые масла составляли три четверти общего количества, а животные жиры только одну четверть. Эта тенденция развивалась, и в 2000 г. растительное масло занимало почти 85% рынка пищевых масел США. Потребление растительного масла на душу населения выросло во второй половине XX века с 11,0 до 28,6 кг, тогда как потребление животных жиров упало с 10,0 до 5,2 кг. В течение этого периода хлопковое масло уступило свое доминирующее положение среди растительных масел соевому в результате сокращения предложения семян хлопчатника и по экономическим причинам. Растительные масла стали доминирующими главным образом из-за конкурентоспособного ценообразования (сначала для хлопкового масла, а затем для соевого), увеличения объемов гидрогенизации, сдвига потребительского предпочтения от масла к маргарину и заинтересованностью потребителей в снижении потребления холестерина и насыщенных жиров. Издания, посвященные питанию человека, помогли другим растительным маслам расширить свою долю на рынке США. Рапсовое, кукурузное, оливковое, подсолнечное и сафлоровое масла позиционировались как масла с более привлекательными пищевыми свойствами, такими как более низкое содержание насыщенных жиров и более высокое количество полиненасыщенных жиров.

1.6. Характеристики жиров и масел

Химические и физические свойства жиров и масел в значительной степени определяются составом жирных кислот и их положением в молекуле триглицерида. Химически все жиры и масла являются сложными эфирами глицерина и жирных кислот, однако физические свойства натуральных жиров и масел изменяются в широких пределах, поскольку, во-первых, соотношение жирных кислот изменяется в широком диапазоне и, во-вторых, структуры триглицеридов каждого отдельного масла или жира различаются между собой. Жиры и масла обычно называют *триглицеридами*, потому что молекула глицерина имеет три гидроксильные группы, к которым может присоединяться жирная кислота. Все триглицериды имеют одинаковую глицериновую часть, поэтому различие свойств обусловлено жирными кислотами. Жирные кислоты (ЖК) могут различаться по трем параметрам:

- длина цепи;
- количество и положение двойных связей;
- положение в молекуле глицерида.

Изменения этих характеристик отвечают за химические и физические различия пищевых жиров и масел, известные из практики.

Строение жирной кислоты обычно обозначается посредством систематического названия с использованием номенклатуры материнского углеводорода, ее тривиальным названием, или же удобным стенографическим обозначением, показывающим количество атомов углерода и двойных связей. Длина цепи ЖК изменяется между

4 и 24 атомами углерода, возможно наличие в ней до трех двойных связей. Самыми распространенными насыщенными жирными кислотами являются лауриновая ($C_{12:0}$), миристиновая ($C_{14:0}$), пальмитиновая ($C_{16:0}$), стеариновая ($C_{18:0}$), арахиновая ($C_{20:0}$), бегеновая ($C_{22:0}$) и лигноцериновая ($C_{24:0}$). Самыми важными мононенасыщенными жирными кислотами являются олеиновая ($C_{18:1}$) и эруковая ($C_{22:1}$), полиненасыщенными – линолевая ($C_{18:2}$) и линоленовая ($C_{18:3}$).

На структуру триглицерида пищевых жиров влияют составляющие его ЖК и место присоединения каждой из них к глицерину. Триглицериды с тремя идентичными жирными кислотами называют **монокислотными триглицеридами**. Триглицериды, содержащие более чем один вид жирной кислоты, называют **смешанными триглицеридами**. Смешанный триглицерид, содержащий три различные жирные кислоты, имеет три регионизомерные¹ формы и шесть стереоизомерных форм, в зависимости от которых жирная кислота находится в *бета*- или среднем положении (*sn-2*) глицериновой части молекулы или в *альфа*- или во внешних позициях (*sn-1* и *sn-3*). Расположение ЖК, как полагают, является неслучайным, поскольку насыщенные жирные кислоты расположены преимущественно в *sn-1* или *sn-3* положениях, а ненасыщенные в *sn-2* положении [6].

Жирнокислотный состав натуральных жиров и масел значительно отличается не только в зависимости от вида растений или животных, но также и в пределах одного и того же наименования. Среди факторов, влияющих на жирнокислотный состав растительного масла можно указать климатические условия, тип почвы, вегетационный период, степень зрелости плодов, здоровье растений, микробиологические показатели, расположение семени внутри соцветия и генетические особенности растения. Состав животного жира и сливочного масла различен для разных видов животных, рациона кормления, здоровья, анатомического расположения жира и возраста животного [7].

1.6.1. Неомыляемые вещества жиров и масел

Основными компонентами сырых масел и жиров являются триглицериды, но кроме них содержатся различные количества минорных компонентов, многие из которых существенно влияют на химические и физические свойства жиров. Помимо свободных жирных кислот, необработанные растительные масла обычно содержат 2% и более нежировых веществ, животные жиры содержат их намного меньше. Эти компоненты также называют **неомыляемой фракцией**, в состав которой входят фосфолипиды, токоферолы, стеролы, воски, углеводороды, пестициды, белки, следовые количества металлов и пигменты типа госсипола, каротина и хлорофилла. Некоторые, но не все, неомыляемые вещества являются нежелательными, поэтому целью всей обработки пищевого масла является удаление нежелательных примесей с наименьшими возможными потерями желательных компонентов.

¹ Термин «регионизомерия» (*regioisometry*) за рубежом используется для обозначения геометрической изомерии относительно двойной связи, т. е. *цис-транс*-изомерии.— Примеч. ред.

1.6.1.1. Фосфолипиды

Эти соединения более известны производителям масла как **фосфатиды**. В США их часто упоминают вместе с малыми количествами восков и смол как **гумми или смолы (gums)**. Они неблагоприятно влияют на качество продукта и выход рафинированного масла. Фосфатиды являются эмульгаторами и препятствуют разделению масла и водной фазы в процессе химической очистки, при взаимодействии с эффективными отбелочными землями являются каталитическими ядами, сокращающими срок службы оборудования и загрязняющими поверхности. Фосфатиды представляют собой эфиры многоатомных спиртов, жирных кислот и фосфорной кислоты, связанной с азотсодержащим соединением. Фосфатиды разделяются на две группы: гидратирующиеся и негидратирующиеся, в зависимости от отношения к воде. Гидратирующиеся фосфатиды (фосфатидилхолин и фосфатидилинозитол) могут быть отделены от жировой фазы водой. Негидратирующиеся фосфатиды (фосфатидная кислота и лизофосфатидная кислота) и соли этих кислот с кальцием и магнием остаются в масле после гидратации водой. Типичный процесс гидратации с использованием воды удаляет гидратирующиеся фосфатиды из соевого и рапсового масел до содержания фосфора на уровне 200 мг/кг. Предварительная обработка неочищенных масел хорошего качества фосфорной или лимонной кислотой перед рафинированием успешно удаляет как негидратирующиеся, так и гидратирующиеся фосфатиды до содержания фосфора приблизительно 20–30 мг/кг. Наиболее распространеными фосфатидами, встречающимися в растительных маслах, являются лецитины и цефалины, которые можно считать триглицеридами, в молекуле которых одна жирная кислота замещена на фосфорную кислоту. Образующийся после гидратации осадок (фосфолипидная эмульсия) после обработки водой может быть высушен и использован для производства лецитина, однако осадок после кислотной гидратации не подходит для получения стандартного лецитина, поскольку в этом случае состав отделившихся фосфатидов иной, кроме того, они содержат гидратирующую кислоту. Как указано в табл. 1.4, все растительные масла, полученные из масличных семян, содержат значительные количества фосфатидов [8–10].

1.6.1.2. Токоферолы и токотриенолы

Токоны, природные антиоксиданты, обнаруженные в растительных маслах, включают в себя четыре изомера токоферола и четыре изомера токотриенола, каждый из которых обозначается как альфа (α), бета (β), гамма (γ) и дельта (δ) на основе хроманольного кольца. Токоферолы имеют насыщенную боковую цепь, тогда как у токотриенолов она ненасыщена. Эти антиоксиданты замедляют окисление липидов в пищевых продуктах, стабилизируя гидроперекиси и другие свободные радикалы; присутствие токоферолов оказывает наибольшее влияние на вкусовые качества. Стабильность многих растительных масел зависит от присутствия природных антиоксидантов; однако слишком высокое содержание токоферолов усиливает окисление ненасыщенных жирных кислот [11]. Масла, выделенные из семян, являются богатым источником токоферолов, а токотриенолы присутствуют преимущественно в пальмовом масле и зерновых маслах типа ячменного и рисового. Наибольшей биологической активностью обладает α -изомер, антиоксидантные свойства на-

Таблица 1.4. Нежировые компоненты масел и жиров

Жиры или масла	Фосфатиды, %	Стеролы, мг/кг	Холестерин, мг/кг	Токоферолы, мг/кг	Токотриенолы, мг/кг
Соевое	2,2±1,0	2965±125	28±7	1293±300	86±86
Рапсовое	2,0±1,0	8050±3230	53±27	692±85	—
Кукурузное	1,25±0,25	15 050±7100	57±38	1477±183	355±355
Хлопковое	0,8±0,1	4560±1870	68±40	865±35	30±30
Подсолнечное	0,7±0,2	3495±1055	26±18	738±82	270±270
Сафлоровое	0,5±0,1	2373±278	7±7	460±230	15±15
Арахисовое	0,35±0,05	1878±978	54±54	482±345	256±18
Оливковое	До 0,1	100	До 0,5	110±40	89±89
Пальмовое	0,075±0,025	2250±250	16±3	240±60	560±140
Кокосовое	До 0,07	805±335	15±9	6±3	49±22
Пальмоядровое	До 0,07	1100±310	25±15	3±2	30±30
Бараний и говяжий жир	До 0,07	1100±300	1100±300	—	—
Свиной жир	До 0,05	1150±50	3500±500	—	—

иболее выражены у γ -токоферола. В табл. 1.4 приведено содержание токоферола и токотриенола в большинстве пищевых жиров и масел до обработки [10–13]. Содержание природных антиоксидантов уменьшается на каждой стадии обработки, наиболее значительно — при химической рафинации и дезодорации. В процессе щелочной рафинации может быть удалено 10–20% токоферолов и токотриенолов; при дезодорации или дистилляции теряется 30–60% этих веществ. Жирорастворимые природные антиоксиданты имеют окраску от слегка желтой до бесцветной, но при окислении приобретают глубокий красный оттенок, что способствует значительному усилению красно-желтого цвета масел [8].

1.6.1.3. Стеролы

Стеролы являются минорными компонентами всех натуральных жиров и масел и составляют большую часть неомыляемых веществ; остаток состоит главным образом из углеводородов. Стеролы тугокоплавки, бесцветны, теплостойки и относительно инертны. Ранее считалось, что стеролы не оказывают влияния на свойства масел и жиров, однако для некоторых стеролов было выявлено их антиполимеризующее действие в горячих маслах. Стеролы, прежде всего ситостерин, являясь жирно-кислотными эфирами, при внесении в маргарину понижают содержание холестерина и липопротеинов низкой плотности в сыворотке крови [11]. При щелочной рафинации часть стеролов удаляется, но более полное удаление требует фракционной кристаллизации, молекулярной дистилляции или высокотемпературной перегонки с водяным паром. Все растительные стеролы обычно называют **фитостеринами**.

Наиболее широко исследованным стеролом животного жира является холестерин. В табл. 1.4 приведено общее содержание стеролов с отдельно указанным холестерином, в каждом из основных жиров и масел [10].

1.6.1.4. Пигменты

Вещества, обуславливающие цветность в жирах и маслах, включают в себя каротины, которые придают маслу желтый и красный цвета; хлорофиллы, имеющие зеленоватый оттенок; коричневатые продукты реакции белков и углеводов; госсипол, придающий желтоватый цвет хлопковому маслу, и некоторые другие, еще не полностью идентифицированные, компоненты, например, типа того, который иногда придает синий цвет свиному жиру. Каротины, которые широко распространены в жирах и маслах, чувствительны к нагреванию и легко адсорбируются отбеливающими землями. Их концентрации в большинстве жиров и масел низки, за исключением пальмового масла, содержащего от 0,05 до 0,20% каротина [8]. Госсипол обнаружен только в хлопковом масле, в неочищенном масле его количество составляет 0,1–0,2%. Для удаления этого пигмента из хлопкового масла необходимо применять химическую рафинацию с использованием каустической соды. Соевое, рапсовое и оливковое масла и некоторые животные жиры имеют зеленый цвет из-за присутствия хлорофилла или его производных. Зеленый цвет хлорофилла становится более заметным в результате снижения интенсивности красной и желтой окраски после термического отбеливания. Хлорофилловые пигменты легче удаляются в процессе отбеливания, если на них не было теплового воздействия. Белковые ингредиенты в животных жирах, которые при высоких температурах становятся черными, следует отделять фильтрацией или промывкой водой перед тепловой обработкой жира.

1.6.1.5. Пестициды

Пестициды используют во всем мире для повышения продуктивности сельского хозяйства. Исследования показали, что большинство применяемых пестицидов накапливаются на поверхность почвы, откуда они постепенно распространяются в другие объекты окружающей среды, или же в конечном счете разлагаются. Доказано также их накопление в масличном сырье. Изучения воздействия разных видов переработки показали, что ни экстракция растворителем, ни отбеливание не влияют на уровень пестицидов в маслах, однако было обнаружено, что пестициды испаряются во время дезодорации. Из-за присутствия пестицидов было запрещено использование дистиллятов дезодорации в кормах животных [14, 15].

1.6.1.6. Металлы

Ничтожно малые (следовые) количества металлов поглощаются растениями во время вегетационного периода и попадают в жиры и масла во время производства. Большинство металлов отрицательно влияют на качество продукта и здоровье человека и понижают эффективность переработки. Следовые количества меди, железа, марганца и никеля в основном понижают стойкость жиров и масел к окислению,

тогда как кальций, натрий и магний понижают эффективность рафинации, гидратации, отбеливания и систем гидрирования. Влияние металлов может быть уменьшено путем использования комплексообразующих хелатных агентов на различных этапах процесса, чтобы связать микроколичества металлов [16]. Наиболее широко используемыми хелатными агентами являются лимонная и фосфорная кислоты.

1.7. Растительные масла из генетически модифицированных источников (ГМИ)

Человек занимался генетической модификацией зерновых культур в течение многих столетий. Из истории известно, что селекционеры использовали скрещивание и методы отбора, чтобы повысить урожайность, масличность и устойчивость растений к климатическим воздействиям, а также в целях улучшения качества масла, его состава и сопротивляемости растений вредителям или пестицидам. Появление высокоолеинового сафлора в 1964 г. и рапсового масла с низким содержанием эруковой кислоты, которое стало известно как масло канола в 1978 г., являются примерами успешных модификаций жирнокислотного состава с использованием этой технологии. Другой методикой выведения новых сортов растений, в которой в целях изменения физиологических показателей семена обрабатывают химикатами или гамма-излучением, является мутагенез. Он использовался в России при разработке высокоолеинового подсолнечного масла. Эти традиционные инструменты селекционеров были совмещены с биотехнологией, чтобы расширить возможности ученых.

Традиционные методы размножения вызывают перемещение тысяч генов при каждом скрещивании, тогда как молекулярная генная инженерия может теперь переместить или изменить отдельный единичный ген. Генная инженерия может также переместить ген от одного вида к другому, что является невозможным при использовании традиционных методов. Генетическая модификация масличных семян обычными методами размножения, совмещенными с молекулярными генетическими преобразованиями, обеспечивает намного более широкие возможности для улучшения пищевых продуктов. Одним из первых примеров масла из ГМИ, произведенного этим процессом в промышленных масштабах, было высоколауриновое масло канолы. Высоколауриновая канола была создана введением отдельного гена из распространенного в Калифорнии дерева лавра благородного, что обеспечило достаточно высокое количество лауриновой кислоты ($C_{12:0}$) в масле [17]. Это достижение генетической инженерии доказало, что ген растений одного вида может быть перенесен в другой в целях получения масла, содержащего нехарактерные жирные кислоты в определенной позиции, что сказывается на возможностях применения или пищевой ценности масла. С точки зрения агрономии высоколауриновая канола была абсолютным успехом, но она потерпела неудачу на рынке. Были выдвинуты две причины ее провала. Во-первых, потенциальные заказчики продуктов из ГМИ неохотно заключали сделки по причине негативного отношения потребителей к генетически модифицированным зерновым культурам. Во-вторых, это своеобразное

масло продавалось по повышенной цене, которая была вдвое выше, чем на большинство других масел [18].

Генетические изменения производились для того, чтобы модифицировать жирноокислотный состав масличных семян и чтобы создать масла с новыми дополнительными свойствами. Независимо от вида масличной культуры большинство этих попыток предпринимались в одних и тех же направлениях:

- низкая насыщенность для удовлетворения требований к рационам питания;
- низкое содержание линоленовой кислоты для обеспечения стабильности вкуса;
- высокое содержание олеиновой кислоты в соответствии с требованиями здорового питания и для повышения стойкости к окислению;
- высокое содержание насыщенных жирных кислот, чтобы исключить гидрогенизацию.

В настоящее время большинство масел из ГМИ занимает очень небольшую долю на рынке, или никогда не производилось в промышленных масштабах. Основная причина, по которой эти улучшенные масла не нашли применения, — их высокая стоимость. Некоторыми ключевыми факторами, которые способствуют повышению цен на модифицированные масла, являются следующие:

- **Отсутствие конкурентоспособной урожайности на сельскохозяйственных площадях.** Большинство модифицированных масличных культур обеспечивает лишь около 85–95% потенциальной урожайности обычных сортов. Фермеры требуют установить высокую надбавку к стоимости, чтобы выращивать эти менее урожайные разновидности.
- **Системы сохранения идентичности.** На каждой стадии производства для предупреждения смешивания с обычным продуктом, не относящимся к ГМИ, требуется отдельные системы переработки и хранения, включая обработку семян, посев, рост, сбор урожая, перевозку, хранение, экстракцию и конечную обработку.
- **Низкая стабильность признаков.** Влияние внешней среды приводит к неустойчивости состава масел, полученных из генетически модифицированных масличных семян.

В настоящее время в достаточно широких масштабах выращиваются прежде всего те генетически модифицированные культуры масличных семян, которые имеют улучшенные агрономические характеристики типа устойчивости к гербицидам и сопротивляемости вредителям. В Соединенных Штатах выведенные методами биоинженерии устойчивые по отношению к гербицидам или вредителям соя, хлопок, канола, кукуруза и подсолнечник имеют такой же самый состав масла и белков, что и их традиционные аналоги и не требуют отдельной послеуборочной обработки. Огромные площади, отведенные на выращивание этих генетически модифицированных (ГМ) зерновых культур, продолжают увеличиваться. Соединенные Штаты производят 68% ГМ зерновых культур во всем мире; Аргентина 22,5%; Канада 6,1% и Китай 2,9%. По оценке Национальной службы сельскохозяйственной статистики Министерства сельского хозяйства США 74% урожая сои, 32% площади кукурузы и 71% хлопка, посаженного в Соединенных Штатах в 2002 г., относились к ГМИ [19–20].

1.8. Соевое масло

Соевое масло получают из бобов сои (*Glycine maxima*), которую выращивают в нескольких странах мира. Родиной сои является Восточная Азия, и по литературным произведениям Древнего Китая можно судить, что соя была важной частью рациона питания в течение многих столетий. Даже с учетом того, что соевое масло в настоящее время удовлетворяет более 60% потребности США в пищевых жирах, соя является относительно новой пищевой культурой для Северной Америки. Соя выращивалась в Соединенных Штатах уже в 1804 г., но оставалась сельскохозяйственной диковинкой и имела незначительные урожаи в течение более чем столетия [21]. Успехи Европы в использовании соевых бобов при производстве мыла и кормов для скота оказали влияние на проведение аналогичных экспериментов в Соединенных Штатах, что привело к промышленному внедрению переработки импортной сои в 1911 г. и отечественной сои в 1915 г. Первые предприятия в процессе своего развития столкнулись с трудностями в виде неудовлетворительных поставок сои, недостатка опыта ее обработки и недостаточно развитого рынка соевого масла и жмыхов.

Соевое масло, богатое полиненасыщенными жирными кислотами — линолевой и линоленовой, классифицируется как полувысыхающее масло. Первоначально соевое масло считалось техническим, но в виде основы для красок оно высыпало медленно и проявляло липкость после высыхания. С другой стороны, в качестве пищевого масла оно обладало вкусом и запахом, напоминающими краску. Несмотря на дефекты вкуса и запаха, дефицит пищевых продуктов, возникший во время Второй мировой войны, привел к повышению производства соевого масла до 136 тыс. т в 1938 г., а затем до 590 тыс. т в 1945 г. Производители жиров и масел включали как можно больше соевого масла в свои рецептуры, что обеспечивало дополнительную прибыль в результате скидки от 4 до 90% на 1 кг по сравнению с хлопковым маслом. Во многих продуктах гидрогенизированное соевое масло не вызывало ощутимого ухудшения вкуса продукта, однако органолептические показатели оставались ограничивающим фактором для одобрения сои как пищевого масла. Для принятия соевого масла пищевой промышленностью было необходимо решить проблему его вкуса [22].

Во время Второй мировой войны немецкие производители пищевых масел разрабатывали рецептуры и способы обработки для предупреждения ухудшения качества соевого масла. Процесс обработки включал добавление к дезодорированному маслу лимонной кислоты, которая образовывала комплексы со следовыми количествами металлов-прооксидантов. Объективные оценки вкуса и запаха доказали, что присутствие металлов в низких концентрациях в значительной степени обуславливали проблемы вкуса соевого масла. Для других пищевых жиров и масел допустимо присутствие меди и железа порядка нескольких мг/кг, тогда как вкус соевого масла ухудшается при наличии всего лишь 0,5 мг/кг железа и 0,01 мг/кг меди. Эта информация заставила производителей пищевого масла немедленно принять на вооружение вещества, связывающие металлы, из которых лимонная кислота все еще остается самой популярной. Кроме того, они поддержали удаление из производства

латунных вентиляй и замену в дезодораторах холоднокатаной стали на нержавеющую. Другой эффективной предупредительной мерой было наличие защитного слоя азота для всех масел во время опасных в плане окисления высокотемпературных стадий обработки, включая упаковку.

Эффективные способы предупреждения снижения качества были найдены, но исследования до сих пор не определили причину возникновения привкуса в соевом масле. Косвенные признаки указывают на довольно высокое (7–8%) содержание линоленовой жирной кислоты. Классический эксперимент заключался во введении путем переэтерификации 9% линоленовой жирной кислоты в хлопковое масло, которое обычно содержит менее 1% жирной кислоты $C_{18:3}$. При последующих сравнительных испытаниях вкуса этот модифицированный продукт был идентифицирован как соевое масло. Этот результат предоставил три альтернативы для улучшения стабильности вкуса соевого масла:

- вывести сорт сои без линоленовой кислоты;
- удалять эту кислоту из масла;
- гидрогенизировать ее.

Гидрогенизация в целях снижения содержания линоленовой жирной кислоты была признана наиболее практическим подходом на ближайшее время [23].

Соевое салатное масло с пониженным содержанием линоленовой жирной кислоты (3–4%) появилось на рынке США в начале 1960-х гг. Этот продукт был слегка гидрогенизирован и после этого подвергнут вымораживанию для удаления твердых фракций, образовавшихся во время гидрогенизации. Такое салатное соевое масло было быстро признано розничными потребителями салатного масла, а также пищевой промышленностью как компонент дрессингов, майонеза, маргаринов и шортенингов [24]. В 1970-х гг. усовершенствования процессов переработки сои, извлечения и обработки масла позволили получить рафинированное, дезодорированное и отбеленное (РДО) масло, которое было более приемлемо для промышленных потребителей и в конечном счете вышло на розничный рынок. Соевое масло марки РДО, рекламировавшееся как натуральное и легкое, появилось на розничном рынке в конце 1980-х гг. и быстро вытеснило гидрогенизированное, вымороженное и дезодорированное салатное масло.

Соевое масло стало популярным растительным маслом для использования в производстве пищевых продуктов благодаря его пищевым качествам, распространенности, экономическим показателям и широкой функциональности. Его использование в Соединенных Штатах за прошлые 50 лет возросло более чем в 10 раз. Соевое масло является доминирующим в Соединенных Штатах, поскольку его потребление превысило потребление хлопкового масла в 1950 г. и свиного жира в 1953 г.; оно составило почти 61% всех масел, использованных при производстве жидких масел, шортенингов, маргаринов и специальных жиров и масел в 2000 г.

1.8.1. Состав и физические свойства соевого масла

Соевое масло является очень разносторонним, поскольку его обработка и состав полученного продукта определяются следующими моментами:

- соевое масло имеет малые потери при рафинации;
- оно является натуральным зимним или салатным маслом;
- в нем присутствуют чувствительные к нагреванию пигменты, которые разрушаются при дезодорации, что обеспечивает уменьшение цветности до уровня намного ниже, чем 1,0 единица красного по шкале Ловибонда;
- продукт частичной гидрогенизации и фракционирования образует большие, легко фильтрующиеся кристаллы;
- соевое масло имеет высокое йодное число, что позволяет путем гидрогенизации получить жировую основу для широкого ассортимента продуктов;
- содержание токоферолов составляет примерно 1300 мг/кг в сыром масле и сохраняется на уровне выше 500 мг/кг, что необходимо для устойчивости к окислению;
- в соевом масле наблюдается высокое содержание эсценциальных жирных кислот [25].

Структура триглицерида соевого масла характеризуется почти полным отсутствием насыщенных жирных кислот в положении sn-2, случайным распределением олеиновой и линоленовой кислот в других положениях триглицерида и высокой долей линолевой кислоты в sn-2 положении [26]. Соевое масло обладает следующими типичными характеристиками и физическими свойствами [8, 12, 27–29].

Двумя недостатками, свойственными соевому маслу, являются наличие 6–10% линоленовой кислоты и то, что гидрогенизированное масло образует кристаллы в β -форме. В связи с высоким содержанием линоленовой кислоты обязательными являются тщательная обработка масла и связывание металлов в комплексы, чтобы избежать появления бобового, рыбного, травянистого привкусов или привкуса краски¹, которые развиваются при низкой степени окисления. Кроме того, линоленовая кислота образует транс-изомеры намного легче, чем жирные кислоты с одной или двумя двойными связями. Шортенинги на основе соевого масла и другие пластифицированные продукты должны иметь в составе приблизительно 10% твердой жировой основы с низким йодным числом, например, хлопкового, пальмового масла, говяжьего или бараньего жира, чтобы вызвать образование кристаллов в β' -форме. Пластифицированные шортенинги, на 100% составленные из соевого масла, имеют зернистую, неоднородную консистенцию, несколько подобную продуктам на основе обычного лярда. Жировая основа маргаринов может представлять собой любые продукты переработки соевого масла, поскольку во время гидрогенизации образуются транс-изомеры жирных кислот, а также с учетом того, что в Соединенных Штатах хранение и транспортировка осуществляется в холодильных условиях. Соевое масло считается лучшим в качестве жировой основы и твердого компонента для жидких шортенингов, в которых для устойчивого текучего состояния требуется β -кристаллическая форма жира [25].

¹ Дефект соевого масла, который в зарубежной литературе чаще всего характеризуется как привкус краски, в России зачастую называют кетоновым или кетонным, поскольку он обусловлен присутствием вторичных продуктов окисления, а именно — кетонов. — Примеч. ред.

Таблица 1.5. Состав и физические свойства соевого масла

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний*
Относительная плотность при t масла 25°C / t воды 25°C	0,9175	От 0,917 до 0,921
Показатель преломления, 25°C	1,4728	От 1,470 до 1,476
Йодное число, г $\text{J}_2/100\text{ г}$	131	От 123,0 до 139,0
Число омыления	192	От 189 до 195
Массовая доля неомываемых веществ, %	0,6	От 0,6 до 1,6
Титр, $^{\circ}\text{C}$	24,0	—
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	-22	От -20,0 до -23,0
Температура затвердевания, $^{\circ}\text{C}$	—	От -16,0 до -10,0
Температура помутнения, $^{\circ}\text{C}$	-9	—
Холодный тест, ч	25	—
Индукционный период по МАК*, ч	—	От 12,0 до 15,0
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α -токоферол	100	От 56 до 165
β -токоферол	23	От 16 до 33
γ -токоферол	842	От 593 до 983
δ -токоферол	363	От 328 до 411
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая $\text{C}_{14:0}$	0,1	До 0,2
пальмитиновая $\text{C}_{16:0}$	10,6	От 8,0 до 13,3
пальмитолеиновая $\text{C}_{16:1}$	0,1	До 0,2
маргариновая $\text{C}_{17:0}$	0,1	—
стеариновая $\text{C}_{18:0}$	4,0	От 2,4 до 5,4
олеиновая $\text{C}_{18:1}$	23,3	От 17,7 до 26,1
линиловая $\text{C}_{18:2}$	53,7	От 49,8 до 57,1
линопленовая $\text{C}_{18:3}$	7,6	От 5,5 до 9,5
арахиновая $\text{C}_{20:0}$	0,3	От 0,1 до 0,6
гадолиновая $\text{C}_{20:1}$	—	До 0,3
бензеновая $\text{C}_{22:0}$	0,3	От 0,3 до 0,7
эркусовая $\text{C}_{22:1}$	—	До 0,3
лигноцериновая $\text{C}_{24:0}$	—	До 0,4
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0,1	—
динасыщенные GS2U	5,6	—
мононасыщенные GSU2	35,7	—
триненасыщенные GU3	58,4	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

* МАК (метод активного кислорода или AOM — *active oxygen method*) — метод, применяемый для оценки устойчивости масел и жиров к окислению, т. е. индукционного периода. Основан на выдержке исследуемого образца при температуре 98°C и постоянном аэрировании, до достижения определенного значения перекисного числа. Более подробно данный метод изложен в п. 3.5.3.1. — Примеч. ред.

1.8.2. Генетически модифицированное соевое масло

За прошедшие 30 лет был достигнут значительный прогресс в модификации жирнокислотного состава соевого масла с помощью методов селекции. Пионерами в этой области были учёные из Службы сельскохозяйственных исследований Министерства сельского хозяйства США в нескольких университетах. Позже к ним присоединились сотрудники частных предприятий. Хотя основная часть усилий была направлена на мутацию растений путем селекции, в течение последних 10 лет также использовалась и генная инженерия. Генетический подход к модификации состава масла способен увеличить или уменьшить содержание определенной жирной кислоты в масле для достижения специфических характеристик или возможностей применения. Было разработано множество различных сортов сои, но наибольшее развитие получили четыре главных направления модификации, а именно:

- уменьшение содержания линоленовой кислоты;
- увеличение содержания олеиновой кислоты;
- уменьшение содержания пальмитиновой кислоты;
- увеличение доли насыщенных жирных кислот.

Каждую из этих модификаций соевого масла следует рассматривать как отдельное масло с его собственными свойствами и применением. В табл. 1.6 приведен жирнокислотный состав соевого масла шести измененных сортов сои по сравнению с обычным соевым. Эти данные демонстрируют технические достижения в этой области наряду с обычным разведением растений. Барьерами для промышленного внедрения этих продуктов являются причины, обсужденные в разд. 1.7: недостаточные урожаи на полях, низкая стабильность сорта и проблемы сохранения идентичности, которые повышают стоимость масел из ГМИ (генетически-модифицированных источников) [30, 31].

Таблица 1.6. Жирнокислотный состав соевого масла из генетически модифицированных сортов

Сорт сои	Насыщенные ЖК, %		Ненасыщенные ЖК, %			Йодное число
	Пальмитиновая $\text{C}_{16:0}$	Стеариновая $\text{C}_{18:0}$	Олеиновая $\text{C}_{18:1}$	Линолевая $\text{C}_{18:2}$	Линолено-вая $\text{C}_{18:3}$	
Обычная	10,4	3,2	23,5	54,6	8,3	136,5
Низколиноленовая	12,2	3,6	24,2	57,2	3,8	130,1
Высокоолеиновая*	6,4	3,3	85,6	1,6	2,2	82,1
Низконасыщенная*	3,0	1,0	31,0	57,0	9,0	148,9
Низкопальмитиновая	5,9	3,7	40,4	43,4	6,6	127,2
Высокопальмитиновая	26,3	4,5	15,0	44,4	9,8	115,4
Высокостеариновая	8,6	28,7	16,2	41,6	4,9	98,8

* Получены методами генной инженерии.

1.9. Хлопковое масло

Семена хлопчатника являются побочным продуктом производства хлопка, и по существу их доступность зависит от спроса и предложения на хлопковое волокно, окружающее масличное семя. Хлопчатник является одним из наиболее древних культивируемых растений. Индия имела хлопковые поля 4000 лет назад, а когда Колумб открыл Америку, он обнаружил, что хлопчатник там уже выращивается. Однако хлопковое масло начали использовать лишь в XIX веке, когда европейские предприниматели в поисках более доступных источников жиров попытались извлекать масло из различных семян и орехов. Было предпринято несколько попыток внедрить хлопковое масло на рынок США, но первым частично успешным предприятием была продажа иммигрантам оливкового масла с замаскированной добавкой хлопкового. Вторым относительно благоприятным выходом на рынок было также разбавление другого продукта — хлопковое масло добавляли к топленому свиному жиру. Положительные результаты при использовании такого продукта привели к созданию заменителей свиного жира — шортенингов для мучных изделий на основе растительных масел. Развитие процессов щелочной рафинации, отбеливания, гидрогенизации и дезодорации способствовало повышению функциональности шортенингов из хлопкового масла по сравнению с продуктами из свиного жира. Химики-технологи создали прозрачное хлопковое масло без запаха и с приятным вкусом, которое стало стандартом для пищевых жиров и масел. Научно-технические достижения, направленные на развитие процессов переработки хлопкового масла, стали краеугольными камнями промышленности пищевых жиров и масел, насколько это известно сегодня. Хлопковое масло оставалось основным сырьем для жидких масел, маргаринов и шортенингов в Соединенных Штатах до середины XX столетия. Доминирование этого вида масла ослабело после Первой мировой войны, и вскоре после Второй мировой войны основным источником растительного масла стала соя [32]. Хлопковое масло потеряло свои господствующие позиции из-за нехватки семян хлопчатника и увеличения спроса на пищевое масло. Однако приятный вкус, стабильность и особенности состава хлопкового масла сохранили спрос на него со стороны производителей пищевых продуктов во всем мире.

1.9.1. Состав и физические свойства хлопкового масла

Сыре хлопковое масло получают главным образом из семян *Gossypium hirsutum* или *Gossypium barbadense* соответственно американской или египетской разновидности хлопчатника. Сыре масло необычно, потому что оно содержит много неглицеридных компонентов, которые придают маслу сильный, характерный запах и темный, красновато-коричневый цвет. Более 2% сырого хлопкового масла приходится на гессипол, фосфолипиды, токоферолы, стеролы, смолы, воски и связанные с ними пигменты. В хлопковом масле содержится довольно сложная смесь пигментов группы гессипола, содержание которых в неочищенном хлопковом масле составляет 0,1–0,2%. Пигменты группы гессипола имеют сильные антиокислительные свойства и чрезвычайно нелетучи. Гессипол не может быть удален перегонкой с водяным

паром, поэтому для очистки от этого пигмента, токсичного для всех нежвачных животных, необходимо химическое рафинирование. Светло-желтый цвет, характерный для хлопкового масла, обусловлен прежде всего присутствием гессипола.

Хлопковое масло является представителем особо полезной группы растительных масел, жирнокислотный состав которых представлен в основном кислотами C_{16} и C_{18} , имеющими не более двух двойных связей. Его жирнокислотный профиль типичен для олеиновой или линолевой групп растительных масел, поскольку эти две жирные кислоты составляют почти 75% от общего количества. Было установлено, что пальмитиновая, основная насыщенная жирная кислота хлопкового масла, является активатором кристаллизации в β' -форме, если она находится в *sn-1* или *sn-3* положениях. В связи с этим хлопковое масло стабильно в β' -кристаллической форме, что является желательным для многих продуктов, поскольку обеспечивает однородную легкообрабатываемую консистенцию, обычно называемую пластичностью. Возникающий в процессе хранения аромат дезодорированного хлопкового масла обычно описывается как ореховый, что более приемлемо при высоких степенях окисления чем в случае других растительных масел. Его характеристики обеспечивают высокую пригодность в качестве сырья для салатных масел, кулинарных жиров, шортенингов, маргаринов и других масложировых продуктов.

Показатели конкретного хлопкового масла во многом зависят от сорта хлопчатника, географического региона, почвенных условий, климата, применяемых удобрений, способов обработки зерна и условий хранения после сбора урожая. Как правило, высокие температуры во время переработки зерна влияют на реакции насыщенных жирных кислот (хлопчатник, выращенный в теплых и влажных условиях, имеет более высокое содержание свободных жирных кислот и более насыщенный красный цвет масла), излишняя обработка семян может усилить темный цвет и повысить содержание свободных жирных кислот [8].

Типичные характеристики хлопкового масла приведены в табл. 1.7 [8, 13, 26–29].

Хлопковое масло содержит до 0,5% двух уникальных жирных кислот: мальваловой ($C_{18:1}$) и стеркуловой ($C_{19:1}$). Эти кислоты характеризуются присутствием циклопропеновой группы в центре углеродной цепочки жирной кислоты. По цветным реакциям этих жирных кислот с определенными реагентами можно отличать хлопковое масло от других пищевых масел. Циклопропеноидные жирные кислоты являются причиной появления вишнево-красного цвета в реакции Хальфена (реакция с серой, растворенной в сероуглероде, в присутствии амилового спирта). Эта реакция хлопкового масла была открыта более столетия назад, в 1897 г. Наличие циклопропеноидных кислот в рационах питания животных вызывало нежелательные физиологические результаты, такие как снижение производства яиц, плохое выведение цыплят и розовый цвет яичных белков, а также выявленные в экспериментах на крысах замедление роста и полового созревания, канцерогенное действие. Окисленные при обжаривании сэндвичей циклопропеноидные жирные кислоты считаются причиной салистого («свечного») привкуса в картофельных чипсах. Обычная обработка, особенно гидрогенизация и дезодорация, в значительной степени инактивирует эти кислоты; например, после дезодорации их содержание понижается с 0,53 до

очередь изобретение оборудования для посадки, культивирования, сбора урожая, отделения орехов от зелени, лущения, чистки ядер, обжаривания, шелушения, соления, производства арахисового масла и упаковки.

Приблизительно половина мирового урожая арахиса направляется на дробление для производства масла. В Соединенных Штатах уровень цен на арахис принудительно стабилизируется, поскольку он выращивается главным образом для пищевых деликатесов, тогда как другие страны выращивают его для производства масла и жмыха. В результате конкуренции с другими растительными маслами и спроса на пищевые орехи в США только 10–15% урожая дробится для получения масла. Вообще сырьем для арахисового масла являются орехи, забракованные по тем или иным причинам для прямого пищевого использования. Отбраковка может произойти в результате избыточных поставок сырья, показатели которого отличаются от требуемых норм. Сортировка отбраковывает орехи более низкого качества или хранившиеся в плохих условиях, которые приводят к порче, гниению, перезреванию орехов, а также к заражению насекомыми [38]. К счастью, повышенное содержание афлатоксина, которое может стать для арахиса распространенной и серьезной проблемой, может быть снижено до уровня, соответствующего качественному арахисовому маслу, обычными процессами обработки. Из заплесневевшего арахиса, содержание афлатоксина в котором превышало 5500 мг/кг, получали арахисовое масло, содержащее это токсичное вещество в количестве 812 мг/кг; после щелочной рафинации его содержание понижалось до 10–14 мг/кг и после отбеливания составляло менее 1 мг/кг [8].

1.10.1. Состав и физические свойства арахисового масла

Растение *Arachis hypogaea L.*, обычно известное как арахис, или же земляной орех, из-за того, что семена развиваются под землей, принадлежит к тому же семейству бобовых, что и соя, — *Papilionaceous flowers*, но по своим характеристикам это скорее орех, чем боб или горох. Арахис богат маслом, обычно содержит 47–50% невысыхающего масла. Масло имеет светло-желтый цвет, обусловленный присутствием бета-каротина и лютеина. Приятный ореховый привкус и аромат, ассоциирующийся с арахисом, после отжима остается большей частью в масле, а не в жмыхе. Аромат обостряется при окислении и становится неприятным не так быстро, как у других растительных масел. По сравнению с другими маслами, полученными из маслосемян, особенно хлопковым, оно содержит относительно мало фосфатидов и нежировых компонентов. Недавние исследования показали, что арахис содержит ресвератрол, химическое соединение растительного происхождения, обнаруженное также в красном вине, с которым связывается снижение риска сердечных заболеваний [39].

В табл. 1.8 приведены типичные характеристики арахисового масла [8, 13, 27, 38, 41–43].

Главной жирной кислотой в арахисовом масле является олеиновая мононенасыщенная кислота, придающая маслам хорошую окислительную и термическую стабильность. В арахисовом масле содержится больше олеиновой кислоты, чем

Масличное сырье

Таблица 1.8. Состав арахисового масла и его физические характеристики

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	—	От 0,910 до 0,915
Показатель преломления, 25 °С	—	От 1,467 до 1,470
Йодное число, г J ₂ /100 г	95,0	От 84,0 до 100,0
Число омыления	189	От 188 до 195
Массовая доля неомываемых веществ, %	0,4	От 0,2 до 1,0
Титр, °С	30,00	От 26,0 до 32,0
Температура плавления, °С	-2,0	—
Температура затвердевания, °С	—	От 0 до 3,0
Температура помутнения, °С	4,4	—
Холодный тест, ч	Нет	Нет
Индукционный период по МАК, ч	25,0	—
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	211	От 49 до 373
β-токоферол	20	От 0 до 41
γ-токоферол	239	От 88 до 390
δ-токоферол	11	От 0 до 22
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	0,1	До 0,1
пальмитиновая C _{16:0}	11,1	От 8,3 до 14,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,2	До 0,2
маргариновая C _{17:0}	0,1	—
маргаринолеиновая C _{17:1}	0,1	—
стеариновая C _{18:0}	2,4	От 1,9 до 4,4
олеиновая C _{18:1}	46,7	От 36,4 до 67,1
липолевая C _{18:2}	32,0	От 14,0 до 43,0
линоленовая C _{18:3}	—	До 0,1
арахиновая C _{20:0}	1,3	От 1,1 до 1,7
гадолеиновая C _{20:1}	1,6	От 0,7 до 1,7
бегенновая C _{22:0}	2,9	От 2,1 до 4,4
эрруковая C _{22:1}	—	До 0,3
лигноцериновая C _{24:0}	1,5	От 1,1 до 2,2
ацетэрруковая C _{24:1}	—	До 0,3
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0	—
динасыщенные GS2U	3,6	—
мононасыщенные GSU2	35,0	—
триненасыщенные GU3	59,0	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

в кукурузном и соевом, но меньше, чем в оливковом. Арахисовое масло, затвердевающее при 0–3 °C, нельзя вымораживать для получения характеристик, соответствующих салатному маслу, в связи с некристалличностью его наиболее тугоплавкой фракции [40].

Около 96% триглицеридов арахисового масла содержат главные жирные кислоты: пальмитиновую, олеиновую и линолевую. Арахисовое масло состоит из смешанных глициеридов, содержащих приблизительно 80% ненасыщенных и 20% насыщенных жирных кислот. Жирнокислотный состав арахисового масла обуславливает его стабильность при обжаривании во фритюре и сроки хранения. Ненасыщенными жирными кислотами являются в основном олеиновая $C_{18:1}$ и линолевая $C_{18:3}$, в меньшем количестве содержатся гадолеиновая $C_{20:1}$ и ацетэруковая $C_{24:1}$; в следовых количествах присутствует линоленовая $C_{18:3}$. Такой состав придает жидкому маслу прекрасную устойчивость к окислению. Арахисовое масло содержит в целом примерно 7% жирных кислот C_{20} , C_{22} и C_{24} . Эти высокомолекулярные жирные кислоты являются характеристическими компонентами для идентификации. Арахисовое масло имеет неслучайное распределение жирных кислот для трех положений триглицеридов: пальмитиновая и стеариновая находятся преимущественно в *sn*-1 и *sn*-3 положениях, жирные кислоты с длинными цепочками (от C_{20} до C_{24}) располагаются почти исключительно в *sn*-3 положении, а в *sn*-2 положении наблюдается высокое содержание ненасыщенных жирных кислот [43].

1.10.2. Генетически модифицированное арахисовое масло

Программы выведения арахиса направлены на получение новых и улучшенных сортов, имеющих более высокие урожаи и качество, обладающих сопротивляемостью болезням и насекомым, вирусам, нематоде, засухе и образованию афлатоксина, улучшенной способностью к лущению, имеющими более высокие технологические свойства и сроки годности, а также улучшенные органолептические характеристики и пищевую ценность.

Используя классические методы селекции, были получены промышленные сорта арахиса, характерной чертой которых было высокое содержание олеиновой кислоты. Полученные линии не имеют значимых отличий от обычных сортов арахиса по содержанию масла, органолептическим показателям, цвету или текстуре. Из высокоолеиновых сортов арахиса производили масло с жирнокислотным составом, приближенным к оливковому, — содержание олеиновой кислоты увеличилось до $(80 \pm 2)\%$, линолевой понизилось до 2–3%, а пальмитиновой уменьшилось до $(9 \pm 1)\%$. Оксидательная стабильность высокоолеинового арахисового масла превышала стабильность обычного масла в 14,5 раз и более в зависимости от метода измерения.

В последних научных исследованиях, проведенных на людях, было обнаружено, что высокоолеиновое арахисовое масло привело к существенным положительным изменениям в липидах крови, включая снижение холестерина низкой плотности и уровня триглицеридов, но не оказало влияния на уровень благоприятного для здоровья холестерина липопroteинов высокой плотности. Эти результаты согласу-

ются с многочисленными исследованиями, показавшими, что диеты, богатыеmono- и полиненасыщенными жирными кислотами и бедные насыщенными жирными кислотами, могут быть полезны для деятельности сердца [39, 43].

1.11. Кукурузное масло

Кукуруза, *Zea mays L.*, представляет собой растение семейства злаковых; ее родиной являются Северная и Южная Америка. Кукуруза была основной зерновой культурой индейцев за много веков до того, как европейцы достигли Нового Света. В США она остается на первом месте; в настоящее время ее выращивают ради крахмала и белков. Масло составляет лишь малую долю (от 3,1 до 5,7%, массы кукурузного ядра) и содержится преимущественно в зародышах семян кукурузы. Наличие зародышей как сырья для получения масла зависит от количества кукурузы, переработанной на предприятиях крахмальной, алкогольной отраслей, при производстве подсластителей, кукурузной муки, крупы, хлопьев и т. д. Зародыши, которые содержат примерно 50% масла, получают мокрым отделением зародышей при изготовлении крахмала, подсластителей и в алкогольном производстве. При производстве кукурузной муки зародыши отделяют сухим способом, в этом случае они содержат только 10–24% масла.

1.11.1. Состав и физические свойства кукурузного масла

Кукурузное масло принадлежит к группе масел с высоким содержанием линолевой и олеиновой жирных кислот. Жидкие масла этой группы широко используют в качестве исходного сырья при производстве различных масложировых продуктов. Они имеют достаточно высокую устойчивость к окислению и могут быть гидрогенизированы до различных степеней насыщенности — от непрозрачной жидкости, напоминающей молоко, до жиров с температурой плавления выше 59 °C. Неочищенное кукурузное масло имеет более темный цвет красноватого янтаря, чем другие растительные масла, которые обычно имеют светлый цвет. Некоторые масла, полученные из масличного сырья после влажного жарения, труднее отбелить до светлого цвета, возможно, вследствие условий, создаваемых при плющении зародышей перед экстракцией. В других случаях отбеливание и дезодорацию кукурузного масла преднамеренно проводят не полностью, чтобы сохранить более темный цвет для привлечения покупателей.

Жирнокислотный состав кукурузного масла, как и большинства других масел, варьируется в зависимости от сорта зерна, климатических условий и вегетационного периода. В кукурузном масле, полученном в основной зоне выращивания кукурузы в США, больше всего полиненасыщенных жирных кислотах в результате воздействия климата этой зоны и условий выращивания. В кукурузном масле, произведенном в других странах, в целом меньше линолевой кислоты и больше олеиновой [44]. Типичные характеристики кукурузного масла приведены в табл. 1.9 [8, 12, 29, 45, 46].

Таблица 1.9. Состав кукурузного масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	0,91875	От 0,915 до 0,920
Показатель преломления, 25 °С	—	От 1,470 до 1,474
Йодное число, г J ₂ /100 г	124,0	От 118,0 до 128,0
Число омыления	—	От 187 до 193
Массовая доля неомыляемых веществ, %	—	От 1,3 до 2,3
Титр, °С	—	От 14 до 20
Температура плавления, °С	—	От -12 до -10
Температура затвердевания, °С	—	От -1,0 до -20,0
Температура помутнения, °С	-9,5	—
Холодный тест, ч	20 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	—	От 0,15 до 0,5
Индукционный период по МАК, ч	19	От 16 до 19
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	152	От 116 до 172
β-токоферол	12	От 0 до 22
γ-токоферол	1276	От 1119 до 1401
δ-токоферол	61	От 59 до 65
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	0,1	До 0,1
пальмитиновая C _{16:0}	10,9	От 8,0 до 19,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,2	До 0,5
маргариновая C _{17:0}	0,1	—
стеариновая C _{18:0}	2,0	От 0,5 до 4,0
олеиновая C _{18:1}	25,4	От 19,0 до 50,0
линовая C _{18:2}	59,6	От 34,0 до 62,0
линопленовая C _{18:3}	1,2	0,1 до 2,0
арахиновая C _{20:0}	0,4	До 1,0
гадолеиновая C _{20:1}	—	До 0,5
бегеновая C _{22:0}	0,1	До 0,5
лигноцериновая C _{24:0}	—	—
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщеные GS3	0,3	—
динасыщеные GS2U	3,7	—
мононасыщеные GSU2	33,3	—
триненасыщенные GU3	63,0	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

Масличное сырье

Кукурузное масло содержит в следовых количествах (около 0,05%) воски, которые являются сложными эфирами мирицилового и церилового спиртов с тетракозановой (лигноцериновой) кислотой. Температура плавления восков 81–82 °С. Воски вызывают помутнение масла при охлаждении до низких температур, если они не удалены путем депарафинизации. Для реализации в качестве салатного кукурузное масло должно быть очищено от восков, но эта операция не является обязательной для гидрогенизированного масла, предназначенного для шортенингов или маргаринов.

Кукурузное масло является превосходным источником эssенциальных жирных кислот, их содержание обычно превышает 60%. Основная их часть представлена линолевой кислотой (C_{18:2}), и менее 1,5% приходится на линоленовую (C_{18:3}). Несмотря на такой высокий уровень непредельности, кукурузное масло имеет хорошую окислительную стабильность органолептических показателей, частично благодаря неслучайному распределению жирных кислот в триглицеридах. Было выявлено, что в триглицеридах кукурузного масла 98% жирных кислот, находящихся в положении sn-2, являются ненасыщенными, оставляя таким образом внешние sn-1 и sn-3 положения для насыщенных и оставшихся ненасыщенных кислот. Поскольку внешние положения триглицеридов более реакционноспособны, полиненасыщенные жирные кислоты в положении sn-2 имеют определенную защиту от окисления. Эта теория была в некоторой степени подтверждена, когда было обнаружено, что перезертифицированное кукурузное масло со случайным сочетанием жирных кислот окислялось в три–четыре раза быстрее, чем обычное кукурузное масло [46].

Относительно высокое содержание токоферолов (приблизительно 0,1%), наряду с присутствием малых количеств другого антиоксиданта — феруловой кислоты, также вносит вклад в очень высокую окислительную стабильность кукурузного масла. Как правило, дезодорированное кукурузное масло содержит 0,08–0,12% общего количества токоферолов, из которых 70–80% составляет γ-токоферол, 20–25% α-токоферол и 3–5% δ-токоферол. Свою роль в повышенном сроке годности играет тот факт, что органолептические характеристики кукурузного масла, как сырого, так и после хранения, довольно приятны и обычно характеризуются как напоминающие попкорн или плесневелые [26,47].

1.11.2. Генетически модифицированное кукурузное масло

В 2002 г. в США приблизительно 35% посевых площадей кукурузы занимали устойчивые к вредителям или гербицидам генетически модифицированные гибриды. Также были разработаны сорта с повышенной до 6,5–11,0% масличностью, для того чтобы повысить энергетическую ценность кормов для домашнего скота. Предприятия с мокрым и сухим отделением зародышей сопротивлялись внедрению высокожирной кукурузы, поскольку ее зерно имеет зародыш большего размера, что снижает содержание крахмала в зерне и эффективность работы оборудования. Ни одна из этих генетических модификаций не влияла на состав кукурузного масла. Пищевая промышленность заинтересована в генетических изменениях, направленных на улучшение жирнокислотного состава в целях повышения функциональности

или пищевой ценности. Была создана высокожирная и высокоолеиновая разновидность, в которой было существенно повышенено содержание олеиновой и линолевой кислот — до 65 и 22% соответственно. Главной характеристикой, на которую пытаются воздействовать, увеличивая содержание олеиновой кислоты, является окисительная стабильность, что особенно важно при использовании масла для жарки во фритюре и распыления. Однако было обнаружено, что органолептические свойства некоторых высокоолеиновых масел неприемлемы для использования их в качестве фритюрных жиров. Проведенная оценка показала, что в высокоолеиновом кукурузном масле содержание линолевой кислоты слишком велико, чтобы получить приемлемый вкус и аромат [48].

1.12. Подсолнечное масло

Североамериканские индейцы могли одомашнить растения подсолнечника раньше чем кукурузу. Археологи и историки обнаружили свидетельства, что семена подсолнечника использовались индейцами в качестве средства для лечения порезов, ушибов и змейных укусов, они перемалывались на муку для мучных изделий, хлеба и каши, а пигменты извлекались для окрашивания корзин и других вещей. Испанские исследователи привезли подсолнечник в Европу в XVI веке. В Европе подсолнечник был главным образом декоративной диковинкой, пока Петр Великий не внедрил его в России. Промышленное извлечение подсолнечного масла для использования в пищу, скорее всего, началось в России около 1830 г. Ученые в прежнем Советском Союзе увеличили размеры семян, урожайность, повысили содержание масла в семенах приблизительно от 29 до 46%, сократили время созревания семян и повысили сопротивляемость растений болезням [40, 49]. Подсолнечник занимает четвертое место среди источников растительного масла в мире, его основное производство находится в странах бывшего Советского Союза. Для Северной Америки подсолнечник сделал полный круг, вернувшись на рынок масличного сырья, но западноевропейский рынок продолжает оставаться доминирующим. На рынке США подсолнечное масло присутствует как продукт высшего качества. Хотя в Соединенных Штатах подсолнечное масло находится на четвертом месте по производству, оно занимает лишь восьмое место по потреблению. Подсолнечное масло конкурирует с соевым и кукурузным маслами, поскольку их жирнокислотные профили схожи. Соевое масло в основном дешевле, а кукурузное масло, которое обычно более конкурентоспособно, считается здоровым маслом. Экспортные поставки обеспечивали прибыль на рынке североамериканского подсолнечника, пока это положение не нарушилось в результате конкуренции с Аргентиной и бывшим Советским Союзом.

1.12.1. Состав и физические свойства подсолнечного масла

Подсолнечное масло получают из зерен растения *Helianthus annuus L.* Необработанное подсолнечное масло имеет светло-желтый цвет. Рафинированное масло бледно-желтое и похоже на другие растительные масла. Подсолнечное масло имеет

особенный, довольно приятный вкус и запах, который легко устраниется дезодорацией. Неочищенное масло содержит фосфатиды и слизи, но в меньшем количестве, чем хлопковое или кукурузное масло. Традиционно подсолнечное масло очищали химическими методами, но были описаны примеры успешного применения физического рафинирования на практике. Преимуществами физического рафинирования являются более низкие затраты и меньшая нагрузка на окружающую среду. В Европе подсолнечное масло было высоко оценено как компонент спредов вследствие высокого содержания линолевой кислоты и отсутствия линоленовой [50]. Типичные характеристики подсолнечного масла представлены в табл. 1.10 [8, 12, 45, 51].

Немногие растительные масла отражают влияние климата, температуры, генетических факторов и положения семени в цветке в той же степени что и подсолнечное масло. Как правило, в подсолнечнике, выращиваемом в Соединенных Штатах выше 39-й параллели, содержится много линолевой жирной кислоты, а в более низких широтах — больше олеиновой кислоты. Эти различия также зависят от температуры. Текущее лето понижает содержание линолевой кислоты в северном подсолнечном масле [52], поэтому жирнокислотный состав масла меняется из года в год и от региона к региону.

Подсолнечное масло можно классифицировать как натурально вымороженное (зимнее) масло, если оно не содержит восков. Именно эти соединения отвечают за мутность, которая образуется в масле во время хранения при температурах ниже 21,1 °C. Воски присутствуют в оболочке семян подсолнечника и извлекаются вместе с маслом. Их содержание в масле составляет обычно 0,02–0,35%, но иногда бывает и выше. Воски подсолнечника состоят из жирных кислот от C_{20} до C_{22} и спиртов от C_{24} до C_{28} , плавятся при температуре от 70 до 80 °C [50]. Воски не влияют на устойчивость эмульсии при производстве майонеза, как было показано при исследовании твердой фракции хлопкового масла и гидрогенизованных масел, однако масла для розничной реализации, расфасованные в прозрачные емкости, будут мутнеть при низких температурах хранения, что ухудшает товарный вид. Удаление восков в процессе депарафинизации предотвращает эту проблему внешнего вида.

1.12.2. Подсолнечное масло NuSun

В 1995 г. на заседании Национальной ассоциации по подсолнечнику было сделано и принято предложение о разработке среднеолеинового сорта подсолнечника для промышленного производства. Предполагалось, что подсолнечное масло с повышенным до 60–70% содержанием олеиновой кислоты ($C_{18:1}$), в отличие от обычного подсолнечного масла с ее содержанием примерно 20%, даст прекрасное фритюрное масло для предприятий общественного питания. Кроме того, поскольку данное масло будет свободно от *транс*-изомеров жирных кислот, для его обработки потребуется только рафинация, отбеливание и дезодорация. Предполагалось, что это новое подсолнечное масло (*NuSun*) станет заменой существующего и будет продаваться как товар широкого потребления, а не как деликатесное масло. Считалось, что долговременный успех подсолнечника в Соединенных Штатах зависит от ценообразования с учетом конкуренции с другими растительными маслами. Сельскохозяй-

Таблица 1.10. Состав подсолнечного масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	—	От 0,915 до 0,919
Показатель преломления, 25 °С	—	От 1,472 до 1,475
Йодное число, г J ₂ /100 г	133,0	От 125,0 до 136,0
Число омыления	—	От 188 до 194
Массовая доля неомыляемых веществ, %	—	От 0,3 до 1,3
Титр, °С	—	От 16,0 до 20,0
Температура плавления, °С	—	От -18 до -20
Температура затвердевания, °С	-17,0	—
Температура помутнения, °С	-9,5	—
Холодный тест, ч	24 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	—	От 0,02 до 0,35
Индукционный период по МАК, ч	11	От 10 до 12
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	690	От 690 до 778
β-токоферол	26	От 21 до 33
γ-токоферол	5	От 5 до 9
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	0,1	До 0,2
пальмитиновая C _{16:0}	7,0	От 5,6 до 7,6
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,1	До 0,3
стеариновая C _{18:0}	4,5	От 2,7 до 6,5
олеиновая C _{18:1}	18,7	От 14,0 до 39,4
линоплевая C _{18:2}	67,5	От 48,3 до 74,0
линиленовая C _{18:3}	0,1	До 0,2
арахиновая C _{20:0}	0,4	От 0,2 до 0,4
гадолеиновая C _{20:1}	0,1	От 0 до 0,2
бененовая C _{22:0}	0,7	От 0,5 до 1,3
эркусовая C _{22:1}	—	От 0 до 0,2
лигиноцериновая C _{24:0}	—	От 0,2 до 0,3
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0,3	—
динасыщенные GS2U	3,1	—
мононасыщенные GSU2	26,6	—
триненасыщенные GU3	70,2	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

ственный центр исследования подсолнечника Министерства сельского хозяйства США в Фарго (Северная Дакота) обеспечивал селекционные линии для частных семеноводческих компаний, которые быстро обеспечили рынок новым гибридом. Первые посадки этих маслосемян появились в 1996 г., а в 2002 г. новый гибрид занимал приблизительно половину посевых площадей подсолнечника в США [53].

1.12.3. Состав и физические свойства NuSun

NuSun является нетрансгенной разновидностью подсолнечника. Масло из семян этого гибрида относится к середнеолеиновым, поскольку содержание олеиновой кислоты в нем выше, чем в традиционном подсолнечном масле (20%), но ниже, чем в высокоеолеиновых разновидностях (80%). Оно имеет более низкое содержание насыщенных жирных кислот, чем традиционное подсолнечное масло, на уровне высокоеолеинового подсолнечного масла. Типичные характеристики подсолнечного масла NuSun приведены в табл. 1.11 [45, 53, 54].

Таблица 1.11. Состав подсолнечного масла NuSun и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	—	От 0,915 до 0,919
Показатель преломления, 25 °С	—	От 1,472 до 1,475
Йодное число, г J ₂ /100 г	133,0	От 125,0 до 136,0
Число омыления	—	От 188 до 194
Массовая доля неомыляемых веществ, %	—	От 0,3 до 1,3
Титр, °С	—	От 16,0 до 20,0
Температура плавления, °С	—	От -18 до -20
Температура затвердевания, °С	-17,0	—
Температура помутнения, °С	-9,5	—
Холодный тест, ч	24 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	—	От 0,02 до 0,35
Индукционный период по МАК, ч	11	От 10 до 12
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	690	От 690 до 778
β-токоферол	26	От 21 до 33
γ-токоферол	5	От 5 до 9
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	0,1	До 0,2
пальмитиновая C _{16:0}	7,0	От 5,6 до 7,6

Окончание табл. 1.11

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
пальмитолеиновая $C_{16:1}$	0,1	До 0,3
стеариновая $C_{18:0}$	4,5	От 2,7 до 6,5
олеиновая $C_{18:1}$	18,7	От 14,0 до 39,4
линолевая $C_{18:2}$	67,5	От 48,3 до 74,0
линоленовая $C_{18:3}$	0,8	До 0,2
арахиновая $C_{20:0}$	0,4	От 0,2 до 0,4
гадолеиновая $C_{20:1}$	0,1	От 0 до 0,2
бензеновая $C_{22:0}$	0,7	От 0,5 до 1,3
эрковая $C_{22:1}$	—	От 0 до 0,2
лигноцериновая $C_{24:0}$	—	От 0,2 до 0,3
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0,3	—
динасыщенные GS2U	3,1	—
мононасыщенные GSU2	26,6	—
триненасыщенные GU3	70,2	—
Кристаллическая форма гидрогенированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

1.13. Высокоолеиновое подсолнечное масло

Русские ученые использовали химический мутагенез и селекцию, чтобы получить высокоолеиновую разновидность подсолнечника, устойчивую к неблагоприятным климатическим условиям. В США высокоолеиновые семена подсолнечника впервые были выращены в промышленных масштабах в 1984 г. Соединенные Штаты занимались усовершенствованием русского сорта, в котором содержание олеиновой кислоты варьировалось только на 4–5% при выращивании в прохладном климате Миннесоты или в теплом Техасе. В США также был разработан гибридный подсолнечник, имеющий существенно сниженное содержание линолевой кислоты и повышенное за счет этого содержание олеиновой и показавший более постоянные результаты [55]. Ежегодно производятся приблизительно 300 тыс. метрических тонн высокоолеинового подсолнечного масла (менее 5% мирового производства подсолнечного масла) в основном в Соединенных Штатах и Франции. Это специализированное масло оказалось пригодным при производстве пищевых продуктов в качестве масла для опрыскивания снэков, крекеров и сухих завтраков, фритюрных масел, продуктов для детского питания и для пожилых людей, а также для других случаев, требующих жидкого масла с повышенной окислительной стабильностью [50].

1.13.1. Физические свойства и состав высокоолеинового подсолнечного масла

Типичные физические свойства и состав высокоолеинового подсолнечного масла приведены в табл. 1.12 [10, 29, 56].

Таблица 1.12. Состав высокоолеинового подсолнечного масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	—	От 0,912 до 0,915
Показатель преломления, 25 °С	1,468	От 1,467 до 1,469
Йодное число, г $J_2/100$ г	83,0	От 78,0 до 88,0
Число омыления	—	От 188 до 194
Массовая доля неомываемых веществ, %	1,2	От 0,8 до 2,0
Температура плавления, °С	—	От 4,4 до 7,2
Холодный тест, ч	15 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	—	От 0,2 до 0,35
Индукционный период по МАК, ч	40	От 38 до 100
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	262	От 94 до 430
β-токоферол	2	—
γ-токоферол	1	—
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая $C_{14:0}$	—	До 0,1
пальмитиновая $C_{16:0}$	3,7	От 3,0 до 4,8
пальмитолеиновая $C_{16:1}$	0,1	До 0,1
стеариновая $C_{18:0}$	5,4	От 2,7 до 6,5
олеиновая $C_{18:1}$	81,3	От 75,0 до 85,0
линолевая $C_{18:2}$	9,0	От 8,0 до 10,0
линоленовая $C_{18:3}$	—	До 0,3
арахиновая $C_{20:0}$	0,4	От 0,2 до 0,5
гадолеиновая $C_{20:1}$	—	От 0,1 до 0,5
бензеновая $C_{22:0}$	0,1	От 0,5 до 1,1
эрковая $C_{22:1}$	—	До 0,1
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0	—
динасыщенные GS2U	5,6	—
мононасыщенные GSU2	13,8	—
триненасыщенные GU3	84,4	—
Кристаллическая форма гидрогенированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

Повышение окислительной устойчивости — главной цели разработки высоколинолевого подсолнечного масла — было достигнуто за счет снижения содержания линолевой кислоты.

1.14. Сафлоровое масло

Сафлор, *Carthamus tinctorius*, является одной из древнейших зерновых культур. Считается, что этот вид вышел из юго-восточной Азии, но долго выращивался в Китае, Ближнем Востоке и Северной Африке. Сафлор был привезен в Соединенные Штаты иммигрантами из Испании и Португалии. До недавнего времени история сафлора была связана почти полностью с использованием его цветков, из которых извлекался краситель картамин. Позже внедрение других, более устойчивых, красителей вытеснило это использование сафлора. Сафлор был относительно незначительной масличной культурой до начала 1950-х гг., когда были выведены сорта с более высоким содержанием масла в семенах, и сафлоровое масло стали использовать для защитных покрытий. В состав сафлорового масла входит в основном линолевая жирная кислота при очень низком содержании линоленовой, в результате чего оно является почти идеальным высыхающим маслом. Интерес к способности ненасыщенных жидких масел снижать уровень холестерина в сыворотке крови катализировал развитие пищевых сортов сафлорового масла [57, 58].

1.14.1. Состав и физические свойства сафлорового масла

Сафлоровое масло получают отжимом семян или экстракцией растворителем. Оно занимает особое положение, поскольку имеет самое высокое содержание линолевой ($C_{18:2}$) жирной кислоты, возможное для производимых в промышленных масштабах масел. Типичные характеристики сафлорового масла представлены в табл. 1.13 [8, 10, 26].

Сафлоровое масло привлекательно для потребителей, стремящихся к здоровому питанию. Линолевая кислота, составляющая основную часть жирных кислот сафлорового масла, относится к незаменимым, т. е. не может быть синтезирована в человеческом организме. Она необходима для обеспечения целостности плазматических мембран, процессов роста и воспроизведения, функционирования кожи и других органов. Интерес вызывает также благотворное воздействие сопряженных жирных кислот на здоровье человека. Их потенциальными терапевтическими свойствами являются антиканцерогенное, антиатеросклерозное воздействие, активация роста при слабом увеличении массы тела. Сафлоровое масло является природным сырьем для производства сопряженной линолевой кислоты (*conjugated linoleic fatty acids — CLA*) [59].

Оксидательная нестабильность сырого сафлорового масла препятствует его хранению перед обработкой в течение неограниченного периода времени. Обычно индукционный период сырого сафлорового масла без добавления антиоксидантов варьируется от 4 до 8 ч сразу после дробления, и снижается до 1–3 ч после 2–4 ме-

Таблица 1.13. Состав сафлорового масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °C и t воды 25 °C	—	От 0,919 до 0,924
Показатель преломления, 25 °C	—	От 1,473 до 1,476
Йодное число, г $J_2/100$ г	145,0	От 141,0 до 147,0
Число омыления	—	От 186 до 194
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 0,3 до 0,6
Титр, °C	—	От 15,0 до 17,0
Температура плавления, °C	—	От -18,0 до -16,0
Температура затвердевания, °C	—	От -13,0 до -18,0
Холодный тест, ч	24 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	0,5	—
Индукционный период по МАК, ч	2,0	От 1,0 до 3,0
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	445	От 230 до 660
β-токоферол	10	От 0 до 20
γ-токоферол	8	От 0 до 15
Массовая доля токотриенолов, мг/кг:		
γ-токотриенол	8	От 0 до 15
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая $C_{14:0}$	0,1	—
пальмитиновая $C_{16:0}$	6,8	От 4,0 до 7,0
пальмитолиновая $C_{16:1}$	0,1	—
стеариновая $C_{18:0}$	2,3	От 1,0 до 2,5
олеиновая $C_{18:1}$	12,0	От 12,0 до 16,0
линолевая $C_{18:2}$	77,7	От 75,0 до 79,0
линоленовая $C_{18:3}$	0,4	До 0,1
арахиновая $C_{20:0}$	0,3	—
гадолеиновая $C_{20:1}$	0,1	—
бегеновая $C_{22:0}$	0,2	—
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0	—
динасыщенные GS2U	0	—
мононасыщенные GSU2	18,0	—
триненасыщенные GU3	82,0	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

сияцев обычного хранения. Таким образом, очевидно, что сафлоровое масло с его высоким уровнем линолевой кислоты и низким уровнем природных антиоксидантов не обладает высокой устойчивостью к окислению.

Сафлоровое масло используется в тех пищевых продуктах, где желательно высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот. Оно используется в майонезе, салатных дрессингах и жидким маргарине, а также первоначально использовалось как жировая основа для мягкого наливного маргарина. Стабильность вкуса была постоянной проблемой для тех продуктов, которые содержат значительные количества сафлорового масла в связи с высоким содержанием в нем линолевой кислоты. Сафлоровое масло легко гидрогенизируется на обычном технологическом оборудовании. Гидрогенизация повышает окислительную стабильность, и гидрогенизированное сафлоровое масло можно использовать в маргарине или шортенингах для замены жировой основы в обычной β -криSTALLической форме. Однако окислительная стабильность гидрогенизированного сафлорового масла значительно ниже, чем соевого или кукурузного масел, отверженных до такой же степени [60].

1.15. Высокоолеиновое сафлоровое масло

Природная мутация растения сафлора, обнаруженная исследователями Калифорнийского университета в Дэвисе, позволяет получить масло, в котором обычные содержания линолевой и олеиновой жирных кислот поменялись местами (т. е. в масле высокое содержание олеиновой вместо линолевой кислоты). Следовательно, масло имеет существенно улучшенную окислительную стабильность по сравнению с обычным сафлоровым маслом благодаря замене полиненасыщенных цепочек мононенасыщенными. Дополнительным преимуществом этой мутации сафлора является то, что растения и семена могут предлагаться по той же цене, что и обычный сафлор в связи с более широким климатическим диапазоном произрастания [61]. Жирнокислотный состав масла как высоколинолевых, так и высокоолеиновых сортов сафлора оказался удивительно постоянными при различных температурных условиях. Небольшие вариации обеих разновидностей представляли собой увеличение содержания олеиновой кислоты при более высоких температурах роста и увеличение содержания линолевой — при более низких температурах роста. Эти результаты показывают, что оба сорта сафлорового масла должны обеспечить очень однородные и стабильные продукты независимо от года урожая [62].

1.15.1. Состав и физические свойства высокоолеинового сафлорового масла

Высокоолеиновое сафлоровое масло сохранило светлый цвет и вкус нормального сафлорового масла, но окислительная стабильность (индукционный период), измеренная методом активного кислорода, увеличилась в три с половиной раза. Типичные характеристики высокоолеинового сафлорового масла приведены в табл. 1.14 [27, 56, 63].

Таблица 1.14. Состав высокоолеинового сафлорового масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °C и t воды 25 °C	—	От 0,910 до 0,920
Показатель преломления, 25 °C	—	От 1,467 до 1,469
Йодное число, г J ₂ /100 г	87,0	От 85,0 до 95,0
Число омыления	—	От 186 до 197
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	Не более 1,5
Температура плавления, °C	-17,0	—
Холодный тест, ч	24 (для депарафинизированного)	—
Массовая доля восков, %	0,5	—
Индукционный период по МАК, ч	40,0	От 35,0 до 45,0
Жирнокислотный состав, %:		
лауриновая C _{12:0}	0,1	До 0,1
пальмитиновая C _{16:0}	3,6	От 5,0 до 6,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,1	До 0,2
стеариновая C _{18:0}	5,2	От 1,5 до 2,0
олеиновая C _{18:1}	81,5	От 74,0 до 80,0
линолевая C _{18:2}	7,2	От 13,0 до 18,0
линоленовая C _{18:3}	0,1	До 0,2
арахиновая C _{20:0}	0,4	До 0,3
гадолеиновая C _{20:1}	0,2	До 0,2
бененовая C _{22:0}	1,2	До 0,2
литноцериновая C _{24:1}	0,3	—
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0	—
динасыщенные GS2U	1,1	—
мононасыщенные GSU2	15,9	—
триненасыщенные GU3	77,8	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

Взаимосвязь между степенью ненасыщенности липидов и их склонностью к окислению хорошо известна. В ранних исследованиях кинетики окисления жирных кислот была отмечена различная скорость окисления линолевой и олеиновой жирных кислот. Более низкая скорость окисления олеиновой и насыщенных жирных кислот была главным основанием гидрогенизации масла. Устранение одной двойной связи в жирной кислоте значительно увеличивает устойчивость к окислению [64]. Использование натуральных масел, которые богаты олеиновой кислотой, исключает некоторые побочные эффекты гидрогенизации, такие как изменение вкуса и образование *транс*-изомеров жирных кислот. Оценка пригодности для обжаривания

показала, что высокоолеиновое сафлоровое масло является превосходным фритюрным маслом. При контрольных испытаниях оно противостоит окислению и полимеризации лучше, чем гидрогенизованный шортенинг [65], стабильность картофельных чипсов была вполне приемлема и аналогична стабильности продуктов, жареных на гидрогенизированном масле [64]. Это масло может применяться во всех областях, где необходимо высокостабильное жидкое масло (те же направления, что предложены для высокоолеинового подсолнечного масла).

1.16. Рапсовое масло (канола)¹

Канола является зарегистрированной маркой канадской организации *Canola Council of Canada* для генетически модифицированного зерна, масла и жмыха, полученного из культур рапса, *Brassica napus* и *Brassica campestris*. Рапс является одним из самых старых известных растительных масел, но его использование в пищу было ограничено по причине высокого уровня эруковой жирной кислоты ($C_{22:1}$) и глюкозиналов. Масло, богатое эруковой кислотой, вызывало повреждения сердечно-сосудистого мускула, сопровождаемые другими сердечными заболеваниями, а присутствие глюкозиналов в жмыхе понижает его пищевую ценность как корма для животных. Первый в мире низкоэруковый, низкоглюкозинальный сорт рапса был представлен в 1974 г. В ответ на ходатайство Канады в 1985 г. Соединенные Штаты присвоили рапсовому маслу с низким содержанием эруковой кислоты (*low erucic acid rapeseed oil –LEAR oil*) статус *GRAS* (*Generally Recognized as Safe* – признанный безопасным). В 1988 г. Управление по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов (*Food and Drug Administration – FDA*) согласилось, что низкоэруковое масло *LEAR oil*, содержащее не более 2,0% эруковой кислоты, может быть идентифицировано как каноловое масло. Эта генетически модифицированная масличная культура стала третьим в мире источником растительного масла и жмыха менее чем за 30 лет. Товарное каноловое масло с низким уровнем насыщенных жирных кислот, содержащее эссенциальные жирные кислоты ω -6 и ω -3, считается маслом, полезным для здоровья [66].

1.16.1. Состав и физические свойства рапсового масла (канола)

Семена рапса подвергают плющению и термической обработке для инактивации фермента *мировиназы*, вызывающего образование нежелательных продуктов распада глюкозиналов в результате гидролиза. Из полученного лепестка масло извлекают прессованием и экстракцией растворителем. Обычно сырое рапсовое масло очищают гидратацией для удаления гидратирующихся фосфатидов до содержания фосфора примерно 240 мг/кг при использовании в качестве гидратирующего агента воды или до примерно 50 мг/кг при кислотной гидратации. Типичные характеристики гидратированного рапсового масла представлены в табл. 1.15 [12, 27, 45, 51, 67].

¹ См. примечание на с. 22.

Масличное сырье

Таблица 1.15. Состав рапсового масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °C и t воды 25 °C	—	От 0,914 до 0,920
Показатель преломления, 25 °C	—	От 1,470 до 1,474
Йодное число, г J_2 /100 г	115,0	От 110,0 до 126,0
Число омыления	—	От 182 до 193
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 0,5 до 1,2
Титр, °C	26,0	—
Температура плавления, °C	–9,0	—
Температура помутнения, °C	–5,0	—
Холодный тест, ч	24 (для депарафинизированного)	—
	0,2	—
Массовая доля восков, %	—	От 3 до 15
Массовая доля серы, мг/кг	—	От 5 до 35
Индукционный период по МАК, ч	18	От 12 до 20
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α -токоферол	233	От 206 до 287
β -токоферол	421	От 392 до 465
γ -токоферол	13	От 9 до 25
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая $C_{14:0}$	0,1	До 0,2
пальмитиновая $C_{16:0}$	4,1	От 2,5 до 6,0
пальмитолеиновая $C_{16:1}$	0,3	До 0,6
стеариновая $C_{18:0}$	1,8	От 0,9 до 2,1
олеиновая $C_{18:1}$	60,9	От 50,0 до 66,0
линовая $C_{18:2}$	21,0	От 18,0 до 30,0
линопленовая $C_{18:3}$	8,8	От 6,0 до 14,0
арахиновая $C_{20:0}$	0,7	От 0,1 до 1,2
гадолеиновая $C_{20:1}$	1,0	От 0,1 до 4,3
бененовая $C_{22:0}$	0,3	До 0,5
эрковая $C_{22:1}$	0,7	До 1,0
лигноцериновая $C_{24:0}$	0,2	До 0,2
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщеные GS3	0,4	—
динасыщеные GS2U	3,4	—
мононасыщеные GSU2	20,2	—
триненасыщенные GU3	75,9	—
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G – глицерид; S – насыщенная жирная кислота; U – ненасыщенная жирная кислота.

В рапсовом масле мало насыщенных жирных кислот и много мононенасыщенных, оно содержит много олеиновой кислоты, поэтому его характеристики сходны с оливковым, высокоолеиновыми подсолнечным и сафлоровым маслами. Рапсовое масло имеет самый низкий уровень насыщенности, содержание в нем мононенасыщенных жирных кислот уступает только высокоолеиновым подсолнечному и сафлоровому маслам. Было обнаружено, что две важные для стабильности вкуса жирные кислоты — линолевая и линоленовая, располагаются преимущественно в положении *sn*-2 триглицеридов, подобно высокоэруковому рапсовому маслу. Этим рапсовое масло отличается от других масел, которые обычно имеют случайное распределение линолевой и линоленовой кислот, а его несколько более низкая общая непредельность обуславливает более высокую окислительную стабильность, чем у масел с подобным содержанием линолевой и линоленовой кислот.

Рапсовое масло отличается от большинства других растительных масел наличием серы и хлорофилла. Для получения продукта удовлетворительного качества необходимо удаление этих соединений во время обработки. Предварительная обработка сырого масла раствором фосфорной кислоты концентрацией 0,05–0,5% не только помогает осаждать фосфатиды, но также способствует удалению хлорофилла. Для удаления хлорофилла необходимо отбеливание глинами, активированными кислотой. Наиболее важно удаление хлорофилла на стадии предварительного отбеливания. Хлорофилл не может обесцвечиваться при гидрогенизации или дезодорации, поэтому он должен быть удален во время отбеливания. Гидрогенизация или дезодорация недостаточно обесцвеченного рапсового масла приводит к закреплению зеленого цвета и делает почти невозможным адсорбцию хлорофилла отбеливающими глинами.

Для гидрогенизации рапсового масла применяется практически такие же оборудование и условия (температура, давление и катализатор), что и для соевого, однако может быть необходима более высокая концентрация катализатора в связи с присутствием небольших количеств соединений серы (3–5 мг/кг), которые остаются после рафинирования и отбеливания и могут отравить катализатор гидрирования [68].

Рапсовое масло является натуральным вымороженным маслом, не требующим фракционирования для удаления твердой фракции, которая могла бы кристаллизоваться при холодных температурах. Однако для повышения эксплуатационной эффективности большинство дробилок производят мякту рапса для экстракции растворителем из необрушенного масличного сырья. Оболочка семян содержит воски, растворимые в масле. Эти воски затвердевают при предпродажном хранении масла в бутылках в розничной торговле, что выглядит как помутнение или слой затвердевшего вещества. Для салатных масел воски удаляют путем депарафинизации.

Формирование крупных β -кристаллов ограничивает дозировку гидрогенизированного рапсового масла в рецептурах маргарина и шортенинга. Быстрое формирование кристаллов гидрогенизированного рапсового масла приводит к песчанистой или зернистой консистенции, если полиморфная форма не изменяется в результате добавления вещества, способствующего образованию β' -кристаллической формы.

1.16.2. Генетически модифицированное рапсовое масло

После успешной разработки и внедрения канолы попытки генетической модификации сосредоточились на улучшенных гибридах канолы. Агрономические цели — увеличение сбора масла, повышение морозостойкости, увеличение содержания масла и мякти, повышение сопротивляемости болезням, насекомым и устойчивости к гербицидам, в большинстве случаев достигались путем использования технологий генной инженерии. Достили своих целей программы дальнейшей модификации жирнокислотных профилей. Были получены модификации масличного семени с пониженным содержанием предельных и линоленовой кислот, с повышенным содержанием олеиновой и предельных жирных кислот, а также разновидности рапса с высоким содержанием лауриновой кислоты. В табл. 1.16 результаты некоторых модификаций сравниваются с обычным пищевым рапсовым маслом [51]. Высоко-лауриновое рапсовое масло могло бы вырабатываться промышленностью, но, по всей видимости, оно было не в состоянии получить признание потребителя. Этот провал был связан с экономическими моментами, а не с функциональными свойствами продукта.

Таблица 1.16. Жирнокислотный состав генетически модифицированного рапсового масла

Наименование ЖК	Содержание ЖК, %			
	обычное пищевое	низко-линовенное	высоко-олеиновое	лауриновое
Лауриновая C _{12:0}	0	0	0	37,0
Миристиновая C _{14:0}	0,1	0,1	0,1	4,4
Пальмитиновая C _{16:0}	4,2	3,8	3,0	3,2
Пальмитолеиновая C _{16:1}	0,3	0,3	0,3	0,3
Стеариновая C _{18:0}	2,3	2,4	2,0	1,3
Олеиновая C _{18:1}	62,5	64,1	73,7	31,5
Линолевая C _{18:2}	19,2	23,8	14,4	13,1
Линоленовая C _{18:3}	7,9	2,1	2,9	6,7
Арахиновая C _{20:0}	0,7	0,7	0,7	0,5
Гадолиновая C _{20:1}	1,3	1,2	1,4	1,0
Эйкозадиеновая C _{20:2}	0,1	0,1	0,1	0,1
Бегеновая C _{22:0}	0,3	0,3	0,3	0,3
Эруковая C _{22:1}	0,3	0,3	0,1	0,2
Лигноцериновая C _{24:0}	0	0	0,2	0
Ацетэруковая C _{24:1}	0,2	0,2	0,2	0,1
Расчетное йодное число, г J _y /100 г	109,5	103,6	97,7	38,8

1.17. Оливковое масло

Оливковое дерево, *Olea europaea L.*, способно расти в течение нескольких сотен лет, оно буйно разрастается в умеренном и тропическом климате. Хотя его происхождение неизвестно, вероятно, первоначально оно выращивалось в древнем Иране и Туркестане, затем распространилось к западу от Анатолии, Сирии и Израиля. При археологических раскопках в Израиле были обнаружены остатки оливкового дерева, относящиеся к 42 980 г. до н. э. Видимо, в среднем и позднем Бронзовом веке оливки выращивались во всем регионе, граничащем со Средиземноморьем, — от Палестины и Сирии до Греции.

Международный совет по оливковому маслу (*International Olive Oil Council*) опубликовал следующие определения оливкового масла [69]:

- оливковое масло первого холодного прессования или сорта «вирджин» (*virgin*) — масло, полученное из плодов оливкового дерева механическим или другим физическим способом при условиях, особенно термических, не вызывающих изменения масла. Оливковое масло первого прессования, пригодное для употребления и называемое «натуральным», далее разграничивается следующим образом:
 - оливковое масло сорта «вирджин экстра» (*extra virgin*) — масло, которое имеет органолептическую оценку 6,5 и более, содержание свободных жирных кислот не превышает 1,0%;
 - оливковое масло сорта «вирджин файн» (*fine virgin*) — масло, которое имеет органолептическую оценку 5,5 и более, содержание свободных жирных кислот не превышает 1,5%;
 - оливковое масло сорта «семифайн вирджин» (*semifine virgin*) — масло, которое имеет органолептическую оценку 3,5 и более, содержание свободных жирных кислот не превышает 3,3%;
- оливковое масло первого прессования с органолептической оценкой ниже 3,5 или с содержанием свободных жирных кислот выше 3,3% считаются непригодным для употребления в пищевых целях. Оно используется для производства рафинированного оливкового масла или для непищевого применения;
- рафинированное оливковое масло является маслом, полученным из оливкового масла первого прессования методами рафинации, не вызывающими изменений в начальном строении триглицеридов;
- оливковое масло может состоять из смеси рафинированного оливкового масла и масла первого отжима в различных соотношениях.

1.17.1. Состав и физические свойства оливкового масла

Оливковое масло обычно имеет зеленовато-желтый цвет и характерный оливковый вкус и запах. Цвет масла связан главным образом с присутствием хлорофилла и феофитина, которые также обеспечивают защиту от окисления в темноте. Каротиноиды тоже вносят вклад в формирование цвета и защищают масло от фотоокисления. Особый аромат и вкус оливкового масла создают множество летучих соединений,

присутствующих в чрезвычайно малых концентрациях. Обычно на профиль летучих соединений влияет сорт оливок, зрелость плодов¹, методы культивирования и параметры прессования оливок.

Хорошие марки оливкового масла используются без обычной обработки пищевых масел после извлечения. Высокое содержание свободных жирных кислот в оливковом масле может объясняться повреждениями плодов во время сбора урожая или высокой влажностью оливковых плодов, которая благоприятствует ферментативной активности. Индикатором низкокачественного оливкового масла является либо высокое содержание свободных жирных кислот, либо наличие диглицеридов. Оливковое масло сорта «вирджин» имеет очень высокую стоимость по сравнению с другими растительными маслами, что обеспечивает сильный экономический стимул для его фальсификации. Исследования жирнокислотного состава не позволяют четко выявить подделку; профиля триглицеридов предоставают более точные признаки фальсификации. Типичные характеристики оливкового масла приведены в табл. 1.17 [8, 12, 13, 70].

Оливковое масло состоит из триглицеридов, содержащих главным образом непредельную олеиновую кислоту. Только 10–18% жирных кислот оливкового масла являются насыщенными. Содержание олеиновой кислоты изменяется в зависимости от места произрастания и климата. Подобно большинству других растительных масел, в оливковом масле образуется больше непредельных жирных кислот в холодном климате и при раннем созревании плодов. Высокое содержание олеиновой кислоты и низкое линолевой повышают устойчивость оливкового масла к окислению, которая выше, чем у большинства жидких масел. Оливковое масло первого прессования имеет низкое содержание токоферола: 63–135 мг/кг α-токоферола, в зависимости от степени зрелости плодов, но по отношению к уровню полиненасыщенных жирных кислот такое количество идеально. Дополнительное повышение окислительной стабильности обеспечивают хлорофиллы, которые разлагаются на феофитины. Из других растительных масел полифенолы обычно удаляются во время обработки [8]. Свет вызывает значительное ухудшение качества оливкового масла в присутствии воздуха. У масла появляется окисленный привкус, оно становится бесцветным вследствие разрушения хлорофилла и каротина. Для оливкового масла в герметично закрытых стеклянных бутылках, хранящихся в темноте, был установлен предельный срок хранения, превышающий 2 года [71].

1.18. Пальмовое масло

Основная масличная пальма, *Elaeis guineensis*, которая происходит из Западной Африки, распространена на большей части тропического и субтропического пояса, но особенно широко — в Малайзии и Индонезии. Она особенно пышно растет

¹ Масло первого холодного отжима, как правило, получают прессованием зеленых оливок. Масло, полученное из созревших плодов, которые в России принято называть маслинами, имеет более насыщенный вкус и аромат. — Примеч. ред.

Таблица 1.17. Состав оливкового масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 25 °С и t воды 25 °С	—	От 0,909 до 0,915
Показатель преломления, 25 °С	—	От 1,4680 до 1,4705
Йодное число, г J ₂ /100 г	82,0	От 80,0 до 88,0
Число омыления	—	От 188 до 196
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 0,4 до 1,1
Титр, °С	—	От 17,0 до 26,0
Температура плавления, °С	0,0	—
Температура затвердевания, °С	—	От +2,0 до -6,0
Температура помутнения, °С	-5,6	—
Холодный тест, ч	Нет	—
Массовая доля восков, мг/кг	350	—
Массовая доля хлорофилла, мг/кг	—	От 10 до 30
Индукционный период по МАК, ч	22,0	—
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α -токоферол	103	От 63 до 135
γ -токоферол	8	От 7 до 15
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	—	До 0,1
пальмитиновая C _{16:0}	9,0	От 7,5 до 20,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,6	От 0,3 до 3,5
маргариновая C _{17:0}	—	До 0,3
маргаринолеиновая C _{17:1}	—	До 0,3
стеариновая C _{18:0}	2,7	От 0,5 до 5,0
олеиновая C _{18:1}	80,3	От 55,0 до 83,0
линовая C _{18:2}	6,3	От 3,5 до 21,0
линооленовая C _{18:3}	0,7	До 0,9
арахиновая C _{20:0}	0,4	До 0,6
гадолеиновая C _{20:1}	—	От 0,1 до 0,4
бензеновая C _{22:0}	—	До 0,2
лигноцериновая C _{24:0}	—	До 0,3
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	0	—
динасыщенные GS2U	5,6	От 0 до 6,0
мононасыщенные GSU2	38,3	От 20,5 до 54,0
триненасыщенные GU3	56,7	От 52,5 до 79,0
Кристаллическая форма гидрогенизированного масла	β	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

в полосе шириной 10° от экватора. Масличное пальмовое дерево имеет такой же вид, как финиковая пальма — большая колонна перистых ветвей, растущих от крепкого ствола. Плоды растут на ветках, весящих от 10 до 50 кг, и на каждой находятся 800–2000 отдельных плодов. Плод состоит из внешней мякоти, из которой получают сырое пальмовое масло, внутренней оболочки, используемой как топливо, и двух или трех ядер, которые являются сырьем для получения другого типа масла: пальмоядрового [72].

1.18.1. Состав и физические свойства пальмового масла

Пальмовое масло, состоящее главным образом из триглицеридов пальмитиновой и олеиновой кислот, при комнатной температуре имеет полутвердую консистенцию. Сыре пальмовое масло имеет глубокий оранжево-красный цвет, в основном за счет высокого содержания каротина — 500–700 мг/кг, состоящего на 90% из альфа- и бета-каротина. Интенсивность темно-красного цвета может быть снижена путем теплового отбеливания до низкого уровня, при котором каротин не окисляется и стабилизируется, при нарушении условий обработки в сыром пальмовом масле может появиться коричневый цвет, который очень трудно удаляется. Красное пальмовое масло, обработанное низкотемпературной дистилляцией для сохранности каротина, продаётся как масло, полезное для здоровья, и используется как натуральный пигмент для маргарина и шортенинга.

Сыре пальмовое масло имеет характерный «ореховый» или «фруктовый» вкус, легко удаляющийся при обработке паром. Было обнаружено, что для пальмового масла физическая рафинация намного лучше, чем щелочная. В некоторой степени защита от окисления обеспечивается присутствием смеси природных антиоксидантов: токотриенолов, на которые приходится 73% антиокислительной активности, и токоферолов (27%) при их суммарном содержании 600–1000 мг/кг. При физической рафинации содержание этих антиоксидантов понижается примерно наполовину. При окислении обработанного пальмового масла обычно образуется тонкий, своеобразный фиалковый аромат. На окислительную устойчивость пальмового масла влияет присутствие больших количеств бета-каротина, который действует как ускоритель окисления даже в присутствии токоферола и токотриенола, поэтому при хранении лучшие показатели наблюдаются у полностью рафинированного и отбеленного пальмового масла, а не сырого. Типичные характеристики неочищенного пальмового масла представлены в табл. 1.18 [73, 74].

Пальмовое масло имеет характерный жирнокислотный состав, довольно отличный от других торговых масел: оно содержит почти равные части насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Уникальность этого растительного масла в том, что значительное количество насыщенных жирных кислот (10–16%) занимает в триглицеридах положение *sn*-2. Оно также отличается от других масел очень высоким содержанием пальмитиновой кислоты. Это сравнимо с показателем для хлопкового масла (21,6%), которое занимает второе место по содержанию пальмитиновой кислоты среди растительных масел, используемых в США. Гидрогенизи-

Таблица 1.18. Состав пальмового масла и его физические свойства

Окончание табл. 1.18

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 50 °C и t воды 25 °C	—	От 0,888 до 0,889
Показатель преломления, 50 °C	—	От 1,455 до 1,456
Йодное число, г J ₂ /100 г	53,0	От 46,0 до 56,0
Число омыления	196	От 190 до 202
Массовая доля неомываемых веществ, %	0,5	От 0,15 до 0,99
Титр, °C	46,3	От 40,7 до 49,0
Температура плавления (каплепадения по Меттлеру), °C	37,5	От 35,5 до 45,0
Температура затвердевания, °C	—	От 35,0 до 42,0
Холодный тест, ч	Нет	—
Массовая доля каротина, мг/кг	—	От 500 до 700
Индукционный период по МАК, ч	54,0	От 53 до 60
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
α-токоферол	172	От 129 до 215
β-токоферол	30	От 22 до 37
γ-токоферол	26	От 19 до 32
δ-токоферол	13	От 10 до 16
Массовая доля токотриенолов, мг/кг:		
α-токотриенол	59	От 44 до 73
β-токотриенол	59	От 44 до 73
γ-токотриенол	350	От 262 до 437
δ-токотриенол	94	От 70 до 117
Жирнокислотный состав, %:		
лауриновая C _{12:0}	0,2	От 0,1 до 1,0
миристиновая C _{14:0}	1,1	От 0,9 до 1,5
пальмитиновая C _{16:0}	44,0	От 41,8 до 46,8
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,12	От 0,1 до 0,3
стеариновая C _{18:0}	4,5	От 4,5 до 5,1
олеиновая C _{18:1}	39,2	От 37,3 до 40,8
линиловая C _{18:2}	10,1	От 9,1 до 11,0
линооленовая C _{18:3}	0,4	0,4 до 0,6
арахиновая C _{20:0}	0,4	От 0,2 до 0,7
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	10,2	От 4,0 до 10,5
динасыщенные GS2U	48,0	От 41,0 до 59,0
мононасыщенные GSU2	34,6	От 32,0 до 54,0
триненасыщенные GU3	6,8	От 3,0 до 12,0
Кристаллическая форма	β'	—

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °C	34,5	От 30,0 до 39,0
21,1 °C	14,0	От 11,5 до 17,0
26,7 °C	11,0	От 8,0 до 14,0
33,3 °C	7,4	От 4,0 до 11,0
37,8 °C	5,6	От 2,5 до 9,0
40,0 °C	4,7	От 2,0 до 7,0

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

рованные твердые жировые основы, полученные из хлопкового и пальмового масел, используются для производства шортенингов с β'-кристаллическими формами.

Структурные и физические свойства пальмового масла подобны свиному, бараньему или говяжьему жиру, однако, если сравнивать только форму кристаллов, оно похоже лишь на говяжий или бараний жир. Пальмовое масло может заменять модифицированный или переэтерифицированный свиной жир, случайным образом изменяющий полиморфную форму кристаллов от β- к β'-форме. Физические свойства неотверженного пальмового масла подобны гидрогенизованным жировым основам, полученным из различных растительных масел, но соответствие формы кристаллов ограничивается гидрогенизованным хлопковым маслом.

Пальмовое масло, по всей видимости, имеет внутренний модификатор кристаллической формы, что проявляется в виде медленной кристаллизации, подтвержденной исследованиями в рентгеновских лучах, выявившими необычно длительное время перехода от α- к β'-форме [75]. Длительное время жизни α-формы вызвано примесями, не являющимися триглицеридами (вероятнее всего, диглицеридами) и присутствием в больших количествах симметричных мононепредельных триглицеридов, в которых жирные кислоты распределены по формуле «насыщенная—ненасыщенная—насыщенная» (SUS) с преобладанием формулы пальмитиновая—олеиновая—пальмитиновая (POP) [76]. В гидрогенизированном пальмовом масле типичная медленная кристаллизация отсутствует. Такое масло с низким йодным числом является превосходной твердой жировой основой шортенингов, помогающей расширять область пластической деформации и устойчивость по отношению к высоким температурам.

Малайзия является ведущим производителем пальмового масла и главным экспортёром обработанного пальмового масла. Пальмовое масло поставляется в сырье виде РДО (рафинированное, дезодорированное, отбеленное), и в виде олеиновой, средней и стеариновой фракций. В табл. 1.19 типичные физические свойства олеиновой и стеариновой фракций сравниваются с обычным пальмовым маслом [77]. Пальмитиновая кислота имеет тенденцию переходить в стеариновую фракцию, однако содержание олеиновой кислоты близко к обычному пальмовому маслу несмотря на фракционирование. Обычно критерием идентификации пальмового

олеина является его температура помутнения, которая должна быть ниже 10 °С. Температурой помутнения называют температуру, при которой масло становится мутно-белым при охлаждении со скоростью 1 °С в минуту. Большинство олеиновых продуктов имеют йодное число в пределах относительно узкого диапазона (56–58), тогда как в стеариновых фракциях этот показатель изменяется в широких пределах (25–49). Диапазоны температур размягчения пальмового стеарина прямо зависят от использованного метода фракционирования: 53–56 °С для фракционирования с детергентом, 50–51 °С для медленного сухого фракционирования и от 46 до 49 °С для ускоренного сухого фракционирования.

Таблица 1.19. Характеристики фракционированного пальмового масла

Характеристика	Фракции пальмового масла		
	Обычное масло	Олеин	Стеарин
Температура размягчения, °С	31,0–38,0	19,0–24,0	44,0–56,0
Титр, °С	42,0–46,0	—	46,0–54,0
Относительная плотность при <i>t</i> масла 50 °С и <i>t</i> воды 25 °С	0,892–0,893	0,909–0,903	—
Относительная плотность при <i>t</i> масла 60 °С и <i>t</i> воды 25 °С	—	—	0,882–0,891
Йодное число, г J ₂ /100 г	51,0–55,0	51,0–61,0	22,0–49,0
Число омыления	190–202	194–202	193–206
Температура помутнения, °С	—	6,0–12,0	—
Массовая доля несмыляемых веществ, %	—	—	0,1–1,0
Содержание твердого жира (метод ЯМР), %, при:			
10 °С	47–56	28–52	54–91
20 °С	20–27	3–9	31–87
30 °С	6–11	0	16–74
40 °С	1–6	—	7–57
50 °С	—	—	0–40
Жирнокислотный состав, %:			
миристиновая C _{14:0}	1–1,5	1–1,5	1–2
пальмитиновая C _{16:0}	42–47	38–42	47–74
стеариновая C _{18:0}	4–5	4–5	4–6
олеиновая C _{18:1}	37–41	40–14	16–37
линовая C _{18:2}	9–11	10–13	3–10

Пальмовое масло содержит 94–98% триглицеридов с незначительным количеством примесей. Большинство примесей концентрируется в олеиновой фракции (т. е. жирные кислоты, диглицериды, каротин, стеролы, токоферолы, токотриеноны, перекиси и другие продукты окисления). Фосфолипиды и металлы типа железа остаются преимущественно в стеариновой фракции, концентрация фосфора

в стеарине может увеличиться в три раза по сравнению с первоначальным уровнем в сыром пальмовом масле [78]. Поэтому стабильность пальмового стеарина обычно понижается (особенно при физической рафинации) в результате низкого содержания токоферолов и токотриенолов и присутствия железа.

1.18.2. Генетически модифицированное пальмовое масло

Урожай пальмового масла в Малайзии за прошлые 50 лет четырехкратно увеличился прежде всего благодаря достижениям в селекции растений. Ранее почти все посадки пальмы были выращены из гибридных семян, полученных традиционными методами скрещивания. Клонирование масличной пальмы *in vitro* (в пробирке) из культур тканей началось около 1977 г. Программы разведения масличных пальм были направлены на повышение выхода плодов, процента межплодника, высокий выход масла и устойчивость к болезням. Однако также рассматривались и другие особенности: меньшая насыщенность масла, более высокое содержание ядер, более низкие деревья, устойчивость к вредителям и увеличения содержания некоторых примесей (каротиноидов, витамина Е, стеролов и т. д.) и др. Недавно попытки разведения масличной пальмы были также сконцентрированы на несколько иной разновидности пальмы, *Elaeis oleifera*, родина которой — Южная Америка. Использование этого вида пальмы дает возможность увеличения непредельности масла до значения йодного числа 85 вместо обычных 53, кроме того, такое пальмовое масло имеет более высокое содержание каротина, токоферола и стерола; ежегодный прирост деревьев в высоту меньше, их сопротивляемость определенным болезням выше. Эта масличная пальма не получила коммерческого признания в результате существенно более низкого выхода масла, чем из африканского сырья. Недавно были представлены гибриды этой культуры, вероятно, элитных линий, что предполагает более высокий выход масла и различный жирнокислотный состав [79].

Производители масличных пальм, подобно исследователям масличных семян, также исследуют потенциал методов генной инженерии. Рассматриваются возможности получения некоторых специальных масел:

- масло с высоким содержанием стеариновой жирной кислоты для производства заменителя масла какао;
- масло с высоким содержанием каротина для получения витамина А и естественного красителя;
- масло с повышенным содержанием токоферола для повышения окислительной стабильности и получения витамина Е;
- масло с более высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот для производства салатных масел [79].

1.19. Кокосовое масло

Кокосовые пальмы, *Cocos nucifera L.*, традиционно растут в прибрежных районах Азии и на Тихоокеанских островах в пределах 20 ° северных и южных широт.

Родина кокосовой пальмы неизвестна, наиболее популярной является теория о том, что кокосовые орехи были принесены морскими течениями и прибились к берегу, где они проросли. Кокосовые орехи требуют температуры произрастания 24–30 °С, никак не меньше 20 °С, с равномерно распределенными ливневыми осадками 1500–2000 мм ежегодно. Деревья начинают приносить плоды в возрасте 5–6 лет и могут продолжать плодоносить до 60 лет. Кокосовые орехи созревают через 9–12 мес., и их можно собирать круглый год, так что работа может быть равномерно распределена в течение года. Филиппины являются самым важным производителем и экспортером, за ними следуют Индонезия, Индия, Шри-Ланка, Малайзия и Таиланд [32]. Копра – это торговое название высушенных кокосовых мякоти и ядер. Первым шагом в получении копры является удаление кожуры со зрелых орехов, обычно выполняемое на плантации вскоре после сбора плодов. После чего орехи открывают для высыхания, чтобы затем получить из них копру. Кокосовое масло извлекают из копры, используя прессование, экстракцию растворителем и другие запатентованные методы.

1.19.1. Состав и физические свойства кокосового масла

Кокосовое масло является коммерчески важным маслом в группе лауриновых жиров. Масла лауриновой группы существенно отличаются от других жиров и масел тем, что они резко переходят от хрупкого состояния к жидкому в пределах узкого температурного диапазона. Кокосовое масло – твердое ломкое вещество при температуре окружающей среды до 21,1 °С, но оно быстро и полностью плавится при температуре ниже температуры тела. Жиры с низкой температурой плавления оставляют чистое, прохладное, несальное ощущение на поверхности рта, которое с трудом сочетается с нелауриновыми маслами. Типичные характеристики кокосового масла приведены в табл. 1.20 [8, 13, 26, 80].

Более 90% жирных кислот кокосового масла являются насыщенными, что объясняет его прекрасную стойкость при окислении. Это самый богатый источник триглицеридов с низкомолекулярными жирными кислотами, имеющими среднюю длину цепи: C₆, C₈ и C₁₀. Благодаря высокому содержанию таких жирных кислот кокосовое масло является главным жировым компонентом продуктов для детского питания и для лечебных пищевых продуктов, предназначенных для людей, которые не усваивают жирные кислоты с более длинными цепями.

Цвет сырого кокосового масла меняется от светло-желтого до коричневато-желтого. В спецификациях NIOP (*National Institute of Oilseed Products* – Национальный институт масличных культур) цветность масла ограничена и не должна превышать 15,0 единиц красного по шкале Ловибонда. С помощью обычных методов обработки получают дезодорированные масла бледно-желтого цвета; в спецификациях NIOP для кокосового масла типа «кохин» установлено предельное значение цветности – максимум 1,0 единиц красного по шкале Ловибонда [10]. Вкус и аромат кокосового масла в значительной степени определяется присутствием малых количеств лактонов, менее 150 мг/кг. Поскольку в кокосовом масле низкое содержание ненасыщенных жирных кислот, оно обладает высокой устойчивостью к окислению,

Таблица 1.20. Состав кокосового масла и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при <i>t</i> масла 30 °С и <i>t</i> воды 30 °С	—	От 0,915 до 0,920
Показатель преломления, 40 °С	—	От 1,4480 до 1,4490
Йодное число, г J ₂ /100 г	10,0	От 7,5 до 10,5
Число омыления	—	От 248 до 264
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 0,1 до 0,8
Титр, °С	—	От 20,0 до 24,0
Температура плавления (каплепадения по Меттлеру), °С	26,5	От 25,0 до 28,0
Температура затвердевания, °С	—	От 14,0 до 22,0
Индукционный период по МАК, ч	150	От 30 до 250
Массовая доля токоферолов, мг/кг:		
γ-токоферол	6	От 3 до 9
Массовая доля токотриенолов, мг/кг:		
α-токотриенол	49	От 27 до 71
Жирнокислотный состав, %:		
капроновая C _{6:0}	0,5	От 0,4 до 0,6
каприловая C _{8:0}	7,8	От 6,9 до 9,4
каприновая C _{10:0}	6,7	От 6,2 до 7,8
лауриновая C _{12:0}	47,5	От 45,9 до 50,3
миристиновая C _{14:0}	18,1	От 16,8 до 19,2
пальмитиновая C _{16:0}	8,8	От 7,7 до 9,7
стеариновая C _{18:0}	2,6	От 2,3 до 3,2
олеиновая C _{18:1}	6,2	От 5,4 до 7,4
линолевая C _{18:2}	1,6	От 1,3 до 2,1
арахиновая C _{20:0}	0,1	До 0,2
гадолеиновая C _{20:1}	Следы	До 0,2
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	84,0	—
динасыщенные GS2U	12,0	—
мононасыщенные GSU2	4,0	—
триненасыщенные GU3	0	—
Кристаллическая форма	β'	—
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °С	54,5	—
21,1 °С	26,6	—
26,7 °С	0	—

Обозначения: G – глицерид; S – насыщенная жирная кислота; U – ненасыщенная жирная кислота.

однако гидролизоваться кокосовое масло будет в 2–10 раз быстрее, чем нормальные масла, при этом появляется неприятный мыльный привкус. Гидролиз кокосового масла в присутствии влаги происходит медленно, но значительно ускоряется в присутствии фермента липазы в пищевом продукте. Сдобное тесто и сухие смеси для кексов являются примером таких продуктов.

1.20. Пальмоядровое масло

Плоды пальмового дерева, *Elaeis guineensis*, являются источником двух совершенно разных видов масла. Внешняя мякоть содержит пальмовое масло, а орех, расположенный внутри плода, содержит 2–3 ядра, которые являются источником пальмоядрового масла. Пальмовое и пальмоядровое масла значительно отличаются по своим характеристикам и свойствам, несмотря на то что их получают из одного и того же растения. Пальмовое масло богато жирными кислотами C_{16} и C_{18} , в то время как пальмоядровое масло богато жирной кислотой C_{12} . Пальмоядровое масло похоже на кокосовое своим светлым цветом, быстрым плавлением и высоким содержанием лауриновой и миристиновой кислот, а также прекрасной окислительной стабильностью, обусловленной низким уровнем ненасыщенных жирных кислот.

Ядро пальмы является побочным продуктом при производстве пальмового масла. Ядра составляют приблизительно 45–48% пальмового ореха. После стерилизации орехи отделяют от грозди плодов. Этот процесс может быть ответственным за окисление и изменение цвета, которые воздействуют на способность к отбелению экстрагированного масла, если их должным образом не контролировать. После отделения орехи высушивают и раскалывают, а ядра отделяют от оболочек. Пальмоядровое масло извлекается механическим способом путем отжима на шнековом прессе, экстракцией растворителем или форпрессованием с последующей экстракцией растворителем. Чтобы разрушить маслосодержащие клетки, перед экстракцией ядра очищают и плющат с использованием различных методов. После экстракции все оставшиеся растительные, твердые частицы или другие примеси удаляют при помощи фильтр-пресса [81].

Программы разведения малазийской масличной пальмы особое внимание уделяют содержанию мясистой части плода (мезокарния), содержащего пальмовое масло, за счет снижения выхода пальмоядрового масла. Содержание ядра по отношению к грозди в современных посадках масличной пальмы составляет 4–8%, однако сейчас разработаны новые виды посадочных материалов, в которых это соотношение превышает 10% [82].

1.20.1. Состав и физические свойства пальмоядрового масла

Типичные физические свойства и характеристики пальмоядрового масла приведены в табл. 1.21 [8, 13, 29, 73, 83].

Пальмоядровое и кокосовое масла несколько похожи по своим физическим свойствам. Их жирнокислотные составы весьма схожи, количество основной жир-

Таблица 1.21. Состав и физические свойства пальмоядрового масла

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 40 °C и t воды 20 °C	—	От 0,860 до 0,873
Показатель преломления, 40 °C	1,451	От 1,448 до 1,452
Йодное число, г $J_2/100$ г	17,8	От 16,2 до 19,2
Число омыления	245	От 243 до 249
Массовая доля неомываемых веществ, %	0,3	От 0,3 до 0,5
Титр, °C	—	От 20,0 до 29,0
Температура плавления (каплепадения по Меттлеру), °C	28,3	От 26,8 до 29,8
Температура затвердевания, °C	—	От 20,0 до 24,0
Индукционный период по МАК, ч	100 и более	От 15 до 100 и более
Массовая доля токоферолов, мг/кг	3	От 3 до 10
Жирнокислотный состав, %:		
капроновая $C_{6:0}$	0,2	От 0,1 до 0,5
каприловая $C_{8:0}$	3,3	От 3,4 до 5,9
каприновая $C_{10:0}$	3,4	От 3,3 до 4,4
лауриновая $C_{12:0}$	48,2	От 46,3 до 51,1
миристиновая $C_{14:0}$	16,2	От 14,3 до 16,8
пальмитиновая $C_{16:0}$	8,4	От 6,5 до 8,9
стеариновая $C_{18:0}$	2,5	От 1,6 до 2,6
олеиновая $C_{18:1}$	15,3	От 13,2 до 16,4
линолевая $C_{18:2}$	2,3	От 2,2 до 3,4
арахиновая $C_{20:0}$	0,1	Следы, до 0,9
гадолеиновая $C_{20:1}$	0,1	Следы, до 0,9
Кристаллическая форма	β'	—
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °C	48,0	—
21,1 °C	31,0	—
26,7 °C	11,0	—
33,3 °C	0	—

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота.

ной кислоты, лауриновой, почти одинаково. Однако небольшие различия в их свойствах имеют определенное значение. В пальмоядровом масле содержится меньше жирных кислот со средней длиной цепи и немного больше олеиновой кислоты. Более высокий уровень мононенасыщенных жирных кислот обуславливает более высокое йодное число и температуру плавления.

Лауриновые жиры относятся к наиболее стойким маслам и жирам, поскольку низкое содержание ненасыщенных жирных кислот уменьшает возможность окисления. Однако в пальмовом ядре может появиться привкус, характеризующийся как вяжущий и неприятный. Жирные кислоты с короткой цепочкой дают неприятный мыльный привкус, когда триглицериды расщепляются с образованием свободных жирных кислот. Рецепторы на небе человека очень чувствительны к низким уровням свободных капроновой и каприловой жирных кислот. Мыльный привкус и запах лауриновых масел становится серьезной проблемой для продуктов с высокой влажностью.

Лауриновые масла существенно отличаются от других пищевых жиров и масел. Они являются твердыми жирами при комнатной температуре, но быстро и полностью расплываются при температуре ниже температуры тела и тают во рту. Высокие уровни относительно низкомолекулярных насыщенных жирных кислот, составляющих более 50% в жирнокислотном составе пальмоядерового масла, являются причиной характерных свойств. Быстрое плавление, низкая температура плавления и малое количество ненасыщенных жирных кислот является причиной особенной пригодности пальмоядерового и кокосового масел в качестве жиров для пищевых продуктов с низкой влажностью и для применения в качестве кондитерских жиров и масла для опрыскивания, в начинках конфет и печенья, при обжаривании орехов, производстве растительных сливок [84, 85].

1.21. Свиной жир

Мясо было основной пищей человека в течение тысяч лет, и использование животного жира в процессе приготовления пищи простирается в глубокую древность. Свиньи, овцы и рогатый скот, привезенные в Северную Америку из Европы в XV и XVI веках, были предками сегодняшних сельскохозяйственных животных мясных пород. Жировая ткань животных мясных пород, которая не является частью туши или отделена от нее во время подготовки туши к продаже, является сырьем, из которого вытапливают свиной, говяжий и бараний жир. В течение многих поколений свиной жир использовался для приготовления сдобного и взбитого теста, поскольку он пластичен при комнатной температуре, что позволяет растирать и взбивать его с сахаром и яичным желтком. Периодически возникавший дефицит свиного жира способствовал развитию его заменителей на основе растительных масел. В конечном счете были разработаны продукты, более удобные в применении для выпечки, чем свиной жир.

1.21.1. Физические свойства и состав свиного жира

Состав и физические свойства свиного жира (лярда), полученного из жировой ткани свиней (*Sus scrofa*), имеют широкий диапазон в зависимости от рациона кормления животного, климата, в котором его выращивали, строения его тела. Свиньи — моножелудочные животные, и их жировые запасы тесно связаны с веществами, поступа-

ющими в процессе питания. Следовательно, степень ненасыщенности свиного жира зависит от количества и состава жирных кислот, содержащихся в корме. Типичные физические свойства и состав свиного жира приведены в табл. 1.22 [29, 86, 87].

Таблица 1.22. Физические свойства свиного жира и его состав

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 40 °C и t воды 20 °C	—	От 0,896 до 0,904
Показатель преломления, 40 °C	57,0	От 45,0 до 70,0
Йодное число, г J ₂ /100 г	—	От 192 до 203
Число омыления	—	До 1,0
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 32,0 до 45,0
Титр, °C	32,5	От 31,5 до 33,0
Температура плавления (каплепадения по Меттлеру), °C	—	От 4,0 до -2,0
Температура затвердевания, °C	4,0	—
Индукционный период по МАК, ч	—	—
Жирнокислотный состав, %:		
каприновая C _{10:0}	0,1	—
лауриновая C _{12:0}	0,1	—
миристиновая C _{14:0}	1,5	От 0,5 до 2,5
миристолеиновая C _{14:1}	—	До 0,2
пентадекановая C _{15:0}	0,1	До 0,1
пальмитиловая C _{16:0}	26,0	От 20,0 до 32,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	3,3	От 1,7 до 5,0
маргариновая C _{17:0}	0,4	До 0,5
маргаролеиновая C _{17:1}	0,2	До 0,5
стеариновая C _{18:0}	13,5	От 5,0 до 24,0
олеиновая C _{18:1}	43,9	От 36,0 до 62,0
линовая C _{18:2}	9,5	От 3,0 до 16,0
линовеновая C _{18:3}	0,4	До 1,5
арахиновая C _{20:0}	0,2	До 1,0
гадолеиновая C _{20:1}	0,7	До 1,0
эйкозадиеновая C _{20:2}	0,1	До 1,0
эйкозатетраеновая C _{20:4}	—	До 1,0
бегеновая C _{22:0}	—	До 0,1
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	—	От 2,0 до 5,0
динасыщенные GS2U	—	От 25,0 до 35,0
мононасыщенные CSU2	—	От 50,0 до 60,0
трииненасыщенные GU3	—	От 10,0 до 30,0

Окончание табл. 1.18

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Кристаллическая форма	β	—
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °C	29,0	От 26,5 до 31,5
21,1 °C	21,6	От 19,5 до 23,5
26,7 °C	15,3	От 13,0 до 17,5
33,3 °C	4,5	От 2,5 до 6,5
37,8 °C	2,8	От 2,0 до 4,0
40,0 °C	2,2	От 1,5 до 3,0

Обозначения: G – глицерид; S – насыщенная жирная кислота; U – ненасыщенная жирная кислота.

Несмотря на то что в свином жире мало полиненасыщенных жирных кислот, его окислительная стабильность не лучше, чем у растительных масел с их высоким содержанием. В свином жире прогоркость появляется при значении перекисного числа 20 ммоль О/кг, тогда как для большинства растительных масел это значение составляет 70–100 ммоль О/кг¹. Это происходит, вероятнее всего, из-за отсутствия природных антиоксидантов в животных жирах. Стабильность свиного жира значительно повышается при внесении антиоксидантов типа бутилгидроксианизола (БОА, BHA), бутилгидрокситолуола (БОТ, BHT), третбутилгидрохинона (ТБГХ, TBHQ) и различных токоферолов наряду с синергистами, связывающими металлы в комплексы, например, с лимонной кислотой.

В триглицеридной структуре свиного жира значительна доля среднеплавких динасыщенных мононенасыщенных триглицеридов. В основной части таких триглицеридов жирные кислоты расположены симметрично, что заставляет свиной жир кристаллизоваться в β -форме. Это свойство ограничивает использование свиного жира лишь теми направлениями, где требуются не структурные свойства, а высокая смазывающая способность. За счет этой способности обеспечивается мягкость и калорийность продуктов при улучшении органолептических показателей, давая чувство насыщения после еды. Главными применениями свиного жира благодаря хорошей смазывающей способности являются хрустящие изделия, дрожжевое тесто и обжаривание во фритюре.

Обычно топленый свиной жир характеруется полупрозрачностью и недостаточной областью пластической деформации. Повышение пластичности с использованием шнекового кристаллизатора-теплообменника не улучшает консистенцию, а лишь усиливает нежелательные мажущиеся свойства. Добавление твердых компонентов позволяет преодолеть эти трудности и получить привлекательный свежий шортенинг с прекрасными технологическими свойствами, но с небольшим

¹ В России в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» максимально допустимое значение перекисного числа в растительных и топленых животных маслах составляет 10 ммоль О/кг. Использование жиров и масел с более высоким перекисным числом в пищевых целях не допускается. — Примеч. ред.

сроком хранения. Со временем, особенно при 26 °C, в результате уникального состава триглицеридов свиного жира в нем развивается зернистость. Свиной жир имеет сильную тенденцию к образованию кристаллов β -формы, которые доминируют при кристаллизации большинства жировых смесей, следовательно, свиной жир не может служить основой для получения продукта с широкой областью пластической деформации и однородной консистенцией, характерной для β' -кристаллической формы.

Характеристики кристаллизации свиного жира могут быть изменены путем катализитической переэтерификации, обычно с метилатом натрия. В динасыщенных (S2U) триглицеридах свиного жира содержится значительное количество пальмитиновой жирной кислоты в положении sn-2. В этом отношении он напоминает жир грудного молока. При случайном распределении (рандомизации) содержание жирной кислоты C_{16:0} в положении sn-2 уменьшается примерно от 64 до 24%; требуется также и другие изменения для того, чтобы свиной жир кристаллизовался в β' -полиморфной форме, а не в β [88]. У пластифицированного продукта, полученного из рандомизированного свиного жира, улучшается внешний вид, поскольку в нем образуется большее количество мелких кристаллов. В результате он лучше сохраняет исходный внешний вид во время хранения, повышается его взбиваемость и пригодность для использования в мучных кондитерских изделиях по сравнению с шортенингом из натурального свиного жира.

1.22. Твердые животные жиры

К твердым жирам относятся бараний и говяжий жиры, получаемые от жвачных животных. В Соединенных Штатах твердые животные жиры получают в основном при переработке крупного рогатого скота, *Bos taurus*, и меньшую часть — при переработке овец *Ovis aries*. Все животные жиры являются побочными продуктами мясной промышленности. Это означает, что на рынок животных жиров в большей степени оказывает влияние производство мяса и мясных продуктов, чем потребность в жирах как в сырье. Использование животных жиров в пищевых продуктах в последнее время уменьшилось в связи с изменением подхода к здоровому питанию. В результате медицинских исследований были разработаны рекомендации по рационам питания, предусматривающие снижение потребления жиров с высоким содержанием насыщенных жирных кислот, холестерина и транс-изомеров жирных кислот. Бараний и говяжий жиры имеют высокий уровень холестерина (около 1000 мг/кг). Почти половина жирных кислот является насыщенными, в заметных количествах существует миристиновая кислота, которая оказывает очень значительное влияние на повышение уровня холестерина в плазме крови. Кроме того, говяжий и бараний жир содержат приблизительно 5% транс-изомеров жирных кислот, образующихся в пищеварительной системе жвачных животных [87, 89].

Говяжий и бараний жир, как и свиной, вполне готовы к употреблению после вытапливания, но большинство производителей после осветления дезодорируют животные жиры. Двумя главными примесями в животных жирах являются белки,

не отделившиеся в процессе вытопки, и свободные жирные кислоты. Перед дезодорацией необходимо удалить белковые вещества, поскольку при перегонке с водяным паром белки становятся черными, и для их удаления требуется отбеливание. Для удаления белковых веществ используются два процесса:

- Фильтрование.** К животным жирам для удаления следов влаги и примесей добавляется диатомовая земля или отбеленная глина, которая затем отфильтровывается.
- Промывание водой.** Животные жиры для удаления белков можно промывать путем внесения приблизительно 10% воды. Промывание водой используется для осветления не так часто, как фильтрование, поскольку это требует дополнительной емкости центрифуги, и большинство животных жиров требуют отбеливания даже после промывания водой.

Говяжий и бараний жиры, очищенные щелочной рафинацией или нейтрализацией, много лет использовались нескользкими ресторанами быстрого питания для жарки картофеля фри. Для получения жирового продукта требуемой чистоты говяжий и бараний жир хорошего качества подвергали щелочной рафинации, двукратному промыванию водой и вакуумной сушке. Нейтрализованный жир содержал не более 0,05% свободных жирных кислот и имел характерный свежий вкус говяжьего и бараньего жира. Единственная цель щелочной рафинации — нейтрализация жирных кислот. Отбеливание и дезодорация жира не производились, поскольку следовало сохранить вкус свежего говяжьего или бараньего жира [90]. Но использование этих жиров было прекращено в связи с обеспокоенностью по поводу уровня холестерина в рационе питания.

1.22.1. Физические свойства и состав твердых животных жиров

Говяжий и бараний жиры содержат очень мало красных или желтых пигментов, но могут иметь насыщенный зеленый цвет, вызванный присутствием хлорофилла¹. Хлорофилл легко удаляется из свежего жира активированной отбеленной землей до полного обесцвечивания. Типичные физические свойства и состав твердых животных жиров представлены в табл. 1.23 [8, 29, 87].

Ряд шортенингов имели в своем составе твердые животные жиры в связи с их физическими свойствами. Эти жиры содержат большие количества насыщенных жирных кислот, придающих ему твердую консистенцию при комнатной температуре. Во многих случаях растительные масла подвергают гидрогенизации для достижения такой же степени насыщенности, обеспечивающей консистенцию и функциональность, характерные для говяжьего и бараньего жира. Геометрическое расположение жирных кислот в триглицеридах твердых животных жиров высоко асимметрично, что наряду с высоким содержанием пальмитиновой жирной кислоты обеспечивает кристаллизацию в β' -форме. Эта форма кристаллической структуры

Таблица 1.23. Физические свойства твердых животных жиров и их состав

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 40 °C и t воды 20 °C	—	От 0,893 до 0,904
Показатель преломления, 40 °C	45,0	От 40,0 до 49,0
Йодное число, г J ₂ /100 г	—	От 190 до 202
Число омыления	—	До 0,8
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	От 40,0 до 49,0
Титр, °C	46,5	От 45,0 до 48,0
Температура плавления (каплепадения по Меттлеру), °C	—	От 31,0 до 38,0
Температура затвердевания, °C	16,0	—
Индукционный период по МАК, ч	—	—
Жирнокислотный состав, %:		
лауриновая C _{12:0}	0,1	До 0,2
миристиновая C _{14:0}	3,2	От 1,4 до 7,8
миристолеиновая (тетрадеценовая) C _{14:1}	0,9	От 0,5 до 1,5
пентадекановая C _{15:0}	0,5	От 1,5 до 1,0
пальмитиновая C _{16:0}	24,3	От 17,0 до 37,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	3,7	От 0,7 до 8,8
гексадекадиеновая C _{16:2}	—	До 1,0
маргариновая C _{17:0}	1,5	От 0,5 до 2,0
маргаролеиновая C _{17:1}	0,8	До 1,0
стеариновая C _{18:0}	18,6	От 6,0 до 40,0
олеиновая C _{18:1}	42,6	От 26,0 до 50,0
линовая C _{18:2}	2,6	От 0,5 до 5,0
липоленовая C _{18:3}	0,7	До 2,5
арахиновая C _{20:0}	0,2	До 0,5
гадолеиновая C _{20:1}	0,3	До 0,5
эйкозатетраеновая C _{20:4}	—	До 0,5
Триглицеридный состав, %:		
тринасыщенные GS3	—	От 15,0 до 8,0
динасыщенные GS2U	—	От 46,0 до 52,0
мононасыщенные GSU2	—	От 0 до 64,0
триненасыщенные GU3	—	От 0 до 2,0
Кристаллическая форма	β'	—
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °C	36,0	От 28,5 до 36,5
21,1 °C	23,5	От 18,0 до 26,0
26,7 °C	21,0	От 16,5 до 29,0
33,3 °C	15,0	От 11,5 до 16,0
37,8 °C	9,5	От 7,0 до 10,5
40,0 °C	7,0	От 4,5 до 8,0

Обозначения: G — глицерид; S — насыщенная жирная кислота; U — ненасыщенная жирная кислота

¹ В говяжьем жире, особенно полученном от старых животных, могут содержаться каротиноиды, придающие ему желтоватый цвет. — Примеч. ред.

в сочетании с содержанием твердых жиров и пластичностью обеспечивают хорошую структуру для внедрения при взбивании, а также захват и удержание воздушных пузырьков в процессе и после взбивания. В связи с этим твердые животные жиры имеют функциональные свойства, идеально соответствующие случаям, требующим хорошей смазывающей способности и структуры, например, в кексах и тортах, гла-зури и сдобном тесте. Структурные свойства говяжьего и бараньего жиров могут быть использованы путем смешивания с растительными маслами при производстве жировых продуктов, предназначенных для маргарина, пресного и дрожжевого слоеного теста, а также для других мучных изделий, в процессе изготовления которых требуется раскатывание теста. Эти смеси имеют кривые плавления, обеспечивающие хорошую раскатываемость, хлопьевидную структуру и необходимое увеличение объема готовых изделий [91].

Твердые животные жиры не содержат никаких природных антиоксидантов, и даже при низких уровнях линоленовой и линоловой кислот возможно изменение вкуса в результате окислительной порчи. Окислившийся жир имеет довольно не- приятный вкус и аромат, подобный старой говядине или жареной бааранине. Для твердых животных жиров применяются те же системы антиоксидантов, которые эффективны для свиного жира (т. е. БОА и БОТ или ТБГХ совместно с комплексо- образователями типа лимонной кислоты).

1.23. Молочный жир

Традиционно молочный жир всегда имел наиболее высокую экономическую ценность по сравнению с другими молочными компонентами, что делало его экономически невыгодным по сравнению с другими пищевыми жирами и масложировыми продуктами. Как правило, коровье молоко содержит 3,7% жира. Сливочное масло, используемое для намазывания и содержащее не менее 80% молочного жира, является эмульсией воды в масле и вырабатывается из молока или сливок. Молочный жир может предлагаться также в двух других формах: в виде чистого обезвоженного молочного жира и топленого масла. Чистый обезвоженный молочный жир получают отделением жира непосредственно из молока или сливок, а топленое масло — путем удаления влаги из сливочного масла.

Состав молочного жира несколько более сложен, чем других жиров и масел. Триглицериды составляют приблизительно 98% молочного жира, остальная часть состоит из ди- и моноглицеридов, фосфолипидов, цереброзидов, холестерина, витаминов, токоферолов, каротина и вкусовых компонентов. Жирнокислотный состав молочного жира гораздо шире, чем любых других жиров животного или растительного происхождения. Коровий молочный жир, как известно, содержит более 500 различных жирных кислот. Большинство этих жирных кислот присутствуют в чрезвычайно низких количествах, но некоторые из таких минорных компонентов очень важны, например, лактоны, участвующие в образовании уникального вкуса.

Жирнокислотный состав молочного жира зависит от рациона питания и породы коров, причем кормление имеет наибольшее влияние. При переходе от зимних

условий кормления к летнему пастбищному содержанию может увеличиться количество ненасыщенных жирных кислот и уменьшиться насыщенных жирных кислот. Обычно содержание олеиновой кислоты ($C_{18:1}$) увеличивается за счет масляной ($C_{4:0}$) и стеариновой ($C_{18:0}$). Жирнокислотный состав молочного жира может быть модифицирован путем разработки рационов питания коров, обогащенных различными жирными кислотами. Недокармливание приводит к снижению количества летучих жирных кислот: масляной ($C_{4:0}$) и капроновой ($C_{6:0}$) при увеличении содержания олеиновой ($C_{18:1}$) кислоты. Как правило, молочный жир коров джерсейской породы имеет более высокое содержание летучих жирных кислот, чем голштинской, эрширской или шортгорнской породы [92].

1.23.1. Физические свойства и состав молочного жира

Молочный жир отличается от других жиров, кроме лауриновых, низким средним молекулярным весом его жирных кислот, что заметно по высокому числу омыления и низкому показателю преломления. Чистый обезвоженный молочный жир отличается от лауриновых масел более высоким содержанием летучих жирных кислот (т. е. от масляной до каприновой). Молочный жир жвачных животных содержит полиненасыщенные жирные кислоты в относительно низких концентрациях в результате биогидрогенизации липидов в рубце. Процесс биогидрогенизации также вызывает переход 4–8% ненасыщенных жирных кислот в *транс*-конфигурацию, главным образом мононенасыщенных кислот C_{16} и C_{18} [86]. Физические свойства и состав молочного жира приведены в табл. 1.24 [8, 29, 93].

Вкус в натуральном виде и после термической обработки является самым важным признаком молочного жира. В молочных продуктах типа молока, сливок, мороженого и сливочного масла целью является сохранение мягкого нежного вкуса, характерного для жира свежего молока, однако в процессе кулинарной обработки, выпечки и многих других видов термической обработки целью является получение сливочного, сырного и карамельного вкуса, появляющегося после нагревания молочного жира. Этот важное свойство молочного жира препятствует применению большинства обычных промышленных технологий переработки жиров и масел, которые могут существенно изменить или полностью разрушить уникальные вкусовые компоненты.

Вкус пищи является совокупностью, по крайней мере, трех факторов: аромата, вкуса и текстуры. Жирнокислотный состав молочного жира определяет особенности его плавления и отвердевания, т. е. текстуру продукта. Вкус и аромат молочного жира определяются сочетанием многообразных соединений, хотя присутствующие в чистом обезвоженном молочном жире в относительно малых количествах алифатические лактоны частично отвечают за характерный приятный аромат сливочного масла. При хранении масла происходит постепенное, но постоянное увеличение общего содержания лактонов, что приводит к усилиению аромата даже при холодильном хранении. В соответствии с этими данными летучие жирные кислоты от C_4 до C_{10} и лактоны считаются веществами, определяющими приятный, неокисленный вкус и характерный для молочного жира аромат [92].

Таблица 1.24. Состав молочного жира и его физические свойства

Характеристика	Обычное значение	Диапазон колебаний
Относительная плотность при t масла 40°C и t воды 20°C	—	От 0,907 до 0,912
Показатель преломления, 60°C	1,4465	—
Йодное число, г $\text{J}_2/100\text{ г}$	34,0	От 25,0 до 42,0
Число омыления	—	От 210 до 250
Массовая доля неомываемых веществ, %	—	До 0,4
Титр, $^{\circ}\text{С}$	34,0	—
Температура плавления (капленадения по Меттлеру), $^{\circ}\text{С}$	35,0	От 28,0 до 36,0
Температура затвердевания, $^{\circ}\text{С}$	—	От 9,0 до 24,5
Индукционный период по МАК, ч	42,0	—
Состав жирных кислот (%):		
масляная $\text{C}_{4:0}$	3,6	От 2,8 до 4,0
капроновая $\text{C}_{6:0}$	2,2	От 1,4 до 3,0
каприловая $\text{C}_{8:0}$	1,2	От 0,5 до 1,7
каприновая $\text{C}_{10:0}$	2,5	От 1,7 до 3,2
декеновая $\text{C}_{10:1}$	—	От 0,1 до 0,3
лауриновая $\text{C}_{12:0}$	2,9	От 2,2 до 4,5
додценовая $\text{C}_{12:1}$	—	От 0,1 до 0,6
миристиновая $\text{C}_{14:0}$	10,8	От 5,4 до 14,6
тетрадеценовая $\text{C}_{14:1}$	0,8	От 0,6 до 1,6
пентадекановая $\text{C}_{15:0}$	2,1	—
пальмитиновая $\text{C}_{16:0}$	26,9	От 26,0 до 41,0
пальмитолеиновая $\text{C}_{16:1}$	2,0	От 2,8 до 5,7
маргариновая $\text{C}_{17:0}$	0,7	—
стеариновая $\text{C}_{18:0}$	12,1	От 6,1 до 12,5
олеиновая $\text{C}_{18:1}$	28,5	От 18,7 до 33,4
линовая $\text{C}_{18:2}$	3,2	От 0,9 до 3,7
линоleinовая $\text{C}_{18:3}$	0,4	—
гадолеиновая $\text{C}_{20:1}/\text{C}_{22:1}$	0,1	От 0,8 до 3,0
Кристаллическая форма	β'	—
Содержание ТТГ, %, при:		
$10,0^{\circ}\text{C}$	33,0	—
$21,1^{\circ}\text{C}$	14,0	—
$26,7^{\circ}\text{C}$	10,0	—
$33,3^{\circ}\text{C}$	3,0	—
$40,0^{\circ}\text{C}$	0	—

Поскольку сливочное масло дороже большинства других жиров, его использование ограничено теми продуктами, в которых соответствующий маслу вкус и аромат важен для получения продукта преемлемого качества, использования продукта или же имеет рекламное или маркетинговое значение. Возможности молочного жира как сырья для большинства производителей масложировой продукции ограничены, поскольку большинство технологических процессов устраняют или существенно изменяют вкусовые признаки. В Соединенных Штатах молочный жир используют в виде смесей с маргарином, в некоторых случаях с другими жировыми продуктами, прежде всего в качестве вкусоароматической добавки.

В Европе и Японии используется процесс, изменяющий консистенцию молочного жира без ухудшения органолептических показателей. В отличие от большинства обычных методов изменения консистенции жира, сухое фракционирование не устраивает вкус и аромат молочного жира, и не изменяет жирнокислотный профиль. При использовании этого процесса вкусоароматические свойства и β' -полиморфная кристаллическая форма сохраняются как в стеариновой, так и в олеиновой фракциях молочного жира. Стеариновая фракция применяется в качестве жира для слоения в пресном и дрожжевом слоеном тесте, круассанах и других выпеченных продуктах, а также в составе глазури. Олеиновые фракции используются в печенье и молочных продуктах, а также смешиваются с другими пищевыми маслами для изготовления мягких столовых спредов в пластиковой упаковке [94].

Литература

1. O'Brien, R. D. Fats and oils: an overview // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. – 2nd ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 1–6.
2. Markey, K. S. Historical and general // *Fatty Acids* / Markey, K. S., ed. – 2nd ed. – New York: Interscience Publishers, 1960. – P. 2–3.
3. *Oil Crops Situation and Outlook Yearbook* / U.S. Department of Agriculture Economic Research Service. – Washington, D.C.: USDA, 2002. – P. 26, 36, 39, 45, 47, 50, 53, 61, 68.
4. *Fats and Oils Situation* / U.S. Department of Agriculture Economic Research Service. – Washington, D.C.: USDA, 1985. – P. 8.
5. *Fats and Oils Situation* / U.S. Department of Agriculture Economic Research Service. – Washington, D.C., USDA, 1977. – P. 14.
6. Wan, P. J. Properties of fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. – 2nd ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 21–24.
7. Sonntag, N. O. V. Structure and composition of fats and oils // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. – Vol. 1. – 4th ed. – New York: Wiley-Interscience, 1979. – P. 3–4, 21, 292–317, 319, 342–368, 374–387, 389–403.
8. Wakins, C. Cholesterol: the molecular Dr. Jekyll and Mr. Hyde // *INFORM*, 2002, 13, 886–888.
9. Dijkstra, A. J. Degumming, refining, washing and drying of fats and oils // *Processing of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* / Applewhite, T. H., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1993. – P. 138–151.
10. Firestone, D. *Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes* – Champaign, IL: AOCS Press, 1999. – P. 29, 32, 67, 69, 71, 75, 85, 88, 95, 99, 121, 131, 144.
11. White, P. J. Flavor quality of fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. A., Wan, P. J., eds. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 354–357.

12. Bagge, C. Techniques for enhancing quality in edible oil processing // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* / Applewhite, T. H., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1993. — P. 198.
13. Harper, T. Recent developments in chemical and physical refining // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. F., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2001. — P. 25.
14. Smith, K. J., Polen, P. B., DeVries, D. M., Coon, F. B. Removal of chlorinated pesticides from crude vegetable oils by simulated commercial processing procedures // *JAOCs*, 1968, 45, 866–869.
15. Mounts, T. L., Evans, C. D., Dutton, H. J., Cowan, J. C. Some radiochemical experiments on minor constituents in soybean oil // *JAOCs*, 1969, 46, 482–484.
16. Flider, F. J., Orthofer, F. T. Metals in soybean oil // *JAOCs*, 1981, 58, 270–272.
17. Del Vecchio, A. J. High-laurate canola // *INFORM*, 1996, 7, 230–243.
18. High-laurate canola oil sold as boiler fuel // *INFORM*, 2001, 12, 1019.
19. GM acres reach 120 million acres // *INFORM*, 2002, 13, 234.
20. U.S. biotech seed plantings to increase in 2002 // *INFORM*, 2002, 13, 453.
21. Wolf, W. J., Cowan, J. C. Introduction // *Soybeans as a Food Source* — Cleveland, OH: CRC Press, 1971. — P. 9–13.
22. Smith, A. K. Circle, S. J. Historical background // *Soybean's Chemistry and Technology* — Vol. 1 — Westport, CT: AVI Publishing, 1972. — P. 4–6.
23. Dutton, H. J. History of the development of soy oil for edible uses // *JAOCs*, 1981, 58, 234.
24. Erickson, D. R. Soybean oil: update on number one // *JAOCs*, 1983, 60, 356.
25. O'Brien, R. D. Formulation-single feedstock situation // *Hydrogenation Proceedings of an AOCS Colloquium* / Hastein, R., ed. — Champaign, IL: American Oil Chemistry Society, 1987. — P. 153.
26. Weiss, T. J. Commercial oil sources // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CT: AVI Publishing, 1983. — P. 36–40, 45–46.
27. List, G. R., Mounts, T. L., Orthofer, F., Neff, W. E. Potential margarine oils from genetically modified soybeans // *JAOCs*, 1996, 73, 729–732.
28. Gillatt, P. Codex alimentarius' role in world trade // *INFORM*, 1994, 5, 985.
29. *Typical Fatty Acid Composition of Selected Edible Fats and Oils* / Capital City Products Co. — Columbus, OH: Capital City Products Company, 1989.
30. Liu, K. Modifying soybean through plant breeding and genetic engineering // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. F., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2001. — P. 84–89.
31. Liu, K. Soy oil modification: products, applications // *INFORM*, 1999, 10, 868.
32. Jones, L. A., King, C. C. *Cottonseed Oil* — Memphis, TN: National Cottonseed Products Association, Inc.; The Cotton Foundation, 1990. — P. 5–7.
33. Jones, L. A. and King, C. C. *Cottonseed* // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y.H., ed. — 5th ed. — Vol. 2 — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 200–202.
34. O'Brien, R. D. Cottonseed oil // *Vegetable Oils in Food Technology* / Gunstone, F., ed. — Sheffield, U.K.: Blackwell Publishing, 2002. — P. 204–205.
35. World's no. 3 oilseed yields diverse products // *INFORM*, 2000, 11, 820.
36. Chapman, K. D. et al. Transgenic cotton plants with increased seed oleic acid content // *JAOCs*, 2001, 78, 941.
37. CSIRD creates new cottonseed // *INFORM*, 2001, 12, 839.
38. Woodroof, J. G. *Peanuts: Production, Processing, Products* — Westport, CT: AVI Publishing, 1973. — P. 1–8, 247–257.
39. Haumann, B. F. Peanuts find niche in healthy diet // *INFORM*, 998, 9, 746–752, 1.
40. Krishnamurthy, R. G. Witte, V. C., Cooking oils, salad oils, and oil-based dressings // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H., ed. — Vol. 3 — 5th ed. — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 195.
41. Langstraat, A. Characteristics and composition of vegetable oil-bearing materials // *JAOCs*, 1976, 53, 242–244.
42. Branscomb, L., Young, C. *Peanut Oil* / Tifton, GA: Georgia Agricultural Commodity Commission for Peanuts, 1972.
43. Sanders, T. H. Groundnut (peanut) oil // *Vegetable Oils in Food Technology* / Gunstone, F. D., ed. — Boca Raton, FL: CRC Press, 2002. — P. 236.
44. Haumann, B. F. Corn research looks at changing oil content // *INFORM*, 1996, 1, 576.
45. Lisk, G., Steidley K.R., Neff, W.E. Commercial spreads formulation, structureand properties // *INFORM*, 2000, 11, 982.
46. Strecker, L.R. et al. Corn oil // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y.H., ed. — Vol. 2 — 5th ed. — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 128–131.
47. Leibovitz, Z., Ruckenstein, C. Our experiences in processing maize (corn) germ oil // *JAOCs*, 1983, 60, 395.
48. Haumann, B. E. Corn research looks at changing oil content // *INFORM*, 1996, 7, 576.
49. *Sunflower Handbook* — Bismark, ND: The National Sunflower Association, 1991. — P. 4–9, 17–21.
50. Gunstone, F. Sunflower seed and its products // *INFORM*, 2002, 13, 159.
51. Ackman, R. G. Identity characteristics for edible oils — origin, current usefulness, and possible future directions // *INFORM*, 2001, 12, 998.
52. Morrison, W. H. Effects of refining and bleaching on oxidation stability of sunflower oil // *JAOCs*, 1975, 52, 522.
53. Gupta, M. K. NuSun oil: a healthy nontransgenic sunflower oil // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. F., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2001. — P. 80–83.
54. Daun, J. K., Ackman, R. G. Identity of fats and oils // *INFORM*, 2001, 12, 1108.
55. Purdy, R. H. Oxidative stability of high oleic sunflower and safflower oils // *JAOCs*, 1985, 62, 523.
56. National Institute of Oilseed Products Trading Rules 1994–1995 — Washington, D.C.: NIOP, 1995. — P. 85–86, 95–97.
57. Purdy, R. H. et al. Safflower, its development and utilization // *JAOCs*, 1959, 36, 26.
58. Kneeland, J. A. The status of safflower // *JAOCs*, 1966, 43, 403.
59. Terrones, A. Safflower: a specialty oil in the world market // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. F., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2001. — P. 145–150.
60. Blum, J. E. The role of safflower oil in edible oil applications // *JAOCs*, 1966, 43, 416.
61. Smith, J. R. Safflower: due for a rebound? // *JAOCs*, 1985, 62, 1286.
62. Knowles, P. F. The plant geneticist's contribution toward changing lipid and amino acid composition of safflower // *JAOCs*, 1972, 49, 27.
63. Resken, J., Siebrecht, J., Hazebroek, J. Triacylglycerol composition and structure in genetically modified sunflower and soybean oils // *JAOCs*, 1997, 74, 989–997.
64. Fuller, G. et al. Evaluation of oleic safflower in frying of potato chips // *J. Food Sci.*, 1971, 36, 43.
65. Fuller, G. et al. High oleic acid safflower oil: a new stable edible oil // *JAOCs*, 1966, 43, 477.
66. Gunstone, F. Rapeseed (canola) oil now no. 3 in world // *INFORM*, 2001, 12, 985.
67. Vaisey-Genser, M. et al. *Canola Oil Properties and Performance* / Harris, D. F. G., ed. — Winnipeg, Manitoba, Canada: Canola Council, 1987. — P. 1–3, 12.
68. Mag, T. K. Canola oil processing in Canada // *JAOCs*, 1983, 60, 380.
69. Firestone, D., Fedeli, E., Emmons, E. W. Olive oil // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H., ed. — 5th ed. — Vol. 2 — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 241–250.
70. Kiritsakis, A. K. Virgin olive oil composition and its effect on human health // *INFORM*, 2002, 13, 237.
71. Kiritsakkis, A. K. Effect of selected storage conditions and packaging materials on olive oil quality // *JAOCs*, 1984, 61, 1868.

72. Gunstone, E. Palm oil supplying much of world demand for fats and oils // *INFORM*, 2001, 12, 141.
73. Tang, T. S. and Hooh, F. C. Characteristics and properties of Malaysian palm-kernel-based specialty fats // *Proceedings of the World Conference on Lauric Oils: Sources, Processing, and Applications* / Applewhite, T. H., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1994. — P. 84–97.
74. Ariffin, A. et al. *Selected Readings on Palm Oil and Its Uses* — Kuala Lumpur, Malaysia: Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1994. — P. 12, 20, 24–47, 61–66, 73–74.
75. Berger, K. G. Uses of palm oil in the food industry // *Chem. Indust.*, 1975, 910.
76. Duns, M. L. Palm oil in margarines and shortenings // *JAOCS*, 1985, 62, 409.
77. Pantzaris, T. P. V. *Pocketbook of Palm Oil Uses* — Kuala Lumpur, Malaysia: Palm Oil Research Institute of Malaysia, 1988. — P. 9–14.
78. Deffense, E., Fractionation of palm oil // *JAOCS*, 1985, 62, 376.
79. Jalani, B. S. et al. Improvement of palm oil through breeding and biotechnology // *JAOCS*, 1997, 74, 1451.
80. Pantzaris, T. P., Basiron, Y. The lauric (coconut and palm kernel) oils // *Vegetable Oils in Food Technology* / Gunstone, F. D., ed. — Boca Raton, FL: CRC Press, 2002. — P. 157–202.
81. Tang, T. S., Teoh, P. K. Palm kernel oil extraction — the Malaysian experience // *JAOCS*, 1985, 62, 254.
82. Pantzaris, T. P., Ahmad, M. J. Techno-economic aspects of palm kernel oil // *INFORM*, 2001, 12, 69–80.
83. Chong, C. L., Sien, W. L. Chemical and physical properties of palm kernel oil // *Proceedings of the World Conference on Lauric Oils: Sources, Processing, and Applications* / Applewhite, T. H., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1994. — P. 79–83.
84. Young, F. V. K. Palm kernel and coconut oils: analytical characteristics, process technology and uses // *JAOCS*, 1983, 60, 374.
85. Traitler, H., Dieffenbacher, A. Palm oil and palm kernel oil in food products // *JAOCS*, 1985, 62, 420.
86. Swern, D. Plastic shortening agents // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* — 3rd ed. — New York: John Wiley & Sons, 1964. — P. 189, 282–283.
87. Love, J. A. Animal fats // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H., ed. — Vol. 1 — 5th ed. — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 4–5.
88. Sonntag, N. O. V. Fat splitting, esterification, and interesterification // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. — Vol. 2 — 4th ed. — New York: John Wiley & Sons, 1982. — P. 159.
89. Gunstone, E. Animal fats: tallow, lard, and butter // *INFORM*, 2002, 13, 485.
90. Latondress, E. G. Refining, bleaching, and hydrogenating meat fats // *JAOCS*, 1985, 62, 812.
91. Kincs, F. R. Meat fat formulation // *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1985, 62(4), 815–818.
92. Henderson, J. L. Composition, physical and chemical properties of milk // *The Fluid-Milk Industry* — 3rd ed. — Westport, CT: AVI Publishing, 1971. — P. 29–34.
93. Hettinga, D. Butter // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y.H., ed. — Vol. 3 — 5th ed. — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 2–13.
94. Deffense, E. Multi-step butteroil fractionation and spreadable butter // *Fat Sci. Technol.*, 1987, 502.

Глава 2

Переработка жиров и масел

2.1. Введение

Запах сырых жиров и масел, извлеченных из масличных семян, плодов, орехов и животных тканей, может варьироваться от приятного — у масел с малым количеством примесей, до весьма неприятного, как правило, характерного для масел с высоким содержанием нежировых веществ. Лишь очень немногие сырые жиры и масла можно использовать в пищевых целях без предварительной обработки. Но развитие технологий обработки жиров и масел позволило получить продукты в гораздо большей степени подходящие для пищевой промышленности. Существующие технологии позволяют очищать жиры и масла, нейтрализовать вкус и запах, изменять цвет, делать их более твердыми или мягкими, замедлять их плавление, изменять форму кристаллов и строение молекул и буквально разделять на составные части и снова соединять, чтобы удовлетворить современным требованиям. Достижения в производстве липидов в последнее столетие привели к впечатляющему увеличению потребления пищевых жиров и масел. Новшества типа дезодорации, гидрогенизации, фракционирования и переэтерификации, наряду с усовершенствованиями других процессов, позволили получать продукты, способные удовлетворить большинство функциональных и пищевых требований.

Во всем мире обработка жиров и масел практически всегда включает этапы очистки для удаления примесей типа фосфатидов, восков, смол, свободных жирных кислот, пигментов, комплексных соединений металлов и других нежелательных веществ. Выбор технологического оборудования и методов производства может зависеть от ряда факторов:

- вид исходных масел;
- качество сырья;
- имеющиеся трудовые ресурсы;
- возможности технического обслуживания;
- требования к обработанному маслу;
- имеющиеся в распоряжении источники финансирования;
- близость свойств сырых жиров и масел;

- основные принципы маркетинга продуктов;
- нормативно-правовые требования;
- многие другие параметры.

Двумя основными направлениями маркетинга, практикующимися в Соединенных Штатах, являются «дробление и рафинация» и «дополнительные свойства». Завод с дробилкой и системой рафинации обычно перерабатывает ограниченный ассортимент растительных масел, которые, как правило, извлекаются из масличных семян на одном и том же оборудовании. Эти заводы обычно оборудованы непрерывными автоматизированными системами большой производительности. Производитель продуктов с дополнительными свойствами обычно перерабатывает жиры и масла различного происхождения, выпуская широкий ассортимент специальных, или сделанных под индивидуальный заказ конечных продуктов. Дополнительные свойства могут изменяться, и специализированный продукт вырабатывают смешиванием в периодических или полунепрерывных системах, с более низкой производительностью и более высокими затратами труда.

Извлечение и обработка жиров и масел состоит из ряда процессов, в которых сырье подвергается физическим и химическим изменениям. На рис. 2.1 изображена типичная схема производства жиров и масел в Соединенных Штатах. Изменения требований пищевой промышленности повлияли на способы обработки сырья, которые должны обеспечивать получение масложировых продуктов с функциональными свойствами, необходимыми для производства новых и улучшенных пищевых продуктов. Изменения в способах извлечения масел и их обработки также были вызваны нуждами промышленности, такими как:

- улучшение качества продукта;
- улучшение эффективности процесса;
- снижение материальных затрат;
- решение или устранение экологических проблем.

Для производства и контроля продукта необходимо принимать во внимание свойства сырья, методов измерения и параметры каждого процесса или операции.

2.2. Получение жиров и масел

Человек выделял пищевые жиры и масла из тканей животных, масличных семян и маслосодержащих плодов в течение тысяч лет. Цель извлечения всех жиров и масел состоит в получении триглицеридов с высоким выходом и чистотой, а также максимально ценных побочных продуктов. Масличные семена обрабатываются одним из трех процессов:

- прессование с использованием форпрессов и экспеллеров;
- экстракция растворителем с предварительным прессованием;
- экстракция растворителем с использованием экспандера.

Выбор способа извлечения масла зависит от масличности семян, количества масла, которое может остаться в жмыше, степени денатурации белка жмыха, величиной

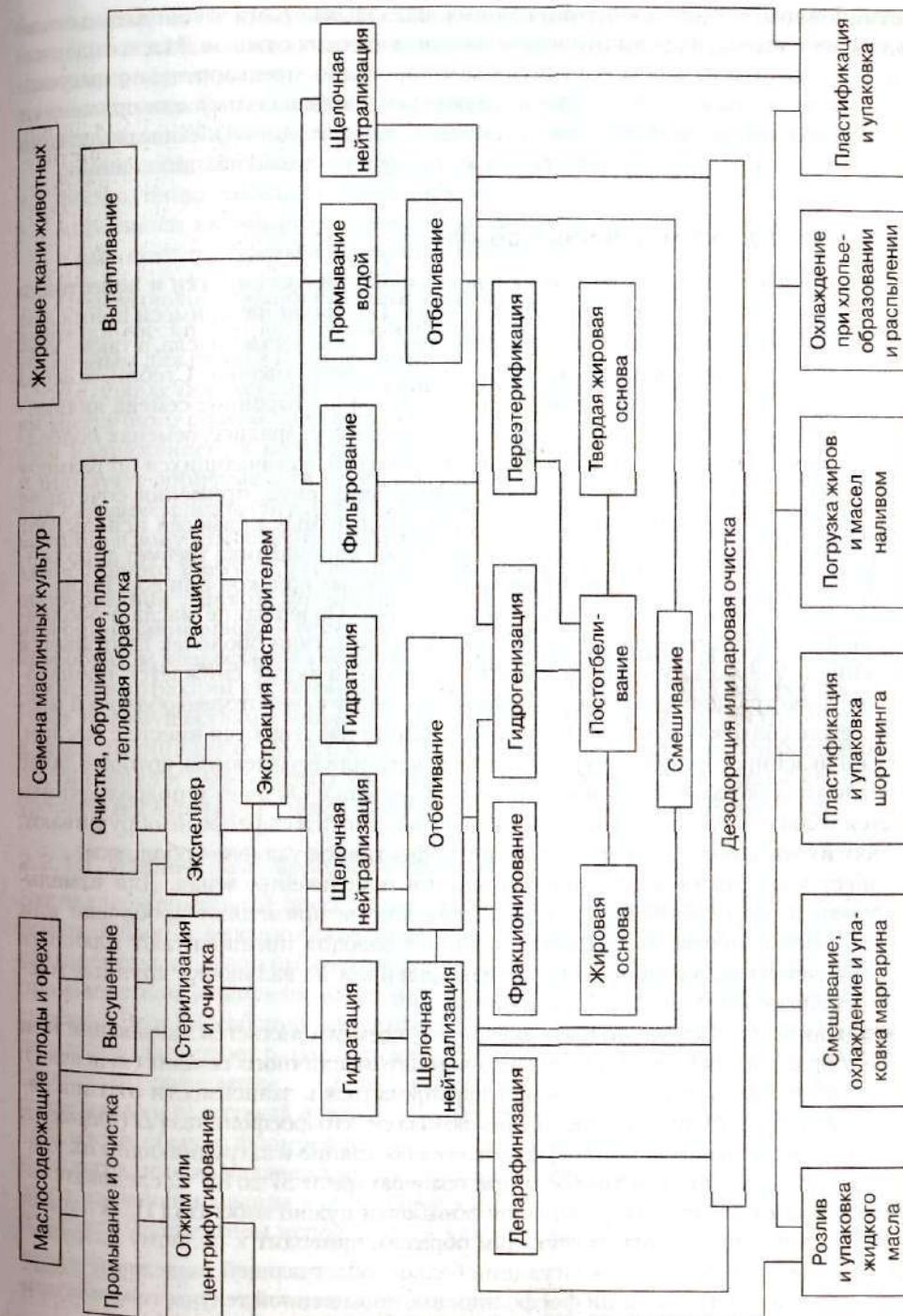


Рис. 2.1. Типичная схема производства жиров и масел

инвестиционного капитала и ограничениями, накладываемыми законодательством об охране окружающей среды относительно органических отходов. Маслосодержащие плоды отжимают, чтобы получить масло, иногда их предварительно высушивают (как кокосовую копру) или стерилизуют (как плоды пальмы), или применяют холодное прессование, чтобы сохранить вкус и запах (как оливки). Животные ткани для выделения жиров могут подвергаться мокрому или сухому вытапливанию.

2.2.1. Переработка масличных семян

Большинство масличных семян требуют некоторой степени очистки и подготовки перед отделением масла от твердой части семени. Посторонние примеси понижают выход масла и белка, неблагоприятно воздействуют на качество масла, а также увеличивают износ и повреждения технологического оборудования. Стебли, кожура плодов, листья, шелуха семян, грязь, мелкие камни и посторонние семена являются типичными компонентами примесей, найденных в сое, арахисе, семенах подсолнечника, сафрова и рапса. Для удаления всех примесей, отличающихся по размеру от зерна, используют сухие высокопроизводительные сита, применяя сочетание просеивания и продувания. Для удаления ферромагнитных примесей используют магнитные или электромагнитные сепараторы. Семя хлопчатника требует дополнительной обработки для отделения от зерна пуха – белых волокон или ворсинок.

После очистки большинство семян обрушают. Содержание масла в оболочках очень низко (обычно менее 1%), поэтому в присутствии оболочек повышается поглощение и удерживание масла в жмыхе и шроте, а также снижается производительность экстракционного оборудования. Кроме того, некоторые оболочки масличных семян содержат тугоплавкие воски, которые извлекаются вместе с маслом. При помощи аспиратора оболочки отделяют от ядра или сердцевины, которые далее обрабатывают для разделения масла и жмыха (шрота). Обычно у подсолнечника удаляется только около половины шелухи. Семена рапса и сафлора не обрушают, поскольку их маленький размер затрудняет эффективное удаление оболочки.

Процесс извлечения масла облегчается при измельчении зерна. Для измельчения семян и разрушения маслосодержащих клеток применяют дробление или плющение. Большинство маслоэкстракционных заводов предпочитают плющить масличные семена на вальцах, но перед направлением на вальцовку крупные масличные семена необходимо грубо размолоть.

Следующим шагом в подготовке масличного семени является нагревание или тепловая обработка цельного или расплющенного масличного семени (лепестка). Температура тепловой обработки может варьироваться в зависимости от типа семян от 80 до 105 °C. Однако исследования показали, что фосфолипаза D (фермент, переводящий фосфатиды в негидратирующемся состоянии и затрудняющий их удаление) проявляет высокую активность при температуре от 57 до 85 °C; следовательно, этого диапазона температур тепловой обработки нужно избегать [1]. Тепловая обработка, проведенная соответствующим образом, приводит к полному разрушению маслосодержащих клеток, коагуляции белков, облегчающей разделение масла и жмыха, а также к дегидратации фосфолипидов, повышенной текучести масла при

более высоких температурах, гибели плесеней и бактерий, инактивации ферментов и высушиванию до заданного содержания влаги. Влияние ферментов на масла заключается в следующем:

- липаза вызывает повышение содержания свободных жирных кислот;
- липоксигеназа вызывает повышение содержания перекисных соединений и вторичных продуктов окисления;
- фосфолипаза повышает содержание негидратирующихся фосфолипидов;
- мирозиназа вызывает образование соединений серы, появление запаха жмыха и вызывает проблемы в процессе усвоения пищи.

При тепловой обработке семян хлопчатника также уничтожается илиdezактируется гессипол – комплексное многофункциональное соединение, которое является токсичным для свиней и домашней птицы [2, 3].

До появления экспандера тепловая обработка была конечным шагом подготовки масличного семени. Экспандер представляет собой экструдер с низким сдвиговым напряжением, в котором масличные семена нагреваются, гомогенизируются и образуют пористые или плотные гранулы различной формы. В экспандере пар под давлением подается в лепесток или жмых, затем эта смесь выдавливается сквозь матрицу в зону атмосферного давления. В результате резкого падения давления до атмосферного гранулы увеличиваются в объеме, что и дало название этому виду оборудования¹. Некоторые расширители имеют дренажное отделение для понижения содержания масла в семенах с высокой масличностью до уровня ниже 30%, таким образом предоставляя возможность производства неповрежденных гранул для прямой экстракции растворителем, вместо экстрагирования после форпресса. Другими преимуществами являются увеличение производительности оборудования для экстракции растворителем на 15–30% благодаря более высокой объемной плотности гранул и уменьшению времени удерживания, а также в связи с более низким уровнем негидратирующихся фосфатидов в экстрагированном масле [4].

2.2.1.1. Извлечение масла экспеллером

Экспеллер (шнековый пресс) предназначен для механического отжима масла из семян. Обычно механическое прессование применяется для масличного сырья с относительно высоким содержанием масла, его использование ограничивается производством миорных масел или регионами с недостаточными сырьевыми ресурсами. Этот способ получения масла также используется там, где местное законодательство запрещает размещать маслоэкстракционные заводы. В шнековом прессе происходит разделение термически обработанного лепестка на неочищенное прессовое масло и прессовый остаток – жмых. Жмых, который может содержать от 3 до 10% масла, обычно формуется и продаётся как источник белка. После отстаивания и фильтрации для удаления мелких частиц (осыпи) сырое прессовое масло направляют на рафинирование для дальнейшей обработки в целях получения конечного продукта. Экспеллеры используются для механического извлечения масла из сои,

¹ Expander (англ.) – расширитель. – Примеч. ред.

льяного семени, арахиса, копры или кокосового ореха, пальмовых ядер и множества других видов масличного сырья в различных регионах мира.

2.2.1.2. Экстракция растворителем после форпрессования

В процессе форпрессования часть масла удаляется экспеллерами, а остаток извлекается органическим растворителем. Во время форпрессования экспеллер заглушается в целях снижения давления в нем и уменьшения количества извлекаемого масла. Содержание масла в форпрессованном жмыхе обычно составляет 15–18%. Это оставшееся масло извлекают растворителем с использованием тех же процессов, что и при прямой экстракции растворителем. Форпрессовое и извлеченное растворителем масла обычно смешивают перед рафинированием. Преимуществами этой системы являются повышенная производительность шнекового пресса и уменьшение количества экстрагента, необходимого для извлечения масла из частично обезжиренного жмыха.

2.2.1.3. Прямая экстракция растворителем

В процессе прямой экстракции растворителем масло извлекается органическим растворителем непосредственно из подготовленного масличного сырья. Экстракция растворителем из лепестка сои широко применялась в Соединенных Штатах уже в 1940 г. Существуют определенные сложности при использовании данного процесса для масличного сырья с высоким содержанием масла, таких как семена хлопчатника, подсолнечника, рапса, сафлора и арахиса. Высокая масличность лепестка привела к тому, что его стали измельчать во время экстракционного процесса. Применение метода экструзии с низкой скоростью сдвига решило эту проблему. После правильной подготовки масличных семян можно начинать экстракционный процесс. Теория экстракции очень проста: вымывание масла из жмыха, лепестка или гранул растворителем, обычно гексаном. Даже с учетом снижения вязкости масла и усиления диффузии при повышенных температурах давление паров гексана ограничивает практические рабочие температуры экстрактора и его содержимого 50–55 °C. Разделение масла и растворителя достигается обычными дистилляционными методами. Концентрированная мисцелла, которая является смесью растворителя и масла, дистиллируется для разделения масла и растворителя. Отогнанный растворитель отделяется от поглощенной влаги в конденсаторе путем гравитационного разделения и используется многократно. Масло, освобожденное от гексана, перед хранением или дальнейшей обработкой охлаждают и фильтруют [2–7].

2.2.1.4. Переработка маслосодержащих плодов

Среди маслосодержащих плодов промышленное значение имеют два вида — оливки и пальма. Процесс получения масла из этих плодов отличается от тех, которые используются для масличных семян и жировых тканей животных.

2.2.1.5. Получение оливкового масла

Урожай оливок (маслин) нужно собирать сразу после достижения необходимой зрелости плодов и после сбора доставлять непосредственно на перерабатывающий

завод. В отличие от семян, плоды оливок нельзя долго хранить или высушивать для предупреждения порчи. Оливковое масло следует извлекать как можно быстрее, до того как возрастет кислотность плодов и ухудшится их качество. После удаления посторонних примесей и промывания оливки перемалывают или измельчают до пастообразного состояния. Измельчение приводит к высвобождению масла из маслосодержащих клеток и способствует слиянию маленьких капель масла в большие. Для извлечения масла из измельченной массы используются три основных способа: при помощи гидравлических прессов, центрифуги непрерывного действия и адгезионного фильтрования. Оборудование для адгезионной фильтрации оснащено комплектом стальных пластин, которые погружают в оливковую массу, а затем извлекают, после чего маслу предоставляют возможность стекать с пластин.

Оливковую массу разделяют на три фракции:

- масло;
- отработанная вода;
- жмых или выжимки.

Жмых высушивают, затем экстрагируют остающееся масло растворителем. С учетом этого из оливок получают два типа масла: 1 — оливковое масло, отжатое без дальнейшей обработки (если не считать промывки, декантации, центрифугирования и фильтрации) и содержащее менее 3,5% свободных жирных кислот; 2 — жмыховое масло (масло помас — *potasse oil*) из выжимок, полученное экстракцией растворителем из жмыха после прессования. Масло помас не относится к категории оливкового масла [5, 8].

2.2.1.6. Получение пальмового масла

В отличие от других масел, пальмовое масло отжимается прессованием после тепловой обработки. Сначала плоды стерилизуют паром при температуре от 130 до 145 °C в течение приблизительно 1 ч в целях инактивации гидролитических ферментов, ослабления связи отдельных плодов с плодоножкой и подготовки их к последующей переработке. Стерилизованные плоды отделяют от стеблей энергичным встряхиванием и обработкой на машинах барабанного типа. Затем плоды повторно нагревают до 95–100 °C в течение 20–30 мин в варочном кotle, чтобы ослабить связь околовплодника и орехов и разрушить масляные клетки. Жидкие и полутвердые фазы затем отделяют с использованием шнекового пресса, сходного с используемым для маслосемян. Жидкая фаза центрифицируется и высушивается в вакууме для удаления влаги. Качество пальмового масла зависит от свойств плодов, поступивших на маслозавод. Переизрелые плоды легко повреждаются, что вызывает ускоренное повышение содержания свободных жирных кислот в результате ферментативного гидролиза и нежелательное отбеливание извлеченного масла [9].

2.2.2. Выделение животных жиров

Жиры животных выделяют из жировых тканей путем термической обработки, известной как вытопка или вытапливание. Наиболее распространены два способа

вытапливания: влажное и сухое. При влажном вытапливании получается более качественный жир, в то время как сухое вытапливание позволяет получить наиболее качественный белок. Влажный способ является предпочтительным при производстве пищевых животных жиров, а сухой — непищевых продуктов. Независимо от применяемого процесса сырье для вытапливания, поступающее с мясокомбината, измельчают до размера 2–5 см на дробилке или другом измельчающем оборудовании. Измельченное сырье подвергают термообработке в оборудовании периодического или непрерывного действия при постоянном перемешивании, чтобы обеспечить испарение влаги, разрушение жировых клеток и выделение жира. Параметры этого процесса зависят от используемого способа вытапливания.

2.2.2.1. Влажное вытапливание

Двумя разновидностями влажного вытапливания являются низкотемпературное, проводимое при температуре ниже точки кипения воды, и высокотемпературное, или паровое вытапливание, которое проводится под давлением в закрытых резервуарах (автоклавах). Большинство пищевых животных жиров, производимых в Соединенных Штатах, получено паровым способом. В США свиной жир, изготовленный этим способом, называют **паровым лядром высшего сорта**. Типичным оборудованием в этом случае является стальной вертикальный цилиндрический резервуар с конусным дном, рассчитанный на давление пара от 280 до 415 кПа (от 2,7 до 4,0 бар) и соответствующую высокую температуру. Резервуар заполняют жировым сырьем после тепловой обработки с добавлением небольшого количества воды, и подают пар, чтобы довести воду до кипения и вытеснить воздух. Затем резервуар закрывают, оставляя маленькое отверстие, и продолжают введение пара до достижения рабочих значений температуры и давления. При этих условиях жир отделяется от сухой части и поднимается в верхнюю часть резервуара. После этого давление понижают, жир откачивают и очищают путем отстаивания или центрифугирования. Во время парового вытапливания в некоторой степени происходит гидролиз жира, что приводит к увеличению содержания свободных жирных кислот выше 0,35%.

2.2.2.2. Сухое вытапливание

Сухое вытапливание предусматривает термообработку сырья при 115–120 °C в котлах, снабженных паровой рубашкой и мешалкой, до выпаривания влаги (обычно в течение 1,5–4,0 ч). В отличие от влажного процесса, в жировое сырье во время обработки пар не подается. Обработанное сырье затем фильтруют для отделения свободного жира. Обогащенную белками сухую часть, содержащую 6–10% остаточного жира, отжимают для его отделения. Объединенный жир затем центрифицируют или фильтруют [5, 6].

2.3. Системы рафинации

Все сырье жиры и масла, полученные путем вытапливания, прессования или экстрагирования растворителем, неизбежно содержат различные количества нетри-

глицеридных компонентов, таких как жирные кислоты, моно- и диглицериды, фосфатиды, стеролы, токоферолы, углеводороды, пигменты (госсипол, хлорофилл), витамины (каротин), глюкозидстерол, гликолипиды, фрагменты белков, следы пестицидов и металлов, а также смолы и слизи. Количество этих веществ изменяется в зависимости от вида масла, способа извлечения, сезона и географического положения. Целью процесса рафинации является удаление из жира или масла нежелательных компонентов с наименьшим ущербом для триглицеридов и с минимальной потерей полезных компонентов. Нежелательные компоненты мешают дальнейшей обработке и способствуют потемнению, пено- и дымообразованию, появлению осадка и развитию неприятного привкуса и запаха [10].

Два основных метода очистки — **химическая и физическая рафинация**. При химической рафинации свободные жирные кислоты, большинство фосфатидов и других примесей удаляют во время щелочной нейтрализации, обычно с использованием NaOH. При физической рафинации свободные жирные кислоты удаляют путем дистилляции в процессе дезодорации, а фосфатиды и другие примеси должны быть удалены до перегонки с водяным паром. Физическая рафинация может применяться не ко всем жирам и маслам. В настоящее время выбор метода рафинации производится в соответствии с характеристиками конкретных сырых жиров и масел, которые можно разделить на три группы:

- жиры и масла, которые обычно рафинируют физическим методом;
- жиры и масла, которые могут быть рафинированы физически или химически;
- жиры и масла, которые могут быть рафинированы только химическим методом.

Сырые масла с низким содержанием фосфатидов, такие как пальмовое, пальмоядровое и кокосовое, почти всегда рафинируют физическим методом. Обработку говяжьего, бараньего и свиного жира можно также квалифицировать как форму физической очистки. Масла из семян таких растений, как рапс (канола), подсолнечник и кукуруза, попадают или в одну, или в другую категорию; выбор определяется экономикой процесса и местными природоохранными требованиями к обработке соялстока и сточных вод, образующихся при химической очистке. Соевое масло также может быть очищено физическими методами в зависимости от обработки бобов до и во время экстракции. Для получения жиров и масел хорошего качества при физической рафинации важно, чтобы перед отгонкой с водяным паром содержание фосфора в них было ниже 5 мг/кг. Некоторые масла, например, хлопковое, не могут быть очищены физическими методами, поскольку для удаления пигмента госсипола необходима щелочная рафинация.

2.4. Физическая рафинация

Физическая рафинация использовалась уже в 1930 г. в качестве процесса предварительной нейтрализации для продуктов с высоким начальным содержанием свободных жирных кислот. В этом случае она сопровождалась щелочной рафинаци-

ей. Позже было найдено, что возможна физическая рафинация лауриновых масел, говяжьего и бараньего жиров при условии надлежащей предварительной обработки перед отгонкой с водяным паром. Физическая рафинация стала реальностью в 1950-х гг. при производстве пальмового масла, которое обычно содержит много свободных жирных кислот и мало фосфатидов. В процессе производства пальмового масла сырое исходное сырье подвергается сначала предварительной обработке, а затем нейтрализации. Предварительная обработка состоит из гидратации и отбеливания с помощью глины, обеспечивающих удаление некоторых нелетучих примесей путем фильтрации. Летучие и термически неустойчивые компоненты удаляются во время перегонки с водяным паром под вакуумом, давшей название этому процессу – вакуумная дистилляция [11]. Однако для растительных масел типа соевого, содержащих свободные жирные кислоты в относительно малом количестве, а фосфатиды – в более высоком, физическая очистка стала возможной лишь в последние годы.

Традиционно технологические схемы получения пищевых масел состоят из модулей щелочной нейтрализации, отбеливания и дезодорации. При щелочной нейтрализации растительных масел с высоким содержанием фосфатидов образуется соапсток, который является смесью натриевых солей жирных кислот, нейтрального масла, воды, неиспользованной щелочи и других соединений, получающихся в результате реакций щелочи с различными примесями. Расходы на обезвреживание этого соапстока или слив отходов из производственных систем значительно возросли. Вторая проблема, связанная с химической нейтрализацией, – потеря нейтрального масла, понижающие общий выход продукта из сырого масла. Исключение этапа щелочной рафинации является экономически привлекательным, но это означает, что гидратация либо какой-то другой процесс предварительной обработки или же их сочетание должны принимать на себя все функции процесса щелочной рафинации, за исключением удаления свободных жирных кислот.

Физическая рафинация позволяет удалять свободные жирные кислоты, а также другие неомываемые примеси путем отгонки с паром, исключая образование соапстока и снижая потерю нейтрального масла до минимума. Однако для удаления примесей, вызывающих потемнение, по-прежнему необходимы гидратация и предварительная обработка масла, иначе они могут стать причиной снижения качества продукта при нагревании до температуры дистилляции. Предварительную обработку сырого масла обычно проводят в две стадии, поскольку для удаления следовых количеств фосфатидов и смол, остающихся после гидратации и отбеливания, необходимо добавление химического реагента. После предварительной обработки все свободные жирные кислоты и оставшиеся микропримеси удаляют путем дистилляции в одном агрегате. При физической рафинации исключается обработка соапстока кислотами, достигается более высокая степень извлечения дистиллированных жирных кислот прямо из масла, не создавая особых экологических проблем. На рис. 2.2 приведена сравнительная схема процесса физической рафинации жиров и масел с низким и высоким содержанием фосфолипидов.

Рафинация растительного масла должна обеспечить удаление многих минорных компонентов. После гидратации следует удалить или преобразовать множество



Рис. 2.2. Блок-схема процесса физической рафинации

оставшихся примесей: каротиноиды, хлорофилл, коричневые пигменты, фосфатиды, металлы, свободные сахара, свободные жирные кислоты и окисленные липиды. В результате дистилляции (перегонки с паром) может произойти преобразование каротиноидов и удаление свободных жирных кислот, пестицидов, большинства привкусов и запахов, но другие примеси перед дистилляцией должны быть удалены [12], поэтому предварительная обработка имеет большое значение для успешного проведения физической рафинации. Главные параметры процесса предварительной обработки:

- вид химического вещества для предварительной обработки, его концентрация и дозировка;
- отбеливающая глина и ее дозировка;
- режимы обработки.

Как правило, следует ожидать, что для масла определенного вида, имеющего устойчивые показатели качества, параметры процесса предварительной обработки будут оставаться довольно постоянными, но при обработке большого ассортимента исходных масел следует предусмотреть необходимость изменения условий и вида химикатов [13].

После предварительной обработки и отбеливания масла можно проводить гидрогенизацию с последующей перегонкой с паром для удаления жирных кислот и одорирующих веществ. Температура процесса дезодорации путем перегонки с водяным паром такая же, как и при дезодорации химически рафинированных масел, обычно выше 225 °С. В дезодораторах, предусматривающих перегонку с водяным паром масел, содержащих свободные жирные кислоты с большой длиной цепи, не происходит снижения производительности, однако этого следует ожидаться в дезодораторах, предназначенных для удаления более низких концентраций жирных кислот из масел, нейтрализованных щелочью.

Главным преимуществом рафинации путем дистилляции масел с низким содержанием свободных жирных кислот, таких как соевое, кукурузное, арахисовое, подсолнечное, сафлоровое или рапсовое, является снижение загрязнения окружающей среды, обычно вызываемое кислотной обработкой соапстока, полученного при щелочной рафинации. По экономическим соображениям перегонка с паром обычно более предпочтительна для продуктов с высоким содержанием свободных жирных кислот, например, пальмового и лауриновых масел. Расчеты показывают, что невозможно сокращение эксплуатационных расходов при физической рафинации масел с низкой кислотностью [14], составляющих большинство масел, производимых в Соединенных Штатах. Кроме того, стабильность органолептических свойств и возможность недостаточного отбеливания продолжает вызывать опасение. Исследования по оценке вкуса и запаха, проведенные в Министерстве сельского хозяйства США в Северном региональном исследовательском центре, показали, что очищенное масло сои после дистилляции было идентично продукту, очищенному щелочной рафинацией. Однако некоторые результаты тестов выявили потенциальную проблему окислительной нестабильности, которая не была подтверждена при дальнейших исследованиях [15]. Другое соображение заключается в том, что некоторые масла содержат примеси, которые не могут быть в достаточной степени удалены в процессе предварительной обработки. Это не позволяет достичь заданных нормативов качества путем физической рафинации. Хлопковое масло попадает в эту категорию вследствие содержания в нем гossипола. Этот пигмент чувствителен к нагреванию и окислению, образуя окрашенные соединения, которые с трудом удаляются из масла любыми способами, за исключением химической обработки с использованием каустической соды.

2.4.1. Предварительная физическая рафинация

Процесс очистки путем гидратации является основным при физической рафинации, но для химического способа играет роль вспомогательного. Он включает в себя обработку сырых масел водой, растворами солей, ферментами, каустической содой, или растворами таких кислот, как фосфорная, лимонная или малеиновая в целях удаления фосфатидов, восков, прооксидантов и других примесей. В процессе обработки фосфатиды переходят в гидратированную форму, которая не растворима в масле и легко отделяется в виде фосфатидной эмульсии фильтрованием, центрифугированием или осаждением. Для физической рафинации содержание фосфора

в масле необходимо понизить за счет гидратации до 30 мг/кг и менее, что позволит в результате отбеливания или очистки сухим способом понизить этот уровень до 5 мг/кг и ниже, а также удалить все следы железа и меди. Для достижения этого результата обычно используется кислотная или ферментативная обработка, особенно при очистке масел, полученных из масличных семян. Посредством химической очистки фосфатиды могут либо перерабатываться в ценные побочные продукты при использовании гидратации, либо обрабатываться как примеси, которые должны быть удалены из сырого масла. Большинство растительных масел, производимых в Соединенных Штатах, очищают химическим способом без проведения гидратации. По некоторым оценкам при переработке менее чем одной трети производимого соевого масла возможно удовлетворение спроса на лецитин [16]. При переработке по системе «дробилка и рафинация» возможно возвращение отделенных фосфатидов в жмы, но наиболее обосновленные производители не имеют достаточной возможности сбыта фосфатидов на рынке на выгодных условиях и поэтому отказываются от гидратации. Такое решение может быть принято в целях экономии энергии и капитала. Сепарирование, объединенное с гидратацией и рафинацией, может выполняться на одном этапе с предварительным центрифугированием перед щелочной нейтрализацией. Однако гидратация растительного масла имеет несколько потенциальных преимуществ.

- Она необходима для производства лецитина. Гидратированные фосфолипиды являются сырьем для производства лецитина.
- Гидратированное масло удовлетворяет требованиям к маслу для экспорта, являясь свободным от примесей, способных выпадать в осадок во время транспортировки.
- Гидратация снижает потери нейтрального масла при химической рафинации. Удаление фосфатидов перед щелочной рафинацией зачастую улучшает выход, поскольку эти вещества могут действовать в щелочном растворе как эмульгаторы, увеличивая количество нейтрального масла, перешедшего в соапсток.
- При наличии этапа гидратации в сточных водах значительно снижается концентрация загрязняющих веществ в результате более низких потерь нейтрального масла и уменьшения количества выделившихся фосфатидов.
- Гидратация облегчает проведение обработки кислотой. Соапсток после щелочной рафинации легче нейтрализуется в связи с более низким содержанием эмульгатора, и кислые воды в меньшей степени воздействуют на системы обработки сточных вод.
- Гидратированное масло в большей степени подходит для физической рафинации или перегонки с паром в связи со значительным сокращением содержания нелетучих примесей, таких как фосфатиды и металлы-прооксиданты.

2.4.2. Гидратация

Главной целью гидратации является получение масла, которое не образует осадка во время транспортировки и хранения. Схема периодического процесса гидратации, чаще всего применяемого в Соединенных Штатах, приведена на рис. 2.3. Вода в ко-

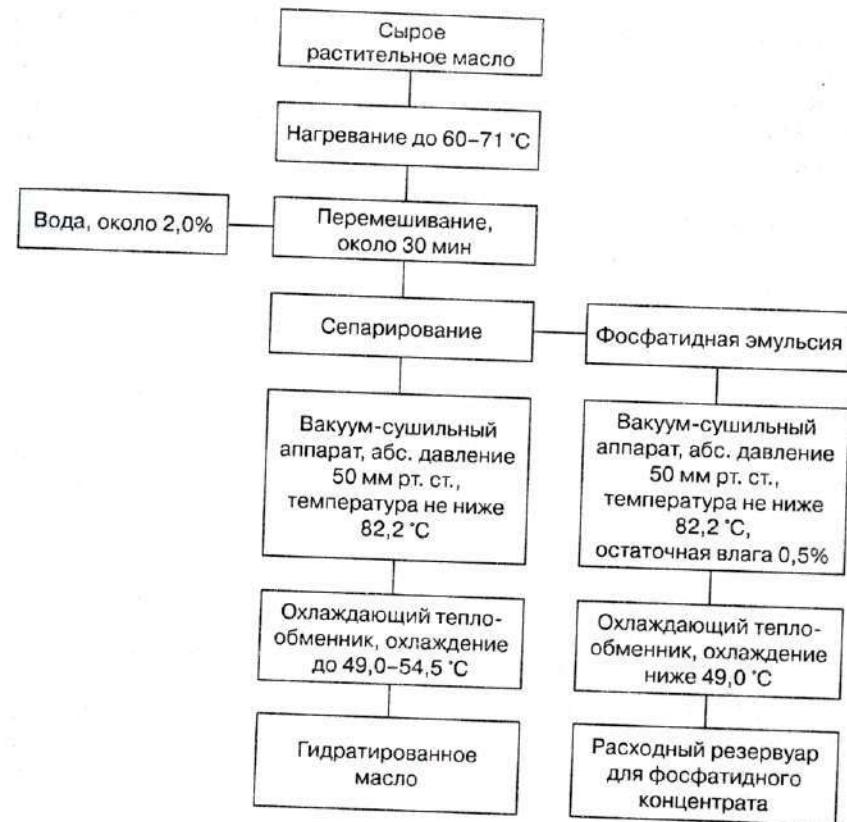


Рис. 2.3. Технологическая схема процесса гидратации

личестве около 2% от объема масла смешивается с сырым маслом путем механического перемешивания в резервуаре. Это количество воды обычно соответствует примерно 75% общего содержания фосфатидов в масле. Внесение воды в слишком малых количествах приводит к образованию темной вязкой фосфолипидной эмульсии и помутнению масла, в то время как слишком большое количество воды вызывает избыточные потери масла в результате гидролиза. При периодическом процессе полная гидратация требует примерно 30 мин интенсивного перемешивания при 60–71 °C. Контроль температуры на этом этапе имеет большое значение, поскольку при повышенных температурах удаление фосфатидов происходит менее полно в связи с повышением их растворимости в масле, тогда как при более низких температурах масло становится более вязким, что затрудняет отделение фосфатидов. В системах непрерывного действия подогретое до 80 °C масло обрабатывается водой и смешивается в резервуаре в течение приблизительно 15 мин (или же менее 1 мин в случае встроенных в линию непрерывно действующих мешалок). Смесь масла и воды следует обрабатывать очень осторожно, чтобы избежать образования эмульсии, для

чего необходимо избегать высокого сдвигового напряжения в подающем насосе и во входном отверстии сепаратора. После гидратации при помощи сепаратора отделяют осадок фосфатидной эмульсии от гидратированного масла. Гидратированное масло либо высушивают под вакуумом и перекачивают в предназначеннное для него хранилище масла, либо сразу же направляют на рафинацию. Фосфатидную эмульсию высушивают под вакуумом для получения фосфатидного концентрата и далее — лецитина, или же вносят обратно в жмы [17].

В гидратированном масле остается некоторое количество фосфатидов, поскольку при гидратации удаляются только гидратирующиеся фосфатиды. Обычно после гидратации масла содержат от 80 до 200 мг/кг фосфатидов в зависимости от типа и качества сырого масла. Эти фосфатиды называют негидратирующими. Они представляют собой кальциевые и магниевые соли фосфатидных кислот и фосфатидилэтаноламина. Количество негидратирующихся фосфатидов в масле связано с качеством масла и особенно с активностью фермента фосфолипазы. Этот фермент отвечает за образование фосфатидных кислот из гидратирующихся фосфатидов [18].

2.4.3. Кислотная гидратация

Кислотная гидратация обеспечивает достижение более низкого остаточного содержания фосфора, чем водная, и поэтому представляет собой хорошую альтернативу в том случае, если следующими этапами рафинирования должны быть удаление фосфатидов сухим способом и физическая рафинация. Процесс кислотной гидратации можно рассматривать как вариант водной гидратации, поскольку в нем используется сочетание воды и кислоты. Негидратируемые фосфатиды, состоящие главным образом из кальциевых и магниевых солей фосфатидной кислоты и фосфатидилэтаноламина, могут быть переведены в гидратируемую форму в результате обработки кислотой. Гидратирующая кислота обеспечивает выделение фосфатидных кислот и фосфатидилэтаноламина в свободном состоянии, связывая двухвалентные ионы металлов кальция и магния в комплекс, который может быть удален с водной фазой. Чаще всего применяют фосфорную и лимонную кислоты, поскольку они имеют статус пищевых, являются достаточно сильными кислотами и связывают двухвалентные ионы металлов. Более предпочтительно использование лимонной кислоты, так как она не повышает содержание фосфора в масле. Поскольку гидратирующие кислоты не растворимы в масле, для обеспечения максимального контакта с негидратируемыми фосфатидными комплексами они должны быть тонко диспергированы. Соли, образующиеся с гидратирующей кислотой, должны быть нерастворимы в масле, что облегчает процесс их удаления. По этой причине уксусная кислота или ее ангидрид, обладающие достаточно сильными кислотными свойствами и имеющие статус пищевых, не подходят для кислотной гидратации. Фосфатиды, выделяющиеся при кислотной гидратации, непригодны для получения стандартного лецитина, поскольку их состав отличается от концентрата, полученного при использовании воды — в них больше фосфатидных кислот, и содержится гидратирующая кислота [19].

Разработано несколько разновидностей процесса кислотной гидратации, обеспечивающих снижение содержания фосфора ниже 5 мг/кг, что необходимо для получения рафинированных масел высокого качества путем физической рафинации. В процессе суперрафинации, разработанном фирмой Юнилевер (*Unilever*) [20], в сложном многостадийном процессе используются умеренные температуры. Сначала масло нагревают до 70 °С, при желании в масло вносят модифицированный лецитин, затем добавляют концентрированный раствор лимонной кислоты в качестве гидратирующего агента для расщепления негидратируемых фосфатидов. По завершении реакции смесь охлаждают ниже 40 °С и добавляют воду, способствующую диссоциации высвободившихся фосфатидных кислот и фосфатидилэтаноламина. Дальнейшая выдержка в течение 3 ч при пониженной температуре проводится для формирования жидких кристаллов фосфатидов. Эти кристаллы затем удаляют при помощи сепаратора и повторно нагревают смесь масла и водного раствора перед подачей в центробежный сепаратор. При использовании этого процесса остаточное содержание фосфора обычно не превышает 30 мг/л, вероятно, из-за повышенной гидратации фосфатов, однако этот показатель сильно зависит от исходного качества масла.

2.4.4. Сухой способ удаления фосфатидов

При удалении фосфатидов сухим способом масло обрабатывают кислотой для расщепления комплексов ионов металлов с фосфатидами, затем смешивают с отбеленной глиной. Глина, содержащая гидратирующую кислоту, фосфатиды, пигменты и другие примеси, затем удаляется путем фильтрации. Главным преимуществом этого процесса является то, что не образуется сточных вод, кроме воды, включенной в вакуумную систему. Как правило, этот процесс используется для масел с низким содержанием фосфатидов, таких как пальмовое, пальмоядровое, кокосовое, а также для говяжьего и бараньего жира. Растительные масла, полученные из маслосемян и очищенные водной или кислотной гидратацией, также могут быть подвергнуты обработке сухим способом для снижения содержания фосфора в масле перед перегонкой с водяным паром.

В процессе удаления фосфатидов сухим способом используется стандартное оборудование для отбеливания. Кислота, обычно фосфорная, концентрацией 85% вносится в масло при 80–100 °С в количестве 0,05–1,20% от массы масла. После непродолжительной реакции перед внесением 1–3% отбеленной глины и применением вакуума может быть добавлено некоторое количество воды для повышения эффективности отбеливания. Количество отбеленной глины зависит от содержания фосфатидов в масле. Обычно в этом процессе дозировка глины составляет около 115% от используемой при отбеливании химически рафинированных масел или жиров. Масло затем нагревают до температуры отбеливания (120–140 °С) в течение примерно 15 мин, затем охлаждают ниже 100 °С. В конце процесса отбеленная глина удаляется путем фильтрации. После окончания процесса возможно увеличение содержания свободных жирных кислот менее чем на 0,2%, окончательное содержание фосфора должно быть снижено до 5 мг/кг и менее.

2.4.5. Ферментативный способ удаления фосфатидов

Процесс ферментативного удаления фосфатидов *EnzyMax* был проверен в промышленных условиях в Мангейме (Германия). Для него предпочтительным ферментом является фосфолипаза A1, которая продуцируется микробиологическим путем. Под воздействием фермента фосфолипиды превращаются в лизофосфолипиды и свободные жирные кислоты. Преимущества данного процесса заключаются в следующем:

- ферментативные реакции обычно протекают в более мягких условиях;
- ферменты высоко специфичны;
- скорости ферментативных реакций приемлемы для промышленного процесса;
- для проведения химической реакции необходимы очень небольшие количества фермента;
- возможно получение гидратированного масла с низким содержанием фосфора и железа даже при низком качестве исходного масла.

Ферментативный процесс включает в себя три важных стадии:

- корректировка pH буфера;
- ферментативная реакция в резервуарах;
- отделение осадка от масла.

Буфер, который представляет собой слабый раствор лимонной кислоты и NaOH в соотношении примерно 1,4 : 1,0, вносят в масло при температуре 70–75 °С, чтобы добиться значения pH примерно 4,5. Перед добавлением жидкой фосфолипазы A1 температуру масла понижают до 40 °С. Фермент вносят в виде раствора, содержащего 200 000 единиц в 7,5 литрах воды на тонну масла. Для смешивания фермента с маслом используется мешалка с высоким сдвиговым усилием; после перемешивания смесь перекачивают в накопительный резервуар на период не более 6 ч. После завершения реакции температуру смеси поднимают до 75 °С для более эффективного отделения фосфолипидной эмульсии в сепараторе. При контроле содержания фосфора в соевом, рапсовом и подсолнечном маслах полученные результаты постоянно были ниже 10 мг/кг при содержании железа ниже 0,5 мг/кг, даже при переработке низкокачественных сырых масел. Фосфолипидная эмульсия, полученная в результате этого процесса, оказалась подходящей для производства лецитина [21]. Ферментативный процесс удаления фосфолипидов считается применимым для большинства растительных масел за исключением хлопкового и кукурузного.

2.4.6. Кислотная рафинация

Кислотная рафинация представляет собой предварительную обработку перед физической рафинацией, обладающую преимуществами нейтрализации каустической содой. На этом подготовительном этапе масло обрабатывают гидратирующей кислотой и затем частично нейтрализуют его раствором NaOH. Количество используемого NaOH следует ограничить, чтобы предотвратить образование мыл. Комплексы металлов с фосфолипидами диссоциируют под воздействием кислоты на нераство-

римые соли металлов и фосфолипиды в их кислотной форме, которые остаются растворенными в масле. Добавление NaOH повышает pH и преобразует фосфолипиды в натриевые соли, которые легко гидратируются. После гидратации соли могут быть отделены центрифугированием или обезвожены при формировании агломератов в ходе адсорбции на силикагеле, который затем можно удалить фильтрацией.

В результате кислотной гидратации содержание фосфора понижается до 25–35 мг/кг. Щелочная нейтрализация после кислотной обработки должна понизить содержание фосфора до 15–25 мг/л. После этого следует или промывка водой, или обработка с использованием силикагеля, обеспечивающие дальнейшее понижение содержания фосфора до 5 мг/кг и менее, что является необходимым условием для физической рафинации. Внесение силикагеля осуществляют в процессе операции смешивания, выполняемой перед отбеливанием, впоследствии адсорбент можно удалить на отдельном этапе фильтрации или вместе с отработанной отбеленной глиной. Иногда кислотную рафинацию рассматривают как нечто среднее между кислотной гидратацией и химической рафинацией. Этот процесс может применяться ко всем типам масел, как сырых, так и предварительно гидратированных [14, 22, 23].

2.5. Химическая рафинация

Процесс нейтрализации с использованием обычной каустической соды (гидроксида натрия NaOH) является наиболее широко используемым и самым известным способом щелочной рафинации. Внесение щелочного раствора в сырое масло вызывает множество химических и физических реакций. Щелочь соединяется со свободными жирными кислотами, образуя мыла; фосфолипиды поглощают щелочь и коагулируют в результате гидратации или разложения; значительная часть красителей исчезает в результате адсорбции фосфатидами или перехода в водорастворимое состояние под действием щелочи; нерастворимые вещества уходят в осадок при коагуляции других веществ. При достаточно длительном нагревании избыточное количество щелочи может также вызвать омыление части нейтрального жира, поэтому выбор концентрации NaOH, продолжительность и интенсивность смешивания, температура и количество избыточной каустической соды – все эти параметры играют важную роль для наиболее эффективного проведения процесса щелочной рафинации.

Существующие методы щелочной рафинации являются результатом последовательного применения достижений науки к базовому способу рафинации, который первоначально, в первой половине XX в., осуществлялся в открытых котлах с коническим днищем. Для данного метода рафинации очень важным фактором является эффективное разделение соапстоков и нейтрализованного масла. Вместе с тем технологии, использующие центробежные сепараторы, не применялись в промышленных масштабах до 1932 г. Типовая схема непрерывной нейтрализации каустической содой обладает достаточной гибкостью для эффективной обработки сырых масел, используемых в США в настоящее время. Схема может быть кратко описана следующим образом.

Доставка сырого масла

Масла доставляют на предприятия железнодорожным, автомобильным или водным транспортом, или же получают на месте экстракцией или операцией гидратации.

Сортировка

От поступивших партий масла отбирают образцы, анализируют и затем масло подают в специальные баки-хранилища. В гидратированном соевом масле с оптимальными характеристиками содержание фосфатидов должно быть ниже 0,3%. В случае превышения этого уровня гидратированное масло должно быть смешано с негидратированным, чтобы достичь содержания фосфатидов 1,0%.

Предварительная обработка сырого масла

При необходимости масла перекачивают в специальный бак предварительной обработки или в емкость для хранения. Сырые масла с высоким уровнем фосфатидов типа соевого и рапсового перед рафинацией обычно обрабатывают фосфорной кислотой не менее 4 ч (предпочтительнее в течение 8 ч) в целях снижения содержания фосфатидов до 300–1000 мг/кг для соевого масла и 1000–3000 мг/кг для рапсового. Цель предварительной кислотной обработки состоит в следующем:

- осаждение фосфатидных соединений;
- осаждение природных кальция и магния в виде нерастворимых фосфорнокислых солей;
- инактивация следовых количеств металлов, таких как железо и медь, которые могут присутствовать в масле;
- снижение потерь нейтрального масла;
- дестабилизация хлорофилла и облегчение его удаления при отбеливании;
- повышение стабильности цвета и вкуса конечного дезодорированного масла.

Обработка каустической содой

Гидратированные или обработанные кислотой сырые масла непрерывно смешиваются с дозированным потоком разбавленного раствора каустической соды и нагреваются для разрушения эмульсии. Выбор режимов обработки каустической содой определяется видом неочищенного масла, содержанием свободных жирных кислот, предшествующим опытом рафинации подобных масел и особенностями имеющегося рафинирующего оборудования. Как правило, применяют минимально возможную для достижения конечной точки интенсивность обработки, что позволяет уменьшить степень омыления нейтрального масла и предотвратить образование «трех фаз» или эмульгирование во время сепарации. Обычно лучшие результаты получают при использовании относительно слабых растворов каустической соды при низком содержании свободных жирных кислот в маслах и более сильных щелочей при их высоком содержании. Концентрация раствора каустической соды оценивается по его плотности, выраженной в градусах Боме (°B). Режимы обработки каустической содой, зависящие от содержания свободных жирных кислот и качества предварительной кислотной обработки, а также количество «избыточной» каустической соды сверх «теоретического» определяются для каждого вида масла по

результатам предыдущего опыта рафинации. Теоретическое количество каустической соды рассчитывается на основе соотношения молекулярной массы гидроксида натрия (M_{NaOH}) и олеиновой жирной кислоты ($M_{\text{ожк}}$). Этот коэффициент F рассчитывают следующим образом:

$$F = \frac{M_{\text{NaOH}}}{M_{\text{ожк}}} = \frac{40}{282} = 0,142.$$

Формула для расчета количества раствора каустической соды (X) при обработке:

$$X = \frac{C_{\text{ожк}} \cdot 0,142 + X_{\text{изб}} + X_{\kappa}}{C_{\text{NaOH}}} \cdot 100,$$

где $C_{\text{ожк}}$ — содержание свободных жирных кислот, %; $X_{\text{изб}}$ — необходимый избыток раствора каустической соды, %; X_{κ} — количество добавленной кислоты, %; C_{NaOH} — содержание NaOH в растворе, %.

Снижение содержания фосфора во время рафинации в значительной степени определяется внесением воды в составе раствора каустической соды. Обработка избытком каустической соды приводит к удалению большего количества фосфора, но это происходит в большей степени вследствие увеличения количества внесенной воды, а не NaOH. Сравнительные исследования показали, что при использовании более разбавленных растворов каустической соды удаляется больше фосфора, поэтому сырье масла с высоким содержанием фосфора лучше всего рафинировать разбавленными растворами каустической соды, но при излишнем разбавлении наблюдается процесс образования стойких трудноразделимых эмульсий. В связи с изложенным, разбавленные растворы каустической соды (с низкими концентрациями в градусах Боме) рекомендуются для рафинации соевого, арахисового, сафлорового, подсолнечного и рапсового масел.

Условия рафинации для хлопкового масла выбирают, ориентируясь главным образом на улучшение цвета, обусловленного присутствием гессипола. Этот пигмент чувствителен к нагреванию и окислению, способен образовывать окрашенные соединения, которые с трудом удаляются из масла без обработки каустической содой. Поэтому процесс рафинации хлопкового масла проводят с большим избытком раствора NaOH относительно высокой концентрации. Пальмовое, пальмоядерное и кокосовое масла требуют более слабой концентрации каустической соды, равной приблизительно 12 °В. Это позволяет оптимизировать разделение сепарированием, снижает степень омыления нейтрального масла и сводит к минимуму возможность образования эмульсии. При рафинации лауриновых и пальмового масел разбавленную каустическую соду обычно подогревают до 65 °С, чтобы избежать образования эмульсий в сепараторах. Эти масла также требуют минимального избытка щелочи (0,02%), поскольку их рафинируют только в целях удаления свободных жирных кислот. Следует помнить, что содержание свободных жирных кислот в кокосовом и пальмоядерном маслах рассчитывают по лауриновой кислоте, а не олеиновой, как в других растительных маслах.

Примерные концентрации каустической соды для обработки различных сырых растительных масел и необходимый избыток, которые могут служить исходными точками при практическом осуществлении процесса, показаны в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Обработка растительных масел каустической содой

Вид сырого масла	Концентрация		Избыток щелочи, %
	В	NaOH, %	
Хлопковое	19–21	13,52–15,23	0,16
Кукурузное	16–20	11,06–14,36	0,13
Рапсовое	16–18	11,06–12,68	0,07
Соевое:			
сырое	12–16	8,00–11,06	0,12
гидратированное или смешанное	12–16	8,00–11,06	0,10
Сафлоровое	14–18	9,50–12,68	0,12
Подсолнечное	14–18	9,50–12,68	0,12
Арахисовое	13–15	8,75–10,28	0,12
Кокосовое	11–12	7,29–8,00	0,02
Пальмоядерное	11–12	7,29–8,00	0,02
Пальмовое	11–12	7,29–8,00	0,02

* При 15 °С.

Смешивание масла с каустической содой

После внесения каустической соды в сырое масло смесь необходимо тщательно перемешать, чтобы обеспечить полный контакт щелочи со свободными жирными кислотами, фосфатидами и пигментами. Фосфатиды под действием раствора каустической соды гидролизуются и становятся нерастворимыми в масле. Щелочной раствор смешивают со светлыми маслами в смесителе при 30–35 °С с выдержкой 5–15 мин. Следует избегать высоких температур масла во время добавления каустической соды, поскольку это может усилить омыление и снизить выход рафинированного масла. На многих рафинирующих предприятиях используется встроенный сдвиговый смеситель, позволяющий достичь достаточно большого времени глубокого контакта между каустической содой и маслом, который следует после периода перемешивания в смесителе с выдержкой перед центрифугированием. После завершения фазы перемешивания с каустической содой смесь должна подаваться в сепараторы при температуре, обеспечивающей оптимальное разделение. Низкосортные масла для разрушения эмульсии нагревают до 74 °С.

Разделение мыла и масла

Эффективность выхода продукта рафинации зависит от этапа первичного разделения. Полученную суспензию «мыло-в-масле» из смесителя подают в высокоскоростные сепараторы для разделения на фазы с низкой и высокой плотностью. Это оборудование предназначено для разделения суспензии, состоящей из взаимно

нерасторимых жидкостей и твердых частиц во взвешенном состоянии, имеющих разную плотность. Отделенная легкая фаза состоит из нейтрального масла со следами влаги и мыла. Тяжелая фаза, или соапсток, содержит прежде всего нерасторимое мыло, жмых, свободную каустическую соду, фосфатиды и небольшие количества нейтрального масла. Выход рафинированного масла и его качество зависят от однородности исходного сырья и степени отделения тяжелой фазы с минимальным количеством захваченного масла. Однако даже при самых оптимальных условиях полное разделение двух фаз недостижимо. Поэтому первичное разделение считается достигнутым, если в рафинированное масло попадает небольшое количество соапстока, в дальнейшем удаляемое в водопромывающем сепараторе [24].

При рафинации растительного масла используются различные типы сепараторов, однако большинство из них состоят из камеры или полого барабана, который вращается вокруг своей оси. Поток исходной смеси входит во вращающуюся емкость и выталкивается наружу через комплект тарелок. Соапсток с более высокой плотностью вытекает через наружные стороны разделительных тарелок в выходное отверстие. Более легкая фаза — нейтральное масло — перемещается в центр камеры и выходит через горловину канала. Полнота разделения повышается при воздействии следующих факторов [17]:

- увеличение разницы между плотностями отдельных фаз;
- понижение вязкости;
- повышение температуры;
- уменьшение времени прохождения тяжелых частиц;
- усиление центробежных сил;
- более длительное сепарирование.

Промывка водой

Рафинированное масло из первичного сепаратора промывается горячей смягченной водой или регенерированным паровым конденсатом, добавляемым в масло со скоростью, составляющей 10–20% от скорости потока масла. Во избежание образования нерасторимых мыл следует использовать умягченную воду. Натриевые мыла, остающиеся после первичного сепарирования, легко вымываются и удаляются из масла при однократном или двойном промывании. Однократного промывания обычно бывает достаточно, однако проведение второго промывания способствует более экономному расходу отбеленной глины и катализатора гидрогенизации, а также уменьшению объема промывной воды [25]. Водно-масляная смесь проходит через высокоскоростной поточний смеситель, где достигается тесный контакт фаз, способствующий максимальному переходу мыла из масляной фазы в водную. Затем водно-масляную смесь, содержащую мыло, непрерывно подают в промывной сепаратор. Как и в рафинирующем сепараторе, промытое водой масло выделяется в виде легкой фазы, мыльный водный раствор — в виде тяжелой фазы. Операция промывки удаляет около 90% мыла из рафинированного масла.

Температура промывной воды оказывает большое влияние на эффективность разделения в сепараторе. Температура воды должна быть 85–90 °С, предпочтительно на 5–8 °С теплее, чем температура масла. От скорости промывного потока

зависит степень удаления мыла и величина потерь масла с промывной водой. Как и в первичном сепараторе, следует избегать пульсирующего притока воды.

Промывка водой не может удалить фосфатиды, оставшиеся в масле после первичного сепаратора, и нерасторимые мыла, образующиеся в результате реакции с кальцием и магнием, присутствующими в сырье масле. Соединения этих металлов должны удаляться или на стадии гидратации, или на стадии рафинации. Соединения жирных кислот с железом («железные мыла») являются ускорителями окисления [10]. Некоторые производители добавляют к промывным водам до 400 мг/кг лимонной кислоты, что позволяет удалить эти посторонние вещества [25].

Вакуумное высушивание

После промывки водой перед отбеливанием или отправкой на хранение масло обычно высушивают с использованием вакуумной сушилки. Промытое масло при температуре примерно 85 °С проходит через форсунки в вакуумирующую секцию поточной вакуумной сушилки, которая обеспечивает снижение влажности промытого масла до уровня не выше 0,1%, чаще всего — до 0,05%. Типичная сушилка функционирует при глубине вакуума 70 мм рт. ст. и оборудована автоматическим аварийным выключением при излишней глубине вакуума. После высушивания рафинированное масло перед отправкой на хранение должно быть охлаждено до 49–55 °С. При длительных сроках хранения насыщение азотом или азотный защитный слой над поверхностью масла сводят к минимуму процессы окисления до использования масла.

2.5.1. Кратковременная рафинация каустической содой

Методы рафинации, применяемые в разных странах и на разных заводах, различаются по количеству, качеству и виду обрабатываемых масел. Методы рафинации европейских стран отличаются от используемых в Соединенных Штатах, что связано, главным образом, с необходимостью обрабатывать масла всех видов и, как правило, более низкого качества. На европейских предприятиях перерабатываются в основном импортированные масличные семена или сырое масло, и типичный рафинирующий завод должен обеспечивать переработку всех видов масел в зависимости от наличия и цены. Качество импортированных масличных семян и сырых масел может варьироваться, но обычно обрабатывается масло с высоким содержанием свободных жирных кислот. Процесс кратковременного смешивания в Европе начали применять после Второй мировой войны, поскольку при обработке масел с относительно высоким содержанием свободных жирных кислот необходимо избегать длительного контакта и большого избытка каустической соды, что имеет место в обычных рафинирующих системах с использованием каустической соды, применяемых в США. На рис. 2.4 приведена сравнительная схема длительного и кратковременного процесса рафинации.

Для кратковременного процесса перемешивания перед добавлением каустической соды температуру масла повышают до 80–90 °С. Разделение нейтрального масла и соапстока происходит моментально, что снижает потери от эмульгирования. Продолжительность контакта между каустической содой и маслом уменьшается до

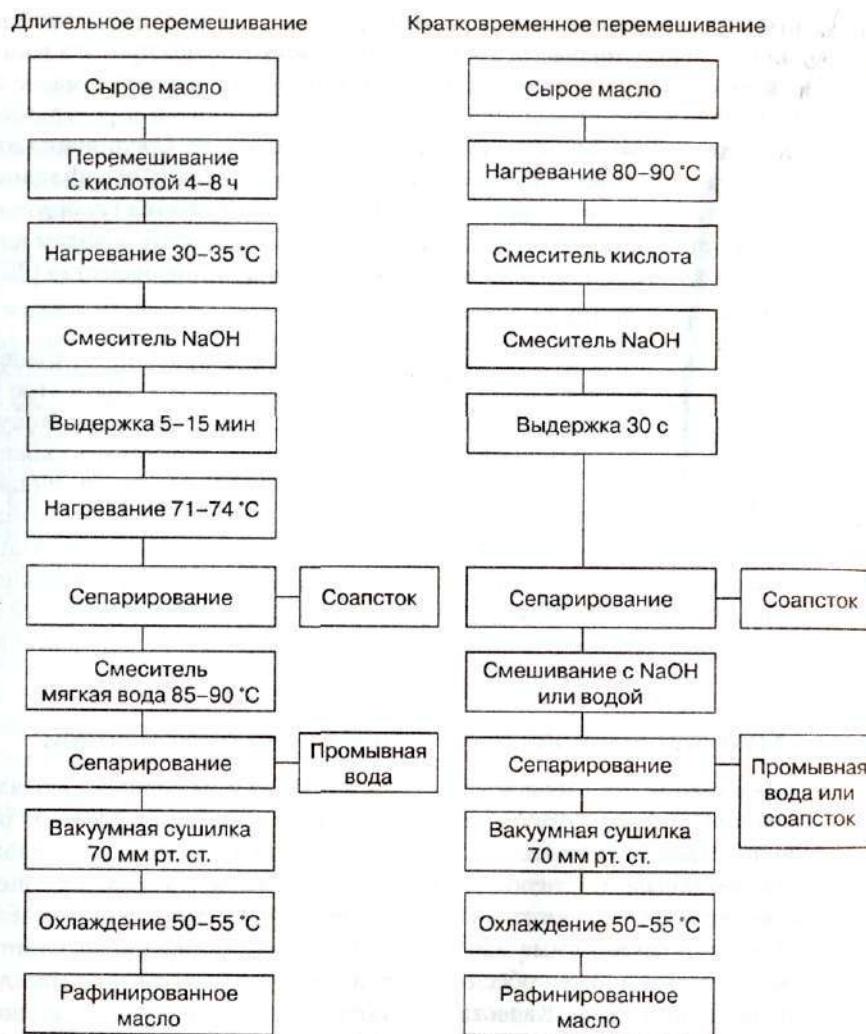


Рис. 2.4. Сравнительная схема химических рафинирующих систем длительного и кратковременного перемешивания

30 с, что способствует снижению потерь при омылении. Поскольку в Европе, как правило, гидратируют масла, полученные экстракцией растворителем, и перед рафинацией обрабатывают масла фосфорной кислотой, возможность избыточной обработки каустической содой исключается или в значительной степени снижается. В случае масла типа хлопкового, для которого основной целью рафинации является обесцвечивание, используется повторная обработка каустической содой. Эта дополнительная фаза называется **повторной рафинацией**. Поскольку основная часть соапстока к этому времени уже удалена при гидратации и начальной обработке каустической содой, дополнительные потери при повторной обработке каустической

содой относительно низки. В конце процесса масло промывают деминерализованной водой для удаления следов мыла, оставшегося в масле, и высушивают с использованием тех же систем, что и в длительном процессе рафинации с каустической содой.

Метод ультракороткого смешивания применяется к маслам с высокой кислотностью, чтобы снизить потери еще в большей степени, чем при обычном процессе кратковременного смешивания. Для пальмового и других масел с высоким уровнем кислотности каустическая сода вводится непосредственно в валы сепаратора, где расположено особое устройство для перемешивания. Очень короткое время контакта позволяет использовать более концентрированные растворы каустической соды без излишнего омыления нейтрального масла. Сравнение пальмового масла, рафинированного процессом ультракороткого смешивания, с продуктом, рафинированным процессом кратковременного смешивания, выявило повышение выхода на 7,0–16,5% [26].

2.5.2. Метод Зенита

Метод Зенита был разработан в Швеции в 1960 г. в целях совершенствования процесса рафинации при переработке единственной сельскохозяйственной масличной культуры, выращиваемой в этой стране – рапса. Процесс осуществляется непрерывно с использованием оборудования из нержавеющей стали, состоит из трех основных этапов, из которых два осуществляются в полуавтоматическом режиме, что позволяет поддерживать желательную продолжительность реакции:

- Первый этап.** Масло обрабатывается концентрированной фосфорной кислотой для удаления нежировых примесей, которые способствуют образованию эмульсий. Количество фосфорной кислоты зависит от качества масла, но обычно составляет примерно 0,2% от объема рапсового масла. Реакция, проводимая под вакуумом, требует 20 мин. Кислый осадок, образованный пигментами, фосфатидами, солями кальция, магния и другими примесями, удаляется сепарированием. Вода вводится в виде острого пара, чтобы обеспечить образование жидких кристаллов остающихся фосфатидов на поверхности раздела фаз между водой и маслом.
- Второй этап.** Нейтрализация выполняется путем подачи масла, имеющего температуру 90 °C, в виде капелек в нижнюю часть резервуара, почти заполненного щелочным раствором Q35-N (2,0 °B). Капли, имеющие 1–2 мм в диаметре, поднимаются вверх вследствие различия в плотности и скапливаются в верхней конической части сосуда, образуя слой масла, обычно содержащего 0,05% свободных жирных кислот, 0,2–0,3% влаги и 100 мг/кг мыла.
- Третий этап.** Нейтральное масло обрабатывают лимонной кислотой, чтобы удалить следовые количества мыла перед последующей обработкой отбельной землей. Масло высушивают и добавляют отбельную землю, затем оно отбеливается под вакуумом в течение 30 мин, после чего его фильтруют.

Для метода Зенита характерен более высокий выход рафинированного масла при его превосходном качестве.

2.5.3. Рафинация в мисцелле

Современные установки для экстракции масла из маслосемян с использованием растворителя могут обеспечить также эффективную рафинацию в мисцелле, поскольку оба процесса можно осуществлять в аппарате регенерации растворителей. Мисцелла представляет собой раствор или смесь, содержащую экстрагированное масло. Как непрерывный, так и периодический процесс рафинации в мисцелле применимы для большинства жиров и масел. Рафинация в мисцелле особенно целесообразна для хлопкового масла, так как позволяет получить масло более светлого цвета и повысить выход нейтрального масла. Этот способ рафинации должен осуществляться на экстракционном заводе как можно быстрее, предпочтительно в течение 6 ч после экстракции масла из масличных семян или животных тканей. Преимуществами рафинации в мисцелле, по сравнению с обычной непрерывной рафинацией с использованием каустической соды, являются [28]:

- более высокий выход масла;
- более светлое масло без отбеливания;
- исключение этапа промывки водой;
- экстракция цветных пигментов.

Для этого процесса рафинации неочищенная мисцелла может поступать из различных источников:

- аппарат для предварительного выпаривания на предприятии с прямой экстракцией растворителем;
- смесь форпрессового сырого масла и мисцеллы, экстрагированной из фильтрпрессового остатка;
- регенерированная смесь сырого масла с растворителем.

Во время процесса смесь, содержащая около 40–58% масла в растворителе, нагревают или охлаждают до 40 °C и фильтруют для удаления жмыха, мезги и других нерастворимых примесей. В промышленности для рафинации мисцеллы используются два растворителя — гексан и ацетон.

Гидролиз фосфатидов и пигментов в мисцелле сырого масла требует предварительной обработки кислотой, дозировка которой обычно варьируется между 100 и 500 мг/кг (от массы масла), в зависимости от качества сырого масла. Наиболее эффективными для улучшения качества масла и снижения потерь при рафинации оказались такие кислоты, как фосфорная или ледяная уксусная. Чаще используется фосфорная кислота благодаря ее доступности и более слабым коррозионным свойствам. Кислота смешивается с мисцеллой в статическом смесителе для получения тонко распределенной кислотной фазы, которая немедленно реагирует с сырой мисцеллой.

Предварительно обработанная сырая мисцелла затем подвергается щелочной рафинации с использованием разбавленной каустической соды концентрацией 16–24 °B и при 0,2–0,5% избытке NaOH над теоретическим требующимся для нейтрализации свободных жирных кислот. Реакция каустической соды с свободными жирными кислотами протекает достаточно быстро при 54–57 °C и использовании

гомогенизаторов с интенсивным сдвиговым смешиванием, применяемых для гомогенизации молока и позволяющих гидролизовать фосфатиды и пигменты с каустической содой для получения двухфазной смеси. Температуру мисцеллы задают 57 °C, что обеспечивает лучшее отделение тяжелой фазы (соапстока) от легкой фазы (масла) при сепарировании. Нейтральное масло затем фильтруют через кизельгур, слой фильтрующего материала, пластинчатый фильтр под давлением. В этот момент рафинированная и отфильтрованная мисцелла может быть разделена на растворитель и нейтральное желтое масло, или же она может быть далее обработана в виде мисцеллы для проведения депарафинизации, фракционирования или гидрогенизации масла [29, 30].

Очевидными недостатками процесса рафинации в мисцелле, которые, возможно, препятствовали принятию этой системы многими производителями, являются следующие моменты [31]:

- оборудование — все оборудование и установки должны быть взрывобезопасны для работы с растворителем;
- обслуживание — оборудованием и установки требуют тщательного контроля, чтобы избежать чрезмерных потерь растворителя и несчастных случаев;
- лаборатория — для управления этим процессом требуются более сложные лабораторные установки и более квалифицированный персонал.

2.5.4. Периодическая рафинация каустической содой

Периодическая рафинация все еще практикуется при производстве некоторых специальных масел в развивающихся странах, на малых предприятиях и на большинстве опытных установок. Периодическая рафинация имеет некоторые преимущества:

- низкие капитальные затраты;
- легко доступное оборудование;
- применимость для изготовления малых партий;
- пригодность для низких мощностей;
- высокое качество рафинированного масла.

В то же самое время периодическая рафинация имеет ряд серьезных недостатков:

- высокие потери при рафинации;
- высокие эксплуатационные затраты;
- высокая нагрузка на очистные сооружения;
- длительность процесса.

Периодическая рафинация, как правило, применяется только в особых условиях, при очень низкой потребности в рафинированном масле.

Обычно используются два способа периодической рафинации: сухой и влажный методы. В США для большинства масел предпочитают сухой метод, в то время как влажный метод чаще используется в Европе. Благодаря совпадению параметры сухого метода периодической рафинации напоминают метод непрерывного

длительного перемешивания с каустической содой, которой отдают предпочтение в Соединенных Штатах, а параметры периодического влажного метода напоминают метод кратковременного перемешивания, распространенный в Европе.

2.5.4.1. Метод периодической сухой рафинации

Оборудование, необходимое для периодического метода сухой рафинации, достаточно простое, оно состоит из резервуара с открытым верхом и коническим дном, или котла, оборудованного двухскоростной мешалкой и паровыми змеевиками для нагревания. Ось мешалки находится в центре сосуда и подвешивается сверху или протягивается с подпятника на дне. Ось мешалки оборудована направляющими рычагами, каждый из которых имеет лопасти, наклоненные для выталкивания жидкости вверх во время перемешивания. Обычные скорости перемешивания составляют максимум 30–35 об/мин и минимум 8–10 об/мин. Периодический метод сухой рафинации состоит из следующих этапов [31, 32]:

1. Первую операцию — загрузку в емкость — осуществляют при температуре масла, равной температуре окружающей среды или же достаточно высокой для нахождения жира в жидким состоянии. При наличии в масле захваченного воздуха оно должно довольно долго отстаиваться после закачивания, чтобы обеспечить удаление воздуха. Соапсток может захватить достаточно воздуха, чтобы перейти в текучее состояние, что не даст ему осадиться на дно емкости должным образом.
2. Раствор каустической соды или щелочи вносят в верхнюю часть емкости при постоянном перемешивании на высокой скорости. Интенсивное перемешивание продолжают до полного эмульгирования щелочи и масла (обычно 10–15 мин), затем перемешивание замедляют и масло нагревают до 57–63 °С.
3. Видимое расслоение эмульсии происходит примерно при 60 °С, при которой соапсток отделяется от чистого масла в виде небольших хлопьевидных частиц, имеющих тенденцию слипаться при перемешивании.
4. После достижения желательной степени расслоения перемешивание и нагревание прекращают и позволяют соапстоку (осадку) осесть на дно емкости под действием силы тяжести в течение не менее 10–12 ч.
5. После осаждения соапстока нейтральное масло выкачивают сверху, оставляя соапсток на дне емкости. Для многих масел, таких как соевое, рапсовое, подсолнечное, сафлоровое и арахисовое, обработанных разбавленной каустической содой (обычно с концентрацией 12–16 °В и при избытке приблизительно 0,25%), осажденный соапсток имеет достаточно высокую текучесть, что позволяет слить его из нижней части емкости, оставляя внутри очищенное масло.
6. В очищенном масле остаются следовые количества влаги и мыла, которые должны быть удалены в случае хранения масла перед отбелыванием. Рафинированное масло может быть или профильтровано через отработанную отбеленную глину или промыто водой. Промывка водой в емкости заключается в добавлении к очищенному маслу примерно 15% мягкой горячей воды при постоянном перемешивании для равномерного распределения, затем воду отстаивают, осадок сливают. Промывку водой при необходимости можно повторить.

2.5.4.2. Метод периодической влажной рафинации

При используемом в Европе методе периодической рафинации сырое масло перед добавлением каустической соды или щелочи нагревают до относительно высокой температуры — 65 °С. Высокая концентрация каустической соды (20 °В) обычно используется для масел с высоким содержанием свободных жирных кислот, обрабатываемых примерно с 0,10% избытком. Во многих случаях для расслоения эмульсии масла и соапстока необходимо добавление соли, эквивалентное 0,10% хлорида натрия на 1,0% свободных жирных кислот. Образовавшийся соапсток оседает при промывании горячей водой, распыляемой на поверхность масла. Для полного удаления мыла из масла необходимо несколько последовательных промывок водой, с достаточно длительным периодом отстаивания между ними. Влажный метод имеет преимущества перед сухим при рафинации масел с высоким содержанием свободных жирных кислот, таких как пальмовое и оливковое масла. Он также использовался для рафинации кокосового и других лауриновых масел. Оборудование для очистки влажным методом не слишком отличается от используемого для сухого процесса, за исключением того, что обычно для очистки и промывки сырых масел влажным методом используют закрытые резервуары, которые могут также применяться для вакуумного отбеливания [31].

2.5.5. Рафинация с использованием силикатов

При обработке силикатом используется химически инертный синтетический адсорбент, представляющий собой аморфный диоксид кремния со сродством к полярным загрязняющим примесям. Площадь поверхности, пористость и содержание влаги в силикате обеспечивают его способность удалять из пищевых масел мыла, фосфолипиды, соединения серы и микроколичества металлов. Функция влаги состоит в удерживании пор в открытом состоянии и притяжении полярных загрязняющих примесей. Существует несколько различных вариантов использования силикатов. Простейший вариант — добавление силиката к отбеленной глине перед отбеливанием для снижения расхода глины. Так, при использовании отбеленных глин марки *TrySyl®* фирмы *W.R. Grace* обеспечивается 40%-ное снижение расхода отбеленной глины, меньшие потери нейтрального масла и более длительные циклы фильтрования [23]. Следующий вариант отбеливания — добавление силиката раздельно с отбеливающей глиной, нанесенной на фильтр-пресс. Силикат оседает в отбеленном чане, улавливая загрязнители, что позволяет использовать глину только для удаления пигментов. При этом варианте применения силикатов происходит 80%-ное сокращение расхода отбеленной глины. Модифицированная процедура очистки каустической содой исключает необходимость применения водопромывочного сепаратора. Высокая способность силикатов адсорбировать мыла и фосфатиды заменяет процедуру промывки водой. Обычный процесс промывки повышает как биологическое потребление кислорода в сточных водах, так и потери масла. Со сточными водами теряется около 0,05% промытого масла. Кроме того, утилизация сточных вод после обычной промывки масел щелочной рафинации представляет для производителей проблему вследствие все более и более строгих законов относительно стоков рафи-

нирующих заводов. Этап промывки водой может быть исключен при использовании 0,05–0,4% силикагеля, обеспечивающего адсорбцию остаточного мыла и следовых количеств металлов из рафинированного масла. Силикаты имеют более высокую способность адсорбировать мыло, вторичные продукты окисления и фосфолипиды, чем традиционные отбелочные глины. Использованный силикат удаляют фильтрацией перед отбеливанием масла. Отбеливание с глиной по-прежнему необходимо для удаления пигментов и других примесей, однако при некоторых операциях возможно снижение расхода отбелочной глины на 40–80% [23].

Процесс использования силиката натрия вместо гидроокиси натрия при химической рафинации был разработан в сельскохозяйственном университете A&M штата Техас. Силикат натрия реагирует с нетриглицеридами с образованием гидрогеля кремния, который можно отфильтровать, но центрифугировать на существующем оборудовании невозможно. И наоборот, мыла, полученные с гидроокисью натрия, не фильтруются, но могут быть отделены центрифугированием. Условием для этого модифицированного процесса является гидратация масла перед рафинацией, что позволяет снизить количество фосфолипидов, адсорбируемых силикатом натрия [33].

2.5.6. Эффективность рафинации

Эффективностью рафинации обычно считается выход сухого нейтрального рафинированного масла как процент от содержания нейтрального масла в сыром продукте. Содержание сухого нейтрального масла определяют путем определения фактической массы на весах для взвешивания жидкостей, или измерением объема и корректировкой результата с учетом плотности или температуры продукта. Содержание сырого нейтрального масла определяют по результатам лабораторного анализа образцов исходного сырого масла или, что предпочтительнее, образцов сырья, поступающего непосредственно на рафинацию. Эффективность рафинации (\mathcal{E}_p) выражается как отношение фактически полученного нейтрального масла (выхода нейтрального масла, $B_{\text{нм}}$) к содержанию нейтрального масла в сыром продукте по результатам анализа ($C_{\text{нм}}$) (см. п. 3.7.2):

$$\mathcal{E}_p = \frac{B_{\text{нм}}}{C_{\text{нм}}} \cdot 100.$$

Определение потерь в лабораторных условиях в соответствии с торговыми правилами изменяется в зависимости от вида масла, влияющего на эффективность промышленной рафинации. Оценку сырых масел, содержащих фосфатиды, например, соевого и рапсового, обычно производят хроматографическим методом для нейтрального масла AOCS Ca 9f-57 [34], и эффективность рафинации выражается как отношение фактического выхода нейтрального масла к содержанию нейтрального масла в сыром масле, определенному аналитически. В соответствии с торговыми правилами для кукурузного и хлопкового масел применяют метод AOCS Ca 9f-52 с использованием чаши для рафинации в лабораторных условиях (см. п. 3.7.1) [34].

В этом случае эффективность рафинации приравнивается к сохранению сверх чаши ($C_{\text{сч}}$) и определяется следующим уравнением:

$$C_{\text{сч}} = \frac{\Pi_q - \Pi_n}{\Pi_q \cdot 100},$$

где Π_q — потери в чаше, %; Π_n — производственные потери, %.

В Европе принято контролировать эффективность рафинации с помощью **коэффициента рафинации**, который выражается как отношение общих потерь к содержанию свободных жирных кислот в сыром масле до рафинации. Этот коэффициент позволяет напрямую сравнивать эффективность рафинации масел с различным исходным уровнем свободных жирных кислот. Коэффициент рафинации может создать ложное впечатление при высоком количестве фосфатидов и других примесей по сравнению с содержанием свободных жирных кислот. Практика работы европейского оборудования на всех видах масел после фильтрации и гидратации показывает, что коэффициент рафинации варьируется между 1,4 и 1,7 [26]. Поскольку в Соединенных Штатах удаление свободных жирных кислот является целью рафинации лауриновых и пальмового масел, для них контроль эффективности процесса оценивают по коэффициенту рафинации. Уравнение для расчета коэффициента рафинации (K_p) имеет следующий вид [31]:

$$K_p = \frac{\Pi_n}{C_{\text{сжк}}},$$

где Π_n — производственные потери, %; $C_{\text{сжк}}$ — содержание свободных жирных кислот, %.

2.5.7. Побочные продукты рафинации

Сырые масла содержат множество веществ, которые следует удалить для получения нейтрального масла светлого цвета. Эти примеси считаются отходами, создающими проблему их удаления; однако они могут быть ценным побочными продуктами в случае эффективной переработки. В процессе рафинации двумя главными побочными продуктами являются соапсток, образующийся при химической рафинации, и фосфатидная эмульсия, образующаяся в процессе гидратации, предшествующей этапу щелочной рафинации, или на стадии предварительной обработки перед физической рафинацией.

2.5.7.1. Обработка соапстока

Соапсток, образующийся при щелочной рафинации, является источником жирных кислот, но наряду с этим он создает проблему обработки, хранения и утилизации отходов. Первоначально, много лет назад, побочные продукты щелочной рафинации просто сбрасывались в виде отходов. Позднее они стали ценным источником

жирных кислот для изготовителей мыла и получения дистиллированных жирных кислот. Соапсток отгружался наливом из рафинировочных сепараторов в сыром виде, после отделения от нейтрального масла. Рост производства синтетических моющих средств, в ряде случаев заменяющих мыло, значительно уменьшил этот рынок потребления соапстока, и в области использования жирных кислот соапсток был замещен талловым маслом, побочным продуктом бумажной промышленности. Эти изменения привели к внедрению кислотной обработки соапстока, приводящей к получению **кислого масла**, которое используется в качестве высококалорийной добавки для кормов или позволяет получить более чистый продукт для применения в химическом производстве [35].

Периодическая кислотная обработка сырого соапстока, выгружаемого из сепараторов после щелочной рафинации, состоит из трех основных стадий [36]:

1. Раскисление серной кислотой плотностью 66 °B сильно основного, разбавленного соапстока в целях перевода мыл в свободные жирные кислоты; требуемая дозировка кислоты изменяется в зависимости от количества каустической соды, использованной при рафинации, и устанавливается на уровне, позволяющем достичь pH 1,5–2,0.
2. Расслоение водной эмульсии жирных кислот и примесей при нагревании до 90 °C и интенсивном перемешивании.
3. Разделение трех фаз:
 - верхний слой — полученные жирные кислоты отделяют и транспортируют на склад.
 - средний слой — представляет собой эмульсию веществ верхнего и нижнего слоев, должен направляться на повторную переработку.
 - нижний слой — кислые сточные воды нейтрализуют и удаляют по системе сброса стоков.

Основные проблемы кислотной обработки соапстока связаны главным образом с коррозионной опасностью процесса и с затруднениями при отделении кислотно-масляной фазы от кислотно-водной фазы, что приводит к значительным потерям жира и загрязнению сточных вод жирами. Федеральное, государственное и муниципальное законодательство, направленное на снижение степени загрязнения, дает преимущества более эффективным методам очистки кислотных стоков. Непрерывная кислотная обработка соапстока и промывной воды на выходе из рафинирующего завода обеспечила образование в качестве побочного продукта кислого масла с заданными нормативами качества, и кислого стока, содержащего меньшее количество более легко удаляемых загрязнений. Соапсток следует обрабатывать как можно быстрее после образования, чтобы свести к минимуму возможность ферментации и эмульгирования. Существует несколько различных непрерывных схем кислотной обработки.

Главной причиной раскисления соапстока является удаление влаги для снижения его объема, подвергаемого дальнейшей обработке или хранению. Кислое масло является по существу жировой частью соапстока с пониженным до 1,0 или 2,0% содержанием влаги. Оно направляется в торговлю при содержании суммарной жирно-кислотной основы 95%, и транспортировка признается неприемлемой при умень-

шении содержания ниже 85%. Примеси, присутствующие в сыром масле, такие как фосфатиды, углеводы, белки, пигменты, стеролы или тяжелые металлы, во время рафинации частично или полностью переходят в соапсток и затем при кислотной обработке — в кислое масло.

Вероятно, основная часть раскисленного соапстока используется в кормах для животных. Кислые масла стали одним из существенных компонентов многих животных кормов. Они являются высококалорийными добавками, которые при усвоении имеют энергетическую ценность 9 кал/г, по сравнению с 4 кал/г крахмала или белка. Кислые масла играют роль носителей некоторых жирорастворимых витаминов и антиоксидантов, защищая их от негативных воздействий, и в большинстве случаев являются превосходным источником полиненасыщенных углеводородов. Главным компонентом, который составляет основу многих кормов, является кукуруза, которая обеспечивает 3,5 кал/г, поэтому цена кислых масел не может превышать цену кукурузы более чем в 2,6 раз, чтобы сохранить экономическую конкурентоспособность. Существуют две потенциальные проблемы использования кислого масла [17]:

- присутствие остаточной серной кислоты и ее производных, что снижает вкусовые качества для большинства животных;
- недопустимость использования дистиллятов дезодорации для производства кислого масла в связи с наличием в них пестицидов.

Альтернативой кислотной обработке соапстока считался ограниченно используемый процесс нейтрализации соапстока при высушивании. В этом альтернативном процессе соапсток доводят до нейтрального pH во время сушки в барабанной сушилке и получают продукт, хорошо проявивший себя в качестве источника жиров в кормах для цыплят и крупного рогатого скота, при этом единственным отходом является испаряющаяся вода [38]. Использование этого процесса способствует снижению нагрузки на очистные сооружения в большей степени, чем любой другой альтернативный способ переработки соапстока, за исключением транспортировки сырого соапстока.

2.5.7.2. Обработка гидратированных фосфолипидов

Лецитин является предпочтительной формой отделения фосфолипидов, полученных при водной гидратации. Промышленный лецитин является одним из самых важных побочных продуктов производства пищевого масла в связи с его функциональными свойствами и широким применением в пищевых продуктах и использованием в промышленности, однако фосфатиды, полученные при гидратации только соевого масла, с избытком перекрывают потребности рынка в лецитине. По ориентировочной оценке менее чем одна треть перерабатываемого соевого масла полностью удовлетворяет потребность в лецитине. Другой выход, доступный для производств, сочетающих извлечение и рафинацию масла, предусматривает возврат гидратационного осадка в производимый шрот (жмых). Для некоторых операций этот способ помогает решить проблему распыления жмыха наряду с повышением его пищевой ценности за счет фосфолипидов.

Лецитин — коммерческое название встречающегося в природе поверхностно-активного вещества, состоящего из смеси фосфолипидов. Его можно получать из множества растительных масел, но главным источником являются фосфолипиды соевого масла, которые имеют превосходные эмульгирующие свойства в сочетании с хорошим вкусом и цветом. Производство лецитина начинается с гидратации сырого масла путем добавления примерно 2% пара или воды при медленном перемешивании. Гидратированные фосфолипиды сепарируют из сырого масла и осторожно высушивают до содержания влаги ниже 1,0%, избегая изменения цвета. После охлаждения в лецитин вносят различные компоненты, обеспечивающие соответствие требованиям спецификаций. Так, добавки соевого масла и жирных кислот используют для регулирования содержания веществ, нерастворимых в ацетоне, кислотного числа и вязкости. Для достижения определенного цвета возможно химическое отбеливание лецитина с использованием пероксида водорода как до, так и после сушки. Правила Национальной ассоциации производителей сои (*National Soybean Processors Association*) выделяют шесть основных видов лецитина. Кроме того, для специального использования могут быть получены самые различные модифицированные лецитины [39].

Процесс гидратации сырого масла оказывает значительное влияние на качество и характеристики лецитина. Например, большинство добавок, использующихся для кислотной гидратации, обычно оказывают отрицательное воздействие на лецитин, за исключением уксусного ангидрида и ферментов. Другие добавки, такие как фосфорная кислота, имеют тенденцию разрушать лецитин, вызывать его потемнение при высыхании и загрязнять сточные воды. Щавелевая кислота не загрязняет стоки [40], но это делает лецитин токсичным, а неорганические соли влияют на физические и функциональные свойства [41]. Лецитины, полученные при кислотной гидратации, также имеют низкую функциональность (т. е. слабые инстантизирующие свойства при использовании в какао-порошке и молочных продуктах) [42].

2.6. Предварительное отбеливание

Целью отбеливания является не только получение более светлого цвета масла, но также и его очистка при подготовке к дальнейшей обработке. Рафинированное масло содержит следовые количества множества нежелательных примесей в виде раствора или коллоидных суспензий. Эти примеси конкурируют с пигментами за место на адсорбирующй поверхности. Во многих случаях процесс отбеливания осуществляют в основном для удаления неотносящихся к пигментам веществ, таких как мыла, фосфолипиды и металлы-прооксиданты, которые препятствуют фильтрации, отправляют катализатор гидрогенизации, вызывают потемнение масел и влияют на их вкус. Другой функцией, в первую очередь принимаемой во внимание при повышении качества продукта, является удаление пероксидов и вторичных продуктов окисления. Ключевыми параметрами для процесса отбеливания являются:

- способ отбеливания;
- тип адсорбента и его дозировка;

- температура;
- продолжительность процесса;
- содержание влаги в адсорбенте;
- фильтрация.

Каждую переменную нужно рассматривать с учетом используемой системы отбеливания и характеристик масла [10, 43–48].

2.6.1. Способы отбеливания

Тремя самыми распространенными способами, использующими контактное отбеливание пищевых жиров и масел, являются периодический при атмосферном давлении, периодический под вакуумом и непрерывный под вакуумом. Эта же последовательность соответствует хронологическому порядку, в котором были разработаны указанные методы. На рис. 2.5 изображена схема процесса для трех типов отбеливающих систем.

2.6.1.1. Периодический при атмосферном давлении

Масло, имеющее температуру около 70 °С, закачивают в резервуар с открытым верхом, оборудованный паровыми змеевиками или паровой рубашкой и лопастной мешалкой. Отбелевые глины вносят в верхнюю часть резервуара при вращающейся мешалке, температуру повышают до температуры отбеливания и поддерживают в течение небольшого периода времени. Затем проводят рециркуляцию масла через фильтр-пресс и возврат обратно в резервуар для отбеливания до осветления масла, после чего оно перекачивается на хранение.

2.6.1.2. Периодический под вакуумом

Отбелевые глины вносят в резервуар с мешалкой, содержащий небольшое количество рафинированного масла при 70 °С, где происходит предварительное смешивание масла и отбеленной глины. Полученная суспензия глины подается в вакуумный отбеливатель, снабженный весами для взвешивания партии масла. Емкость для отбеливания оснащена змеевиком или паровой рубашкой, мешалкой и вакуумной системой. После выдержки при температуре отбеливания под вакуумом в течение заданного времени партию отбеленного масла охлаждают до 70 °С, сбрасывают вакуум и фильтруют масло.

2.6.1.3. Непрерывный под вакуумом

Отбеленная глина непрерывно подается в поток масла при температуре 71 °С, и эта смесь впрыскивается в вакуумную камеру для удаления воды и воздуха из глины и масла. Температура продукта поднимается до температуры отбеливания при помощи теплообменника, после чего он впрыскивается во вторую камеру для отбеливания. По истечении времени, необходимого для отбеливания, смесь фильтруют в фильтре закрытого типа и охлаждают перед сбросом вакуума.

Использование активированных глин и высокотемпературного отбеливания привело к необходимости защиты от окисления воздухом, что обеспечивается при-

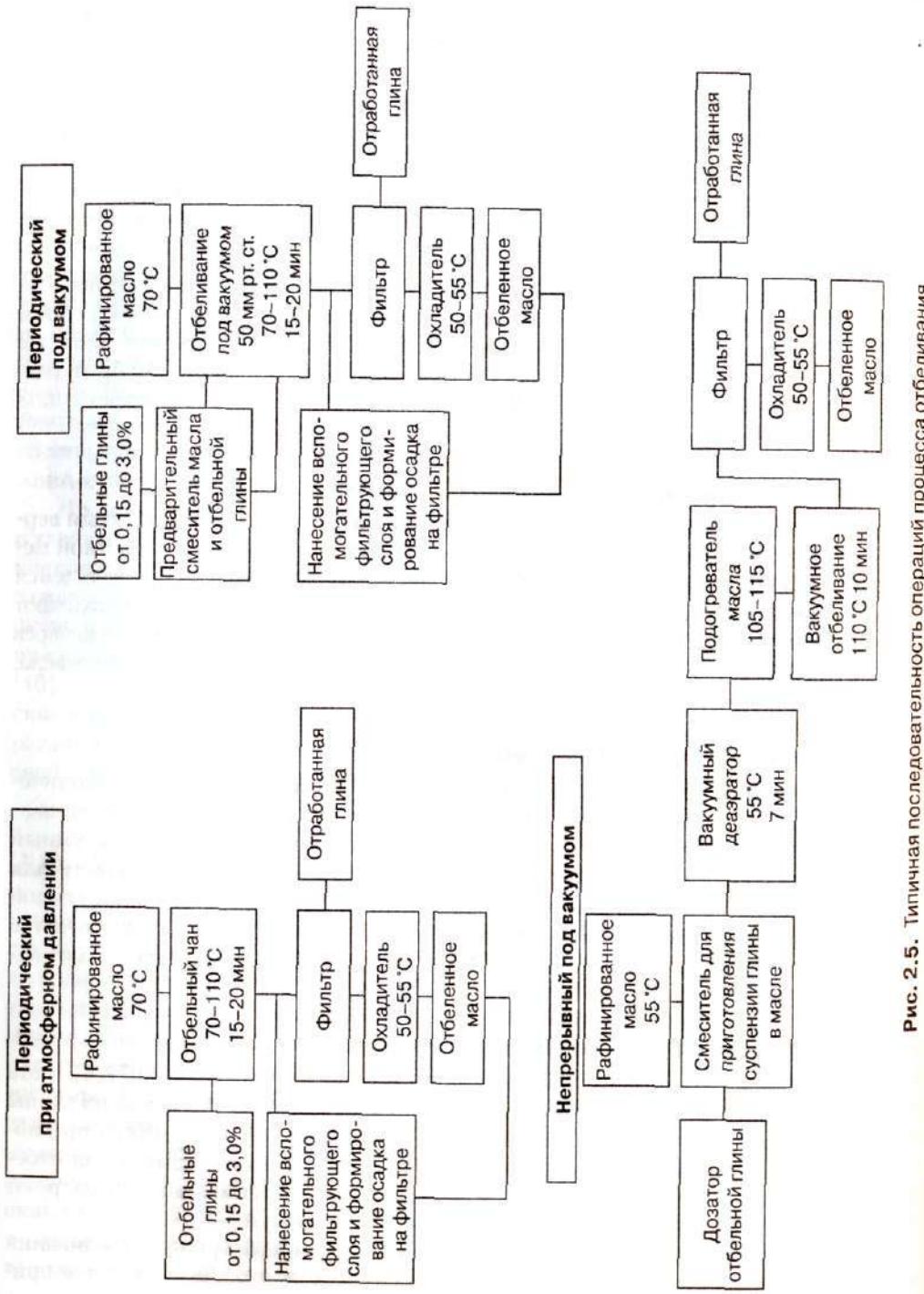


Рис. 2.5. Типичная последовательность операций процесса отбеливания

менением вакуума при отбеливании. Окислительные реакции, протекающие во время отбеливания на воздухе, вызывают обесцвечивание некоторых пигментов, но при этом образуются новые, неадсорбирующиеся, окрашенные вещества и стабилизируются другие, что приводит к потемнению масла вместо его осветления. Образование нового цвета считается результатом окисления токоферола до имеющих красный цвет хроман-5,6-хинонов, которые не адсорбируются глинами. Вакуумное отбеливание эффективнее, чем отбеливание при атмосферном давлении, поскольку для его проведения требуется меньшее количество глины, более низкие температуры отбеливания, при этом ускоряется удаление влаги, что способствует снижению образования свободных жирных кислот в результате гидролиза, и отсутствует окисление масла при высоких температурах. Существует много вариантов процесса отбеливания, однако большинство производителей пищевых масел проводят предварительное отбеливание с использованием систем непрерывного производства под вакуумом. Непрерывное отбеливание является предпочтительным, поскольку большие объемы масла могут быть обработаны без приостановки процесса для разгрузки и повторного заполнения аппарата для отбеливания, и условия процесса могут быть приспособлены к особенностям производства [48].

2.6.2. Отбеливающие материалы

В качестве адсорбентов используются многие химические реагенты, но отбеливание и очистка практически всех пищевых масел производится с применением адсорбирующих глин (нейтральных и активированных), силикагеля и активированного угля.

2.6.2.1. Природные отбельные глины

Бентонитовые глины, которые проявляют свойства адсорбентов в своем природном состоянии, известны как натуральные отбельные глины, или фуллеровы земли. Молекулярная структура решетки, макропористая структура и размер частиц – все эти параметры влияют на способность глин адсорбировать воду, масло, фосфатиды, мыло, окрашенные вещества и металлы. Лучшие природные глины могут адсорбировать пигменты и другие примеси в количестве до 15% от своего собственного веса, но при этом удерживают приблизительно 30% нейтрального масла. Натуральные глины действуют лучше всего при отбеливании при атмосферном давлении и используются для легко обесцвечивающихся жиров, таких как кокосовое масло, свиной и твердый животный жир. Природные глины не повышают содержание свободных жирных кислот, не изомеризуют ненасыщенные жирноокислотные группы, однако для темных или трудно адсорбирующихся пигментов или других примесей требуется слишком высокая дозировка природных глин, что повышает привлекательность активированных глин.

2.6.2.2. Активированные отбельные глины

Бентониты также используются для получения активированных отбельных глин, но этот тип глин содержит высокую долю монтмориллонита. Этот силикат алюминия

имеет значительную обменную емкость, позволяющую заместить часть алюминия на магний, щелочные металлы и другие основания. Интересно, что большинство бентонитов, которые проявляют высокую отбеливающую способность в природном виде, не подходят для активации, и большинство глин, используемых в активированном виде, имеют слабое природное отбеливающее действие. Обработка в той или иной степени серной или соляной кислотой, промывка водой, высушивание и измельчение изменяют уровень кислотности отбеливающего материала, адсорбционные свойства и распределение частиц по размеру [44]. Кислотная обработка монтмориллонитовой глины позволяет получить специальный ассортимент адсорбентов из широко встречающегося в природе минерала. Во время этого процесса физическая структура и химический состав целенаправленно меняются для максимального усиления определенных свойств. Эффективная отбельная глина получается при поверхности с правильным химическим составом и распределением пор, селективной для вредных компонентов рафинированных масел.

Размер частиц также является важным физическим параметром, влияющим на эффективность отбельной глины, поскольку физическая и коллоидная химия считает адсорбцию поверхностным явлением. В основном глины с минимальным размером частиц имеют лучшую отбеливающую способность, но слишком мелкие частицы создают серьезные проблемы при фильтрации, повышается удерживание масла, поэтому используемый адсорбент должен иметь настолько маленький размер частицы, чтобы эффективно обрабатываться системой фильтров. На практике компромиссный размер частицы обеспечивает приемлемую эффективность фильтрации и минимизирует потерю масла без уменьшения эффективности отбеливания [45].

Активированные отбельные глины обычно содержат 10–18% влаги, которая защищает монтмориллонитовые слои в глинах. Если глина перед отбеливанием полностью высушена, слои разрушаются, снижая площадь поверхности, доступной для адсорбции пигментов и других примесей.

Очевидно, объемная плотность (масса продукта в единице объема) зависит от количества пустот в глине — чем больше пустот, тем ниже плотность. Активированные глины имеют более низкую объемную плотность, чем природные глины, что обеспечивает повышение удерживания масла. Большое количество пустот и общая площадь поверхности позволяют удерживать целых 70% масла от массы отбельных глин, однако требование снижения дозировки при использовании активированных глин обычно приводит к снижению общих потерь отбеленного масла, уменьшению цветности после отбеливания и более полному удалению загрязнений [10].

Активированные отбельные глины, вероятнее всего, разрушают остатки мыл, что приводит к повышению содержания свободных жирных кислот, разрушают пероксиды и вторичные продукты окисления, способствуют изомеризации. Последний эффект наиболее ярко проявляется при температурах около 150 °C, которые немного выше оптимальных условий отбеливания. Модифицированные отбельные глины особенно полезны для отбеливания самых сложных для обработки масел, таких как пальмовое, соевое и рапсовое, или при предварительной обработке перед физической рафинацией для удаления металлов и фосфатидов.

2.6.2.3. Активированный уголь

Образование активированного угля происходит путем коксования разнообразного углеродсодержащего сырья при высоких температурах с использованием активирующих веществ, таких как фосфорная кислота, соли металлов и т. д. Обработанный материал промывается, высушивается и гранулируется для получения активированных углей с различным размером пор, удельной площадью внутренней поверхности и щелочностью или кислотностью. Активность определяется химическим состоянием и большой удельной площадью поверхности. Уголь слабо используется большинством производителей в связи с проблемами фильтрации, относительно высокой цены и высоким удерживанием масла; уголь может удерживать масло в количестве до 150% от собственной массы. При использовании его обычно добавляют в сочетании с отбеливающими глинами; дозировка составляет 5–10% объема глины. Уголь эффективен при адсорбции некоторых загрязнений, не взаимодействующих с глинами, например, некоторые ароматические вещества, которые не испаряются при дезодорации, могут быть удовлетворительно удалены с активированным углем [46].

2.6.2.4. Силикаты

Силикат (силикагель) является химически инертным синтетическим аморфным адсорбентом со сродством к полярным загрязнителям. Площадь поверхности, пористость и присутствие влаги дают возможность силикатам адсорбировать вторичные продукты окисления (альдегиды, кетоны), соединения фосфатидов, соединения серы, следы металлов и мыло. Функция влаги заключается в поддерживании пор в открытом состоянии и притяжении полярных загрязнителей. Большинство синтетических силикатов не способны существенно адсорбировать каротиноиды или хлорофилл, но возможность удаления других загрязнений позволяет повысить эффективность отбельных глин [18].

2.6.3. Дозировка отбельных глин

Количество используемой отбельной глины зависит от характеристика используемого адсорбента и вида рафинированного масла, а также от степени адсорбции окрашенных веществ и других примесей, требующих удаления. Дозировка используемой глины меняется в широком диапазоне: от 0,15 до 3,0%, и только в критических случаях применяются более высокие уровни [47]. Обработанные кислотой или активированные глины применяются намного шире, чем природные в связи с более высокой эффективностью отбеливания, особенно для темных масел или с высоким содержанием хлорофилла. По адсорбционной активности кислотно-активированные глины, как правило, в 1,5–2 раза более эффективны как отбеливающий материал, чем природная глина. Эффективность адсорбента измеряется минимальной дозой, необходимой для снижения концентрации адсорбата до необходимого уровня. Количество глины данного вида или используемого угля не должно превышать минимально необходимого для очистки масла перед гидрогенизацией или дезодорацией.

цией и удаления всех нежелательных примесей и пигментов, которые не удаляются при последующей обработке. Необходимый минимум отбеливания обычно является оптимальным, поскольку чрезмерное отбеливание повышает потери масла и может привести к усилению окисления, нестабильности запаха, вкуса и даже цвета. Удаление пигментов является распространенным и простым визуальным ориентиром, поэтому часто используется как критерий эффективности процесса в целом и для регулирования дозировки отбеленных земель, однако способность удалять другие нежелательные примеси менее очевидна. Правильный выбор вида отбеленной глины и ее дозировки в каждом отдельном случае должен обеспечивать удаление всех загрязнений, что выражается в снижении содержания пероксидов до нуля, хлорофилла — ниже 1,0 мг/кг, фосфора — ниже 1,0 мг/кг, а также в отрицательной реакции на наличие мыла и значении красного по Ловибонду, установленного для данного масла.

Отбеливанию в производстве жиров и масел в последние годы уделяется особое внимание в связи с возросшим интересом к физической рафинации, что в свою очередь связано с развитием и совершенствованием различных способов удаления нетриглицеридных веществ. Одним из таких способов было внедрение использования синтетического силиката как части адсорбционного процесса. Этот адсорбент особенно рекомендуется для использования вместе с отбеленной глиной, но предпочтительнее перед обработкой глинами, поскольку было обнаружено его сходство с соединениями, снижающими эффективность отбеливающих глин. Предлагаются несколько различных вариантов использования силикагеля. Самым простым из них является добавление силиката (около 0,2%) к отбеленной глине перед отбеливанием, что позволяет сократить расход глины. Использование отбеленных глин марки *TySyl®* фирмы *W.R. Grace* обеспечивает сокращение расхода отбеленной глины на 40%, снижение потерь нейтрального масла и удлинение циклов фильтрования. Второй вариант отбеливания заключается в раздельном использовании силиката и отбеленной глины, которая предварительно наносится на фильтр-пресс. Силикат оседает в отбеливающей емкости, улавливая загрязнители, что позволяет более эффективно использовать глину для удаления цветных пигментов. Этот усовершенствованный способ сокращает расход отбеленной глины на 80% [23].

2.6.4. Температура

Синтетический силикат и отбеленная глина должны смешиваться с маслом при относительно низких температурах (70 °C), затем вся смесь нагревается до окончательной температуры отбеливания (90–100 °C). Практика показывает, что окончательный цвет отбеленного масла получается более темным при добавлении адсорбентов к горячему маслу. Очевидно, это происходит под воздействием одного или обоих следующих факторов:

1. Добавление адсорбента к горячему маслу снижает его адсорбционную способность в связи с излишне быстрым удалением влаги, вызывающим разрушение структуры решетки, что приводит к снижению эффективной площади поверхности, на которой происходит адсорбция примесей и пигментов.

2. Масло не защищено от окисления в процессе нагревания перед добавлением адсорбента, что может вызвать некоторую фиксацию цвета.

Активность отбеленной глины возрастает при снижении вязкости масла, обусловленном повышением температуры, но после достижения оптимальной температуры и фиксации цвета понижение цветности замедляется. Оптимальная температура контакта глины и масла зависит от вида масла и типа системы отбеливания. Для достижения оптимального удаления цвета в системах отбеливания под вакуумом обычно требуются более низкие температуры, чем при отбеливании при атмосферном давлении. Температура также влияет на другие свойства масла, поэтому ее следует поддерживать на как можно более низком уровне, чтобы свести к минимуму процессы порчи продукта, но при этом она должна быть достаточно высокой для достаточной адсорбции загрязнений и красящих пигментов [48].

Получение масла с приемлемой окислительной стабильностью требует внимательного контроля температуры процесса. Количество проблем снижается, если температуры отбеливания не превышают 110 °C и на всех этапах контролируется окисление воздухом. Анизидиновое число начинает возрастать при температурах отбеливания выше 110 °C, что свидетельствует об ухудшении окислительной стабильности. Оптимальные температуры отбеливания почти всех пищевых масел варьируются между 70 и 110 °C. Активность адсорбента при отбеливании пищевых жиров или масел максимальна при определенной температуре, которая зависит от вида масла и типа процесса. Низкие температуры способствуют лучшему удержанию адсорбируемого пигмента на отбеливающей поверхности, в то время как более высокие температуры усиливают продвижение в поры, где весьма вероятна хемосорбция, способствующая структурным изменениям в ненасыщенных жирнокислотных группах. Обработки при излишне высокой температуре необходимо избегать, что позволит предотвратить изомеризацию ненасыщенных жирнокислотных групп и значительное увеличение количества свободных жирных кислот.

2.6.5. Продолжительность процесса

Теоретически адсорбция должна происходить практически мгновенно, однако на практике дело обстоит не так. Скорость снижения цветности очень велика в течение первых нескольких минут контакта адсорбента с маслом, затем уменьшается до момента достижения равновесия, и далее цветность не изменяется. Для того чтобы выделилась вся связанный адсорбентом влага и поглотилось максимальное количество пигментов и других загрязнений необходимо некоторое время. Как правило, при температурах отбеливания выше точки кипения воды достаточная продолжительность контакта составляет 15–20 мин. Обычная ошибка состоит в увеличении времени отбеливания сверх оптимальной продолжительности.

- Продолжительность контакта слагается из двух периодов времени:
 - пребывание в отбеленном чане или непрерывном потоке;
 - контакт с фильтром во время рециркуляции или окончательного фильтрования.

Непрерывное или возрастающее снижение содержания пероксидов и других примесей в ходе фильтрования вызвано **эффектом давления**, преимуществом, возникающим за счет наращивания слоя глины на фильтре при непрерывном режиме обработки. Некоторые производители используют этот эффект в своих интересах, понижая дозировку глины в маслах, которые фильтруют через частично заполненный фильтр.

В случае использования силиката его рекомендуется добавлять к маслу при интенсивном перемешивании и вакуумировании за 15 мин перед введением отбеленной глины. За это время силикагель должен адсорбировать мыла, вторичные продукты окисления, фосфатиды и следовые количества металлов, которые обычно конкурируют с пигментами за пространство на отбелывающей поверхности. Отсутствие этих загрязнений увеличивает эффективность отбеленных глин при адсорбции таких пигментов, как каротиноиды и хлорофилл. Опыт также показал, что эффект давления может быть более действенным, чем отбеливание нормальной отбеленной глиной с использованием синтетического силикагеля. Фирма *W.R. Grace* поддержала использование уплотненного слоя фильтрации в целях получения преимуществ при использовании эффекта давления [23].

2.6.6. Роль влаги

Судя по всему, присутствие небольшого количества влаги необходимо для эффективного протекания адсорбции и отбеливания. Отбеленные глины, полностью высушенные перед использованием, оказались неактивными. Обычно адсорбенты содержат от 10 до 18% влаги, которая осуществляет поддержку структуры раздельных слоев монтмориллонита. Во время отбеливания необходимо удалить влагу из адсорбента, чтобы добиться оптимальной способности адсорбировать окрашенные вещества; адсорбция других примесей также не может достичь максимума до полного удаления воды. Связанная влага не выделяется до достижения повышенных температур отбеливания. Рафинированное масло может содержать влагу в количестве от 0,1 до 1,0%, которая должна быть удалена для эффективной адсорбции следов мыла, остающихся после рафинации. Практика показала, что низкая влажность масла может способствовать удалению пигментов и предшественников вкуса, что позволяет получить более светлое и устойчивое масло. Максимальная адсорбция достигается при внесении силиката и отбеленной глины в масло при температуре ниже точки кипения воды и последующем постепенном повышении температуры смеси до температуры отбеливания. Выявлено, что добавление отбеленной глины перед нагреванием масла предупреждает потемнение при нагревании.

2.6.7. Фильтрование

После селективного поглощения загрязнителей адсорбентом его нужно удалить из масла прежде, чем он начнет катализировать образование цвета или другие нежелательные реакции. Чаще всего для удаления жирной отбеленной глины используется метод фильтрования, представляющий собой процесс прохождения жидкости через

проницаемую фильтровальную перегородку для отделения твердых частиц от жидкости. В качестве фильтровальных материалов используются фильтровальная бумага, фильтровальная ткань, фильтровальная сетка и мембранны. Вспомогательные средства для фильтрования, такие как диатомит, перлит или целлюлоза обычно используются в сочетании с проницаемыми фильтрами для защиты их поверхности.

Фильтрование осуществляется в три ступени: предварительное покрытие, фильтрование и очистка фильтра. Целью предварительного покрытия является защита фильтрующей сетки, обеспечение быстрого осветления, повышение скорости потока и облегчение удаления фильтр-остатка во время очистки. Это также помогает предотвратить забивание фильтра, останавливающее поток продукта. Предварительное покрытие наносится путем диспергирования вспомогательного средства для фильтрования в предварительно отфильтрованном масле и направления смеси на фильтр, вспомогательное средство намывается на фильтрующей перегородке, прошедшая через нее часть улавливается и возвращается в емкость для предварительного диспергирования. Количество фильтрующего средства определяется площадью фильтра; обычно оно составляет 5–11 кг/м². Для получения на фильтре ровного слоя объемная скорость потока во время формирования предварительного покрытия должна быть такой же, как и при фильтровании. Неровное покрытие вызывает забивание фильтров и уменьшает цикл фильтрования.

Для предотвращения забивания фильтрующего слоя взвешенными частицами во время фильтрования может использоваться непрерывная подача вспомогательного вещества. Вспомогательное вещество окружает взвешенные твердые частицы и обеспечивает поток жидкости вокруг них. Суспензия вспомогательного вещества в масле вводится в систему перед фильтрованием. Взвешенные твердые частицы сминаются или деформируются, под давлением они могут удлиняться, что приводит к их продавливанию через фильтр-прессный остаток и замедлению или блокированию потока продукта. Вспомогательное вещество покрывает деформированные твердые частицы, позволяя им задерживаться на фильтрующем слое.

Момент заполнения пространства фильтра частицами из отбеленного масла можно определить по нескольким показателям:

- потеря давления при прохождении через раму фильтр-пресса достигает заранее установленного уровня;
- снижение скорости потока достигает определенного значения;
- достигается расчетный уровень загрузки.

Короткие циклы фильтрования или преждевременное засорение фильтра обычно являются результатом:

- недостаточной подачей вспомогательного вещества;
- слишком высокой скорости потока, которая может вызвать уплотнение твердых частиц;
- слишком низкой скорости потока, которая может позволить твердым веществам осаждаться и блокировать поток;
- забивания фильтров, приводящего к уменьшению площади поверхности фильтра;
- загрузкой твердой фазы, превышающей пропускную способность фильтра.

Идеальными являются условия, когда одновременно достигается установленное различие давлений, скорость потока существенно снижается, и в это же время истекает расчетная пропускная способность фильтра. Как только цикл фильтрования завершен, осадок с фильтра необходимо удалить, затем процесс повторяется снова и снова [49].

Традиционно для удаления отбеленной глины использовались дисковые и рамные или пластинчатые фильтры. Последовательность появления была приблизительно следующей: дисковые и рамные фильтры, пластинчатые фильтр-пресссы, самоочищающиеся закрытые фильтры и автоматизированные фильтры. Пластинчатые фильтр-пресссы начали вытеснять дисковые и рамные прессы по некоторым причинам. Одним из главных преимуществ было более легкая и менее трудоемкая очистка пластинчатых фильтров, чем дисковых и рамных прессов. Стремление к снижению трудовых затрат было стимулом для более полной автоматизации операций отбеливания, как и других процессов. В настоящее время применяются полностью самоочищающиеся закрытые фильтры, которые действуют по автоматизированному циклу [50].

2.6.8. Побочные продукты отбеливания

Отработанная отбеленная глина, удаленная из отбеленного масла при фильтровании, образует большое количество отходов. Самой распространенной процедурой обработки является вывоз отработанной отбеленной глины с фильтров непосредственно на свалку. При попадании на открытый воздух оксиды, содержащиеся в отработанной отбеленной глине, быстро превращаются в вещества с сильным запахом, легко происходит самопроизвольное окисление, особенно масел с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот. В связи с этим отработанная отбеленная глина вскоре после выгрузки должна быть закрыта почвой или песком.

Содержание масла в отработанной отбеленной глине может варьироваться от 25 до 75% от массы глины. На удерживание масла влияют тип фильтра, вид рафинированного масла и степень снижения цветности. Важно регенерировать как можно больше этого масла, но методы с высокой эффективностью могут вызвать десорбцию загрязнений, адсорбированных отбеленной глиной из рафинированного масла. Поскольку существует возможность извлечения из отработанной глины существенной части масла, это может в будущем стать законодательным требованием. Масло может быть регенерировано несколькими способами, некоторые из них осуществляются на фильтровальном остатке, пока он еще находится на фильтре, другие – после его удаления с фильтра [51, 54]. Некоторые способы регенерации масла включают следующие виды обработки.

Продувка фильтр-прессского остатка паром. Продувание пара через осадок на фильтре может понизить содержание масла в нем до 20%, однако исходное содержание масла не должно быть меньше 25%, потому что при более низком содержании увлажнение глины паром может вызвать десорбцию загрязнений с понижением качества регенерированного масла. Кроме того, отработанная глина с низким содержанием масла на открытом воздухе быстрее окисляется.

Экстракция горячей водой. Циркуляция горячей воды с температурой 95 °C через фильтровальный осадок при давлении 5 атм и высокой скорости потока может вытеснить до 55–70% масла. Продолжительность промывки может быть продлена на 30 мин, но 90% регенерируемого масла получают за первые 10 мин. После промывки водой фильтровальный осадок может быть частично высушен паром. Высушивание воздухом может привести к возгоранию фильтра, особенно при переработке масел с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот.

Экстракция растворителем. Для извлечения масла из фильтр-прессного осадка на некоторых закрытых фильтрах могут использоваться органические растворители. Хорошо себя зарекомендовал гексан, неполярный растворитель, тогда как высокополярные растворители типа ацетона или трихлорэтилена могут вымывать загрязнения, выделенные из рафинированного масла. Экстракция растворителем обеспечивает более чем 95%-ный выход масла, имеющего качество, сопоставимое с качеством масла, отфильтрованного первоначально. Для экстракции растворителем необходимы довольно дорогие взрывобезопасные среды, здания и оборудование. В большинстве случаев менее эффективная экстракция горячей водой практичеснее экстракции растворителем; она может быть пригодна только для очень большого технологического оборудования, в котором образуется большое количество отработанной глины.

Экстракция растворителем с масличными семенами. Некоторые экстракционные заводы, имеющие такую возможность, проводят экстракцию отбеленной глины в смеси с масличными семенами. Но возможные проблемы этого способа регенерации могут перевесить полученную экономию, например, содержание минеральных веществ в шроте может превышать допустимые пределы, регенерированное масло может снизить качество вновь экстрагируемого масла. Продукты окисления и полимеры из регенерированного масла могут загрязнять свежее масло.

Водно-щелочная экстракция. Масло может быть извлечено из отработанной отбеленной глины путем ее суспензирования в двойном количестве воды и кипячении с концентрированной щелочью. Масло, которое скапливается на поверхности суспензии, отделяется для регенерации. Оставшаяся суспензия может быть разделена центрифугированием с 85%-ной эффективностью. Отделенная отбеленная глина имеет светло-серый цвет, почти не имеет запаха, и не способна к спонтанному возгоранию. Она может использоваться в качестве верхнего слоя при захоронении других отходов вместо требующихся для этого почвы или песка. Данный способ простой и относительно недорогой, но на выходе получается темное, низкокачественное масло, пригодное только для технических целей или же для использования в кормах для домашнего скота.

2.7. Гидрогенизация

В Соединенных Штатах и Северной Европе до разработки процесса гидрогенизации растительных масел главным источником твердых пищевых жиров были животные жиры в виде сливочного масла, свиного, говяжьего и бараньего жиров. Этот

процесс сделал возможным превращение растительных масел в жиры с пластичной консистенцией, привычной для потребителей, с более высокой стабильностью вкуса при более низкой цене. С момента выдачи британского патента на гидрогенизацию в жидкой фазе Норману в 1903 г. и его внедрения в США в 1911 г. немногие химические процессы внесли больший экономический вклад в промышленность. Гидрогенизация открыла новые рынки для переработки растительных масел и стала средством для разработки многих специальных жиров и масложировых продуктов.

Существуют две цели, достижимые при гидрогенизации масел. Одной из них является изменение имеющихся в природе жиров и масел в целях получения продуктов с консистенцией и технологическими характеристиками, необходимыми для обеспечения определенных функциональных возможностей. Гидрогенированные масложировые продукты могут изготавливаться с хорошей взбиваемостью, устойчивостью масла при жарке, быстрым плавлением и другими функциональными характеристиками, которые требуются для специализированного применения. Второй причиной проведения гидрогенизации является повышение устойчивости к окислению. Стабильность вкуса необходима для сохранения приемлемого качества жирового продукта в течение достаточно длительного времени после обработки и упаковки и для его использования в качестве компонента готового продукта. В процессе гидрогенизации может быть получен широкий ассортимент масложировых продуктов в зависимости от условий проведения процесса, исходных масел и степени насыщенности или изомеризации.

Жидкофазная каталитическая гидрогенизация является одной из самых важных и сложных химических реакций, проводимых при обработке пищевых жиров и масел [55, 58]. Большинство учебников химии описывают гидрогенизацию масел как простое насыщение двойных связей в ненасыщенном жире водородом с использованием никеля как катализатора. Точнее, это только одна из нескольких очень сложных реакций во время гидрогенизации. Продукты гидрогенизации – саломы – являются очень сложной смесью вследствие множества протекающих параллельно реакций, при которых происходят:

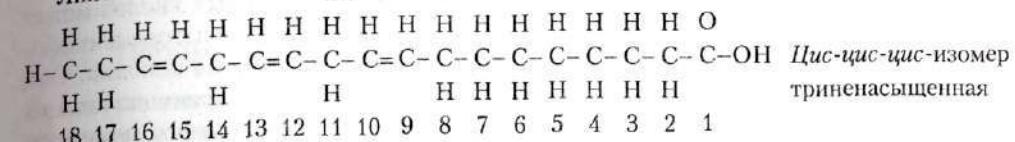
- насыщение двойных связей;
 - цикло-транс*-изомеризация двойных связей;
 - сдвиг местоположения двойных связей, обычно к более энергетически выгодному сопряженному положению.

С химической точки зрения жиры и масла являются соединениями глицерина и жирных кислот, называемыми *триглицеридами*. Части триглицеридов, которые могут изменяться при гидрогенизации, относятся к ненасыщенным жирным кислотам. Насыщенные жирные кислоты содержат только одинарные углерод-углеродные связи и химически являются наименее реакционноспособными. Физически они имеют более высокие температуры плавления и при комнатной температуре находятся в твердом состоянии. Ненасыщенные жирные кислоты содержат одну или более двойных углерод-углеродных связей и при комнатной температуре представляют собой жидкости с существенно более низкими точками плавления, чем соответствующие им насыщенные жирные кислоты. В процессе гидрогенизации становится возможной химическая реакция водорода с двойными связями угле-

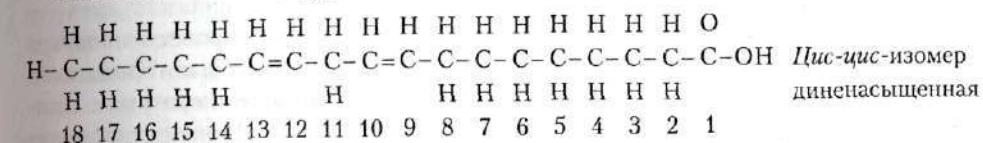
водородной цепи ненасыщенных жирных кислот, приводящая к большей степени насыщенности жирной кислоты, сдвигу двойной связи на новую позицию или переходу молекулы в *транс*-конфигурацию. Все эти изменения способствуют повышению температуры плавления жира. В табл. 2.2 показана химическая структура природной жирной кислоты, содержащей 18 атомов углерода, и изменения, возможные при ее гидрогенизации.

таблица 2.2. Структура жирных кислот

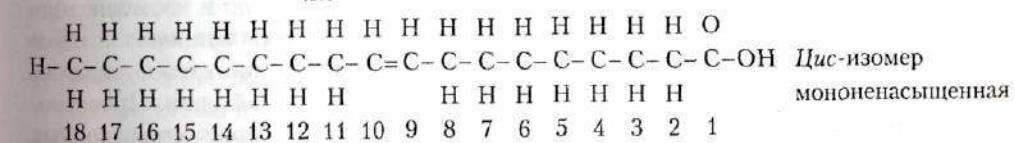
Диноленовая кислота ($C_{18:3}$), температура плавления -13°C



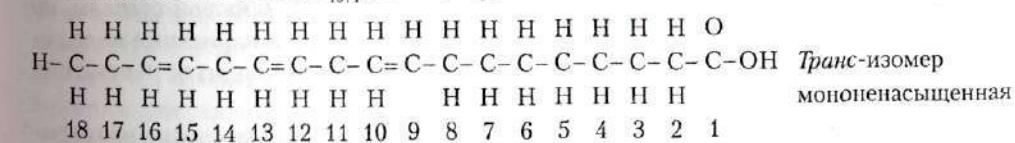
Линолевая кислота ($C_{18:2}$), температура плавления -7°C



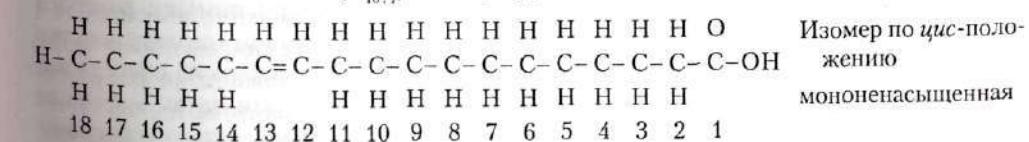
Олеиновая кислота ($C_{18:1}$), температура плавления 16 °С



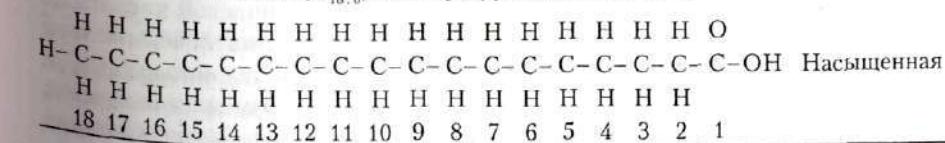
Элаидиновая кислота ($C_{18:1}$), температура плавления 43,7 °С



Петроселиновая кислота ($C_{18,1}$), температура плавления 30 °С



Стеариновая кислота ($C_{18:0}$), температура плавления 70 °С



Гидрогенизация может происходить только при смешивании трех реагирующих компонентов: ненасыщенного масла, катализатора и газообразного водорода. Для того чтобы водород смог диффундировать через жидкость к твердой поверхности катализатора, его необходимо предварительно растворить в жидком масле. Каждая адсорбированная на катализаторе ненасыщенная жирная кислота может реагировать с атомом водорода, что приводит к насыщению двойной связи, перемещению ее на новую позицию или изомеризации в более тугоплавкую *транс*-форму. Изомерия положения двойной связи и пространственная изомерия очень важны для производства частично гидрогенизованных жиров. При наличии в ненасыщенном масле для гидрогенизации моно-, ди- и триненасыщенных жирных кислот может возникнуть конкуренция за поверхность катализатора. На катализаторе адсорбируются преимущественно ди- и триненасыщенные углеводородные цепочки. Они частично изомеризуются или гидрогенизируются до мононенасыщенных, пока их концентрация не уменьшится до очень низкого уровня, позволяющего мононенасыщенным углеводородным цепям адсорбироваться на катализаторе и вступать в реакцию.

Достижение желательной степени гидрогенизации масложирового продукта обычно оценивается по содержанию твердых триглицеридов (ТТГ), которое характеризует количество твердых веществ в жире при различных температурах. Природные жиры не являются индивидуальными соединениями. Продукты гидрогенизации образуют еще более сложные смеси в результате параллельных реакций. Происходит не только насыщение водородом двойных связей, но и изомеризация некоторых остающихся связей: пространственная изомеризация приводит к образованию более высокоплавких *транс*-форм, изомеризация положения сдвигает двойную связь от ее естественного положения в углеводородной цепи. Пространственная или *цис-транс*-изомеризация приводит к получению продуктов, твердых при низкой температуре, но мягких при высокой, что приводит к крутым кривым плавления (графикам зависимости ТТГ от температуры). В меньшей степени, но достаточно существенно влияет на температуру плавления изомеризация положения, так как сдвиг двойной связи в углеводородной цепи приводит к изменению температуры плавления гидрогенизированного масла.

Кроме того, сдвиг связей может протекать одновременно с *цис-транс*-изомеризацией, что еще более усложняет производство гидрогенизированного масла.

Селективная гидрогенизация является инструментом, при помощи которого можно управлять процессом частичной гидрогенизации. Термином «селективность» обозначают порядок насыщения двойных связей водородом: в первую очередь эта реакция протекает с более ненасыщенными жирными кислотами, затем — с менее ненасыщенными. Теоретически в масле, отверженном при идеально соблюденной селективности, сначала вся линоленовая кислота ($C_{18:3}$) полностью восстановится до линолевой ($C_{18:2}$), прежде чем начнется восстановление линолевой кислоты до олеиновой ($C_{18:1}$); затем лишь после полного восстановления линолевой кислоты до олеиновой начнется восстановление олеиновой кислоты до стеариновой ($C_{18:0}$). К сожалению, в обычной практике этого не происходит, но возможно изменение степени гидрирования линолевой кислоты по отношению к степени гидрирования

олеиновой от высокоселективного (порядка 50 к 1) до менее селективного — 4 линоловых к 1 олеиновой. Последний режим обычно считается неселективным.

Образование тугоплавких ненасыщенных жиров или изомеризация сопутствуют гидрогенизации, и, по всей видимости, связаны с селективностью реакции. Поэтому при выборе оптимальных условий гидрогенизации для различных саломасов нужно находить компромисс между селективностью и нежелательным образованием *транс*-изомеров. Управление параметрами процесса, влияющими на протекание гидрогенизации жиров и масел, позволяет получить продукт с требуемыми функциональными свойствами.

2.7.1. Параметры процесса

Гидрогенизация представляет собой реакцию с участием трех компонентов: масла, водорода и катализатора. Реакция происходит на поверхности катализатора, где молекулы масла и газа адсорбируются и вступают в близкий контакт. Поэтому любые условия, влияющие на поверхность катализатора или регулирующие поступление газа к поверхности катализатора, будут воздействовать на направление и скорость реакции. К факторам, которые могут воздействовать на результаты гидрогенизации, относятся температура, интенсивность перемешивания, давление водорода в реакторе, количество катализатора, его тип, чистота газообразного водорода, вид и качество сырья. Влияние этих факторов описано ниже.

2.7.1.1. Температура

Гидрогенизация, подобно большинству химических реакций, протекает с более высокой скоростью при повышенных температурах. Повышение температуры приводит к уменьшению растворимости водорода в жидком масле при увеличении скорости реакции и к более быстрому удалению водорода из катализатора и уменьшению количества водорода на его поверхности, а следовательно, к более высокой селективности и образованию изомеров. В результате при повышении температуры увеличивается селективность, усиливается образование *транс*-изомеров, кривая плавления гидрогенизированного жира становится круче.

Поскольку гидрогенизация является экзотермической реакцией, при ее протекании будет выделяться тепло; уменьшение йодного числа на единицу приводит к повышению температуры реакции на 1,6–1,7 °C. Повышение температуры будет увеличивать скорость реакции до достижения оптимального значения. С этого момента для продолжения гидрогенизации требуется охлаждение реакционной смеси. Значение оптимальной температуры различается для различных продуктов, но для большинства масел, скорее всего, максимальная температура составляет 230–260 °C.

2.7.1.2. Давление

В большинстве случаев гидрогенизация пищевых жиров и масел проводится при давлении водорода в пределах от 0,7 до 4,0 бар. При низком давлении водород, растворенный в масле, не образует сплошного слоя на поверхности катализатора, в то

время как при высоком давлении он с легкостью насыщает двойные связи. Повышенная скорость насыщения приводит к снижению образования *транс*-изомеров и селективности, в результате кривая плавления становится более пологой.

2.7.1.3. Перемешивание

Главной функцией перемешивания является доставка растворенного водорода к поверхности катализатора, но, кроме того, перемешивание реакционной массы осуществляют для распространения нагревания или охлаждения в целях управления температурой и для супензирования катализатора по всей смеси масла в целях равномерного протекания реакции. Перемешивание оказывает значительное влияние на селективность и изомеризацию, понижая оба этих показателя, поскольку катализатор обеспечивается достаточным количеством водорода, чтобы повысить скорость реакции.

2.7.1.4. Количество катализатора

Скорость реакции гидрогенизации возрастает по мере повышения концентрации катализатора до определенной степени, затем она снижается. Увеличение скорости реакции вызвано увеличением активной поверхности катализатора, однако максимум наблюдается в связи с тем, что при очень высоких концентрациях катализатора водород не сможет растворяться достаточно быстро, чтобы в достаточной степени обеспечить этим реагентом большее количество катализатора. Селективность и образование *транс*-изомеров повышаются с увеличением концентрации катализатора, но в незначительной степени.

2.7.1.5. Тип катализатора

Выбор катализатора оказывает существенное влияние на скорость реакции, селективность и пространственную изомеризацию. Для гидрогенизации пищевых жиров и масел используются почти исключительно никелевые катализаторы, способ изготовления которых зависит от поставщика катализатора. Обычно никелевые катализаторы получают восстановлением никеля из его соли и либо закреплением его на инертной основе, либо осаждением в виде хлопьев на твердом жире, либо комбинацией того и другого. Активность катализатора зависит от количества активных центров, пригодных для гидрогенизации. Эти активные центры могут быть расположены на поверхности катализатора или глубоко в порах. Катализаторы с высокой селективностью позволяют производителям восстанавливать линолевую кислоту без образования излишних количеств стеариновой кислоты, получая таким образом продукт с хорошей окислительной стабильностью и низкой температурой плавления. Характеристики селективности катализатора не связаны с его способностью образовывать *транс*-изомеры жирных кислот, поскольку катализаторы могут значительно различаться по селективности, но все обычные никелевые катализаторы при одинаковых условиях образуют одинаковое количество *транс*-изомеров жирных кислот. Однако при обработке катализатора другими веществами, например, серой, количество *транс*-изомеров ненасыщенных жирных кислот увеличивается.

Отравление катализаторов серой приводит к производству гидрогенизированного масла с более высоким содержанием *транс*-изомеров. Реакция с серой ингибирует способность никеля адсорбировать и диссоциировать водород, снижая общую активность катализатора. Поскольку способность никеля к гидрогенизации понижается, его склонность ускорять изомеризацию повышается. Относительно высокая температура плавления гидрогенизированного масла при высоком йодном числе, что выражается в виде очень крутого наклона кривой плавления, является результатом высокого содержания *транс*-изомеров. В промышленных условиях целенаправленно обработанные серой катализаторы обеспечивают получение более однородного продукта, чем при отравлении катализатора серой во время обработки.

Для селективной гидрогенизации линоленовой кислоты соевого масла до линолевой в целях получения салатного масла с большей устойчивостью, лучшим вкусом и более высоким выходом при винтилизации использовался медно-хромитовый катализатор. Эти катализаторы имеют прекрасную селективность, но низкую активность, они более чувствительны к катализитическим ядам.

При исследованиях драгоценных металлов было выявлено, что они являются эффективными катализаторами гидрогенизации. Результаты показали, что при гидрогенизации саломасов в присутствии 0,0005% палладия, модифицированного серебром и висмутом, наблюдалась значительно более высокая активность, несколько более высокая селективность и образование большего количества *транс*-изомеров жирных кислот, чем при гидрогенизации такого же сырья с никелевым катализатором. Последующие исследования показали, что драгоценные металлы более активны при относительно низких температурах, чем никель. Масла гидрогенизировались с драгоценными металлами при 60 °C, в то время как для никелевого катализатора необходимы температуры в диапазоне 130–140 °C. Образование *транс*-изомеров возрастает при повышении температуры гидрогенизации, поэтому применение драгоценных металлов при низких температурах должно обеспечивать более низкое содержание *транс*-изомеров в гидрогенизированном продукте [59]. Палладий оказался в 30 раз более активным, чем никель: для замены 200 мг/дм³ никеля необходимо лишь 6 мг/дм³ палладия. Основным сдерживающим фактором использования палладия были экономические ограничения — высокие начальные затраты и проблемы регенерации незначительных количеств металла, необходимых для процесса.

2.7.1.6. Яды катализаторов

Рафинированные масла и водород могут содержать примеси, которые изменяют или отравляют катализатор. Каталитические яды являются фактором, который может оказывать существенное влияние на продукт. Яды значительно понижают эффективную концентрацию катализатора с последующим изменением селективности, изомеризации и скорости реакции. Примеси, присутствующие в исходном масле и водороде, как известно, отрицательно влияют на никелевый катализатор. Водород может содержать углекислый газ, сероводород или аммиак. В рафинирован-

ном масле могут присутствовать мыла, соединения серы, фосфатиды, влага, свободные жирные кислоты, минеральные кислоты и масса других веществ, которые могут изменить свойства катализатора. Исследования показали, что сера в количестве 1 мг/кг отравляет 0,004% никеля, 1 мг/кг фосфора – 0,0008% никеля, 1 мг/кг брома – 0,00125% никеля, 1 мг/кг азота – 0,0014% никеля. Сера влияет прежде всего на активность и усиливает изомеризацию, ингибируя способность катализатора поглощать и диссоциировать водород. Фосфор в форме фосфатидов и мыл влияет на селективность, перекрывая поры катализатора и препятствуя выходу триглицерива для повышения степени его насыщенности [60]. Влага и свободные жирные кислоты являются деактиваторами катализатора и понижают скорость гидрогенизации, химически реагируя с катализатором с образованием никелевых мыл.

2.7.1.7. Многократное использование катализатора

Гидрогенизация с повторно используемым катализатором имеет определенные экономические преимущества, если после первого использования сохраняется его достаточно высокая активность, однако в некоторой точке убывание активности прекращается в связи с проблемами фильтрования, а также изменением скорости реакции и селективности. Проблемы фильтрования заключаются в следующем:

- свободные жирные кислоты в маслах реагируют с катализатором с образованием никелевых мыл, которые могут засорять фильтры;
- уменьшение размера частиц в результате механического перемешивания приводит к образованию коллоидного никеля, который проходит через поры фильтра;
- для поддержания требуемого содержания никеля и его активности необходим избыток катализатора в связи с присутствием каталитических ядов и растворением в масле и вспомогательных веществах для фильтрования.

Селективность будет уменьшаться после каждого использования, в то время как *транс*-изомеризация возрастает при каждом повторном использовании катализатора. Также замечалось, что количество *транс*-изомеров в продукте растет быстрее, когда катализатор оставляют на воздухе после использования. Обычно производители жиров и масел используют новый катализатор для получения критического вида саломаса и допускают повторное использования катализатора для получения тех продуктов, где селективность не столь важна. Программа повторного использования катализатора должна предусматривать отделение отработанных катализаторов для их идентификации и последующего использования по партиям с тщательным контролем идентичности каждого. Сортировка партий производится на основе активности катализатора при последнем использовании. По мере понижения активности партии используются для получения продуктов, требующих все более низкой степени селективности, и на конечной стадии их применяют для получения твердого жира с низким йодным числом. При последнем использовании селективность не имеет никакого значения, потому что твердый компонент насыщается практически полностью, и нет никакого различия между селективным или неселективным катализаторами.

2.7.1.8. Исходные масла

Селективность при гидрогенизации зависит от вида имеющихся в триглицеридах ненасыщенных жирных кислот и их количества. Масла с высоким содержанием линоленовой или линолевой жирных кислот гидрогенизируются быстрее, давая продукт с более высокой температурой плавления, чем масла с высоким содержанием олеиновой кислоты. Относительная реакционная способность при гидрогенизации жирных кислот с 18 атомами углерода [61]:

Жирная кислота	Относительная реакционная способность
Линоленовая ($C_{18:3}$)	40
Линоловая ($C_{18:2}$)	20
Олеиновая ($C_{18:1}$)	1

2.7.2. Системы гидрогенизации

Периодическая гидрогенизация обычно используется в производстве пищевых масел прежде всего в связи с ее простотой и гибкостью, позволяющей использовать различные исходные масла. По существу, требуется реакционный резервуар, обычно называемый **конвертером**, способный выдерживать давление 7–10 бар, снабженный мешалкой, нагревающим и охлаждающим змеевиками, подачей водорода, насосами для закачивания и откачивания масла и пробоотборником для контроля процесса. Конвертер должен также быть обеспечен средствами управления тремя основными параметрами, влияющими на реакцию: давлением, температурой и скоростью перемешивания.

Для частичной гидрогенизации пищевых жиров и масел используют два различных метода: рециркуляционный и насыщения. В рециркуляционной системе свежий водород вводят в нижнюю часть резервуара, а его непрореагировавший остаток удаляют из свободного пространства над продуктом, очищают и возвращают в конвертер. При работе системы рециркуляции конвертер почти всегда заполнен водородом под давлением. Гидрогенизация начинается сразу же после внесения катализатора в масло, изменяет свою скорость в течение периода нагревания и после достижения конечной точки, когда рециркуляция прекращается. Температура реакции регулируется посредством циркуляции через охлаждающие змеевики воды, отводящей тепло, выделившееся в результате реакции. Гидрогенизированное масло выкачивают из конвертера, пропускают через внешний охладитель и подают на фильтр для удаления катализатора.

На рис. 2.6 приведена схема процесса гидрогенизации методом насыщения. Конвертер загружают маслом из дозирующей емкости или через измерительное устройство. В конвертере создается вакуум, способствующий деаэрации, осушению и предотвращению гидрогенизации во время нагревания паром до температуры реакции. Катализатор вносят во время нагревания в виде суспензии в масле. После достижения температуры реакции вакуум отключают и закачивают в резерву

ар водород до достижения определенного давления. Это давление поддерживается в течение всего процесса гидрогенизации. Конструкция мешалки должна обеспечивать эффективную дисперсию водорода и при этом создавать на поверхности масла завихрение, захватывающее водород из свободного пространства и втягивающее его обратно в масло. После того как за счет экзотермической реакции температура масла приблизится к требуемой максимальной температуре, в эмсевик подают охлаждающую воду. Во время протекания реакции из конвертера через отверстие про-боотборника отбирают пробы продукта для измерения степени гидрогенизации. Во время ожидания результатов лабораторного анализа, подтверждающих окончание процесса, перемешивание приостанавливают. После достижения конечной точки водород выпускают в атмосферу через вакуумную систему, затем охлаждают масло в конвертере, в резервуаре перепада давления или в теплообменнике. После охлаждения до 65 °С масло фильтруют через черновой фильтр-пресс для отделения катализатора. При гидрогенизации для удаления катализатора традиционно используют различные рамные фильтр-прессы.



Рис. 2.6. Схема периодического процесса гидрогенизации с использованием конвертера насыщения

Технологический процесс, протекающий в двух типах конвертеров, не имеет существенных отличий. В целом многие производители предпочитают реакторы насыщения, поскольку они обладают следующими преимуществами:

- требуют меньшего количества энергии;
- более гибки в эксплуатации;
- требуют меньших капиталовложений и эксплуатационных расходов;
- безопаснее, чем рециркуляционные установки.

Эксплуатационные характеристики установок насыщения позволяют получить более качественный продукт в связи со следующим особенностями:

- предотвращается окисление и гидролиз в результате деаэрации и обезвоживания, а также вакуумирования во время нагревания и охлаждения;
- более надежное управление реакцией позволяет повысить однородность продукта;
- существует возможность варьировать давление водорода и температуру.

Основная часть гидрогенизованных пищевых жиров и масел в США и других странах производится в конвертерах периодического действия. Непрерывные установки гидрогенизации были разработаны достаточно давно, но их промышленное применение было ограничено по некоторым причинам. Достоинства непрерывного процесса производства реализуются в максимальной степени при изготовлении больших количеств одинакового продукта. При замене одного продукта на другой возможно значительное отклонение показателей продукта от технических требований. Поскольку большинство производителей жиров и масел выпускают различные продукты, и им обычно требуются несколько видов саломасов, то в этом случае рациональнее использовать установки периодической гидрогенизации.

2.7.3. Контроль процесса гидрогенизации

При проведении гидрогенизации, за исключением выработки твердых жиров с низким йодным числом, основной задачей является получение частично гидрогенизированного саломаса с определенной заранее заданной консистенцией или предназначенного для смешивания с другими саломасами или маслами для получения готового продукта с требующейся функциональностью. Отдельные партии продукта могут иметь различную консистенцию даже при одинаковых условиях гидрогенизации, что обусловлено различиями свойств жирового сырья, активности и селективности катализатора, а также других незначительных параметров. Поэтому важно отработать систему управления реакцией, позволяющую остановить процесс при достижении необходимой консистенции. Обычно контроль саломаса производится в конце гидрогенизации, но может осуществляться и во время реакции, чтобы проследить за ходом процесса гидрогенизации. Консистенция большинства готовых шортенингов, маргаринов и других масложировых продуктов определяется аналитическими методами путем измерения таких показателей, как содержание твердых триглицеридов (ТТГ) при различной температуре (кривая плавления), йодное число (ЙЧ) и (или) температура плавления. Однако ограниченная продолжительность гидрогенизации требует более быстрого контроля. Для контроля конечной точки гидрогенизации используют следующие показатели саломаса:

- **Показатель преломления.** В результате гидрогенизации понижается как йодное число, так и показатель преломления масел. Соотношение между йодным

числом и показателем преломления зависит от молекулярной массы глицеридов, которая примерно одинакова для большинства масел. Исключение составляют масла с высоким содержанием лауриновой или эруковой жирных кислот. Корреляция между йодным числом и показателем преломления не совсем точна, возможны расхождения в пределах одной или двух единиц, но измерение данного показателя позволяет контролировать протекание реакции гидрогенизации и указывать на необходимость прервать реакцию для более точных измерений.

Температура каплепадения по Меттлеру. Соотношения значения йодного числа и температуры плавления может меняться при варьировании условий гидрогенизации, типа и количества катализатора, поэтому для большинства саломасов с йодным числом ниже 90 необходимо измерять и показатель преломления, и характеристики плавления. Определение температуры каплепадения по Меттлеру может обеспечить получение надежного результата для этих саломасов менее чем за 30 мин. Обычно масло гидрогенизируют до достижения определенного показателя преломления, после чего определяют температуру каплепадения по Меттлеру, которая является контрольным показателем. Если температура плавления (каплепадения) ниже необходимой, гидрогенизация продолжается, и процесс отбора проб и анализа повторяется до получения точно определенной точки плавления.

Быстрый титр. Показатель преломления редко используется в качестве контролируемого параметра при низких значениях йодного числа, т.е. при контроле гидрогенизации твердого жира. Снятие показаний на рефрактометре обычно производится при $(40,0 \pm 0,1)$ °С, твердые жиры при этой температуре будут затвердевать на призме. Твердые жиры слишком тугоплавки для определения температуры каплепадения и йодного числа, а общепринятые методики определения титра слишком трудоемки. В связи с этим для контроля конечной точки при производстве твердых жиров обычно используется определение «быстрого титра». При определении этого показателя стеклянный термометр опускают в горячий образец, отобранный непосредственно из конвертера, и вращают на воздухе до образования затвердевшей оболочки на шарике термометра. Корреляция между йодным числом и результатами определения быстрого титра зависит от вида исходного масла, поэтому при использовании этой методики анализа для каждого продукта должны быть установлены предельные значения.

2.7.4. Саломасы

Многие пищевые продукты состоят из ингредиентов, разработанных для определенного применения, а зачастую и специально для конкретных изделий или производственных технологий, используемых производителем. Разработка ингредиентов на заказ привела к расширению ассортимента продукции производителей жиров и масел от нескольких основных наименований буквально до сотен. Рецептуры этих масложировых продуктов могут требовать применения гидрогенизованных масел с различными характеристиками. Такая практика постоянно увеличивающе-

гося ассортимента готовых продуктов привела бы к неоправданно большому разнообразию обязательств резервуаров и применяемого оборудования. По этой причине большинство производителей жиров и масел для получения готового продукта с определенными свойствами используют систему изготовления жировых основ путем смешивания ограниченного количества гидрогенизованных жировых продуктов. Преимуществами хорошо разработанной системы производства жировых основ являются главным образом повышение управляемости и эффективности процесса [62]. Повышение управляемости происходит за счет следующих особенностей:

- возможность смешивания партий гидрогенизированного масла для усреднения незначительных колебаний;
- более высокая однородность партий вследствие более частого производства одного и того же продукта;
- уменьшение загрязнения благодаря возможности учитывать совместимость продуктов при составлении графика выработок;
- исключение отклонений в показателях продукта, полученного при попытках использовать переходные партии;
- исключение переработки в связи со снижением качества остатков перед их использованием.

Повышение эффективности при использовании системы производства саломасов связано со следующими возможностями:

- составление графика процесса гидрогенизации с учетом поддержания ассортимента саломасов, а не запросов заказчика;
- полная загрузка оборудования при гидрогенизации вместо выработки некоторой части от максимально возможной партии для удовлетворения имеющихся заказов;
- более быстрое выполнение заказов потребителя.

Требования разных производителей к саломасам различаются в зависимости от требований заказчика к показателям конечных продуктов. Системы саломасов могут предусматривать переработку нескольких исходных масел или могут быть ограничены одним основным видом масла. В любом случае ассортимент саломасов обычно состоит из гидрогенизованных продуктов нескольких типов, которые имеют широкий диапазон показателей, что позволяет при смешивании получать жировые продукты с необходимой консистенцией:

1. Саломасы с незначительной и высоко селективной гидрогенизацией масла.

Согласно многим спецификациям, жировые ингредиенты для пищевых продуктов должны представлять собой жидкое масло. Для обеспечения приемлемого срока годности необходимо низкое содержание полиненасыщенных соединений, т.е. линоленовая кислота ($C_{18:3}$) должна отсутствовать или, по крайней мере, ее количество должно быть сильно понижено. Этого можно достичь путем незначительной и высокоселективной гидрогенизации масел, относящихся к олеиново-линолевой группе, таких как соевое, подсолнечное или рапсовое. Во время гидрогенизации добиваются минимального снижения йодного числа, чтобы уменьшить образование насыщенных жирных кислот, при этом образо-

вание *транс*-изомеров в значительной степени подавляется. Для снижения образования *транс*-изомеров гидрогенизация должна протекать при низкой температуре. Следует применять высокое давление (3–4 бар) в сочетании с новым катализатором с высокой активностью, селективностью и сопротивлением ядам. Оптимальные условия для разных установок могут значительно различаться в зависимости от формы конвертера, конструкции мешалки, чистоты водорода и других параметров гидрогенизации. После гидрогенизации полученный саломас можно подвергнуть винтилизации или фракционированию, чтобы получить либо салатное масло с устойчивым вкусом, либо высокостабильное жидкое масло в зависимости от степени гидрогенизации. Эта группа саломасов также широко используется при составлении смесей маргарина с маслом, масел для жарки и специальных продуктов.

- Саломасы с частичной и умеренно селективной гидрогенизацией масла.** Для многих пищевых продуктов требуются масла и жиры, имеющие широкий диапазон пластичности и высокую устойчивость к окислению. Жиры должны быть мягкими и пластичными при комнатной температуре и не переходить полностью в жидкое состояние при 38 °C, имея температуру плавления лишь немного выше температуры человеческого тела. Стабильность важна в связи с вероятным использованием при температурах выпекания или жарки и ожидаемым длительным сроком годности. Для выполнения этих требований необходимо использование ряда противоречивых режимов производства. Максимальная стабильность достигается при преобразовании всей линоленовой и как можно большей части линоловой кислоты до олеиновой, для чего требуются высокоселективные условия. Однако такие условия также благоприятны для образования *транс*-изомеров, которые в данных продуктах нежелательны. Для *транс*-изомеров характерна более высокая температура плавления, чем для нормальной олеиновой кислоты без улучшения стабильности. Кроме того, образование *транс*-изомеров приводит к ограничению количества насыщенных жирных кислот, которые повысили бы стабильность и послужили для расширения диапазона пластичности, обеспечивая желательную плотность при высоких температурах. Обычно для получения саломасов с пологими кривыми плавления используются умеренно селективные условия, например, относительно низкие температуры (150–175 °C) при высоком давлении (1,3–2,0 бар) с селективным катализатором, который подавляет образование *транс*-изомеров. Следует избегать повторного использования катализаторов, поскольку оно способствует образованию *транс*-изомеров.
- Саломасы с частичной и высокоселективной гидрогенизацией масла.** Физические свойства этих жировых продуктов характеризуются крутыми кривыми плавления или высоким содержанием твердых жиров при более низких температурах измерения и отсутствием твердых веществ при температурах выше температуры человеческого тела. Гидрогенизация этих саломасов должна проводиться при высокоселективных условиях: высокой температуре и низком давлении. Для достижения необходимой высокой селективности одновременно с образованием *транс*-изомеров может применяться катализатор, использу-

смый повторно, иногда усиленный новым, очень селективным катализатором. Эти саломасы хорошо себя показали в качестве основы маргаринов, высокостабильных фритюрных жиров, заменителей молочных продуктов, начинок и других продуктов, требующих четко выраженной температуры плавления и высокой стабильности вкуса при необходимой твердости при комнатной температуре.

- Низкойодные твердые жиры.** Эти саломасы часто называют полностью гидрогенизованными твердыми жирами, или стеаринами, однако нормативные документы требуют нулевого значения йодного числа лишь для полностью насыщенных жиров. Поскольку для проведения гидрогенизации этих жиров единственным критерием является активность катализатора, можно применять повторно используемый катализатор. Обычно для максимального ускорения реакции используют высокое давление (4 бар или выше) и высокую температуру (230 °C).

В табл. 2.3 рассмотрена система саломасов, вырабатываемых из соевого масла, которая состоит из семи гидрогенизованных масел: от незначительно гидрогенизированного ($\text{ЙЧ} = 109$) до насыщенного твердого жира с ЙЧ не более 8. Использование подобной системы саломасов, разработанной для получения необходимых жировых продуктов путем смешивания, позволяет производителям жиров и масел в наибольшей степени удовлетворить требования спецификаций на шортенинги при смешивании двух или более саломасов, за исключением некоторых специальных жиров, которые можно изготовить только при особых условиях гидрогенизации.

Содержание ТТГ при разных температурах (кривая плавления) является одним из самых важных способов оценки консистенции; это также показатель селективности условий используемых при изготовлении отдельных саломасов. Для построения кривой плавления измеряется количество твердых веществ, присутствующих в жире, при различных температурах, начиная с температуры ниже комнатной до температуры выше человеческого тела. Жир может выглядеть твердым, но на самом деле быть полутвердым и не иметь определенной температуры плавления. Природные и гидрогенизованные жиры и масла плавятся в широком диапазоне температур. При определении содержания ТТГ измеряют количество твердой (нераспавшейся) части жира в широком диапазоне температур. Эти результаты связаны с консистенцией масложировых продуктов, характеризуя их мягкость, пластичность, другие физические и органолептические свойства, важные для их использования в качестве ингредиентов в готовых продуктах питания. Наклон кривой плавления показывает влияние селективности гидрогенизации на консистенцию. Более кругой наклон кривой свидетельствует о более селективных условиях гидрогенизации, т. е. максимально возможной температуре, наиболее низком давлении и наиболее высоком уровне селективности катализатора. Наклон кривой плавления становится более пологим при менее селективных условиях реакции гидрогенизации: более низких температурах, более высоком давлении и низком уровне селективности катализатора. Это влияние показано на рис. 2.7 на примере различных саломасов.

Таблица 2.3. Система саломасов, вырабатываемых из соевого масла

Наименование показателя	Тип саломаса					
	1	2	3	4		
Йодное число, г J ₂ /100 г	109	85	80	74	66	60
						Менее 8
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	—	30 ± 2	33 ± 2	35 ± 1	43 ± 2	46,5 ± 1,5
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 °С	Не более 4,0	18 ± 3	25 ± 3	41 ± 3	62 ± 3	68 ± 3
21,1 °С	Не более 2,0	8 ± 2	12 ± 3	24 ± 3	50 ± 3	59 ± 3
26,7 °С	—	3 ± 1	5 ± 1	16 ± 3	45 ± 3	54 ± 3
33,3 °С	—	—	—	Не более 3,5	26 ± 3	40 ± 3
40,0 °С	—	—	—	—	6 ± 3	16 ± 2
Быстрый титр, °С	—	—	—	—	—	52 ± 2
Жирнокислотный состав, %:						
пальмитиновая C _{16:0}	10,8	10,2	10,1	10,9	10,7	10,7
стеариновая C _{18:0}	4,4	6,4	7,0	8,2	15,2	20,8
олеиновая C _{18:1}	44,3	68,2	72,0	75,0	70,7	66,3
линоплевая C _{18:2}	37,7	15,2	10,9	5,9	3,1	2,2
линопленовая C _{18:3}	2,8	—	—	—	—	—
Транс-изомеры, %	14,8	22,7	25,3	44,7	45,5	45,0
						0

Условия гидрогенизации	Неселективные		Селективные		Неселективные	
Температура подачи газа, °С	150	150	150	150	150	150
Температура гидрогенизации, °С	163	177	177	227	227	227
Давление, бар	3–4	1,3	1,3	0,7	0,7	0,7
Катализатор, % никеля	0,01	0,02	0,02	0,02–0,04	—	0,04–0,08
Перемешивание	←	Постоянное	→			

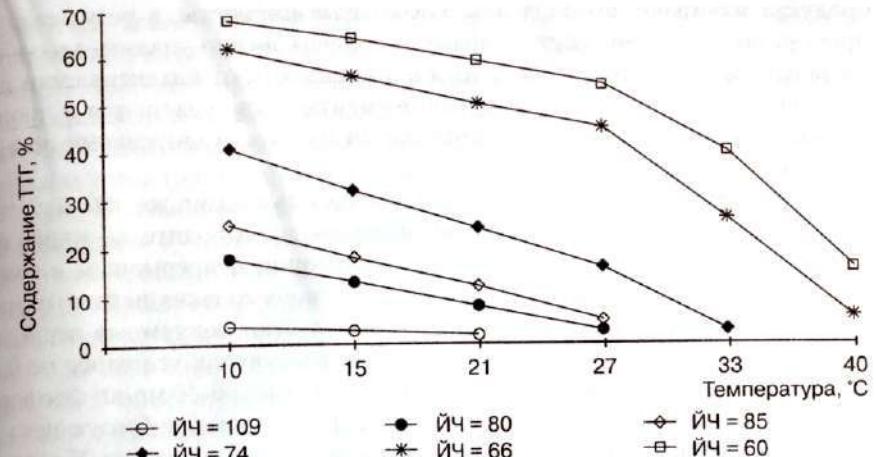


Рис. 2.7. Кривая плавления саломасов, полученных из соевого масла

2.8. Дополнительное отбеливание

Дополнительная операция отбеливания, проводимая сразу же после процесса гидрогенизации, имеет три основные цели:

- удаление следов никеля, который остался в масле после отделения катализатора фильтрованием;
- удаление нежелательной окраски, обычно зеленоватого оттенка;
- удаление пероксидов и продуктов вторичного окисления.

В этом процессе отбеливания используются главным образом отбеленная глина и кислота, образующая хелатные комплексы с металлами, что позволяет снизить остаточное содержание никеля до минимального уровня. После удаления катализатора фильтрованием через фильтр-пресс в гидрогенизированном масле может оставаться до 50 мг/кг никеля, главным образом в коллоидной форме. Следовые количества никеля, остающиеся в масле, неблагоприятно влияют на стабильность продукта, ускоряя процесс окисления. По окончании операции дополнительного отбеливания содержание металлов в маслах должно понизиться до уровня, обеспечивающего окислительную стабильность масла: никель — менее 0,1 мг/кг, медь — менее 0,02 мг/кг.

В гидрогенизированных маслах может появиться зеленый оттенок вследствие обесцвечивания желтых и красных маскирующих пигментов при высокотемпературной обработке во время гидрогенизации. В ходе гидрогенизации каротиноидные пигменты могут быть восстановлены до бесцветной формы, в то время как максимум поглощения хлорофилльных пигментов смещается от 660 до 640 нм. После устранения маскирующего воздействия красноватых пигментов в формировании

цвета продукта начинают преобладать зеленоватые пигменты, в результате чего масла приобретают зеленый цвет. Зеленые пигменты можно удалить адсорбцией на активированных кислотой глинах, хотя в зависимости от интенсивности цвета возможны некоторые сложности. Зеленые пигменты легче удаляются в процессе предварительного отбеливания, до стабилизации цвета при нагревании во время гидрогенизации.

Системы дополнительного отбеливания могут быть такими же, как и системы предварительного отбеливания. Однако большинство производителей жиров и масел предпочитают периодические системы отбеливания непрерывным в связи с производством большого ассортимента саломасов из нескольких исходных масел. В целях защиты масел от окисления обычно используют вакуумные периодические системы. Обычно отбеливание проводят при следующих условиях: от 0,1 до 0,2% активированной отбеленной глины, внесение примерно 10 мг/кг фосфорной кислоты или 50 мг/кг лимонной кислоты в качестве комплексообразующего реагента, проведение процесса при 82 °С и остаточном давлении вакуума 25 мм рт. ст. После отбеливания отработанную глину и адсорбированные загрязнения удаляют фильтр-прессом, масло охлаждают до 55 °С и направляют для дальнейшей обработки или используют при смешивании саломасов.

Альтернативой дополнительного отбеливания, осуществляемой некоторыми производителями, является внесение активированного угля в масло с катализатором во время гидрогенизации. Активированный уголь очень эффективен при удалении хлорофилльных пигментов. После фильтрования масло обрабатывают лимонной или фосфорной кислотой и проводят полирующее фильтрование, позволяющее задержать коллоидные соединения металлов, остающиеся в масле, и следы углы, которые прошли через фильтр для удаления катализатора.

2.9. Переэтерификация

Термин **переэтерификация** относится к реакции жиров и масел, в которой сложные эфиры жирных кислот реагируют между собой или с жирными кислотами, в результате чего происходит обмен жирнокислотными группами, и образуются новые сложные эфиры. В упрощенном виде переэтерификацию можно рассматривать как расщепление отдельных глицеридов, удаление случайно выбранной жирной кислоты, перемешивание ее с остальными жирными кислотами и замещение другой, случайно выбранной, жирной кислотой. В связи со случайным протеканием перегруппировки жирных кислот натуральных масел и жиров процесс переэтерификации иногда называют **рандомизацией, перегруппировкой или модификацией**.

Натуральные жиры и масла представляют собой смеси триглицеридов, содержащих в своем составе различные жирные кислоты. Функциональные свойства жиров и масел как компонентов готовых пищевых продуктов непосредственно связаны с типом триглицеридов, входящих в состав жира. Тип триглицерида определяется составом жирных кислот и их распределением в отдельных молекулах триглицеридов. Распределение жирных кислот в отдельной молекуле триглицерида

и количество триглицеридов каждого типа зависит от соотношения отдельных жирных кислот, вида жира или масла и хода обработки продукта. Для каждого жира и масла природой предусмотрено характерное распределение жирных кислот в глицеринах, которое влияет на консистенцию продукта — его твердое или жидкое состояние. Тринасыщенные триглицериды создают структуру, динасыщенные мононасыщенные триглицериды обеспечивают и структуру, и пластичность, а более низкоплавкие ненасыщенные триглицериды придают жиру только пластичность. В табл. 4.4 (глава 4) приведены температуры плавления наиболее распространенных триглицеридов, обнаруженных в большинстве жиров и масел линолево-олеиновой группы [61]. Процессы переэтерификации могут изменить первоначальное распределение жирных кислот в триглицеридах продукта, что приведет к изменению характеристик плавления и кристаллизации по сравнению с первоначальным маслом или жиром. В отличие от гидрогенизации, переэтерификация не влияет на степень насыщения и не вызывает изомеризации двойной связи жирных кислот. Этот процесс не меняет жирнокислотный состав исходного вещества, но приводит к перегруппировке жирных кислот в молекуле глицерина. Процесс переэтерификации можно рассматривать как случайное удаление жирных кислот из молекул триглицерида, перемешивание этих кислот и присоединение к глицериду жирных кислот, выбранных случайнym образом. Это изменение распределения жирных кислот в глицеринах влияет на физическое состояние и свойства жиров.

Промышленный процесс переэтерификации используется для переработки низевых жиров и масел в целях получения жиров для кондитерских изделий, глазурей, маргаринов, а также кулинарных и фритюрных жиров, шортенингов и других продуктов специального применения. Переэтерификация не имела широкого распространения в Соединенных Штатах, за исключением некоторых особых случаев применения:

- модификация свиного жира для его применения в качестве пластичного шортенинга;
- случайная перегруппировка лауриновых жиров для кондитерских изделий или для глазури.

Переэтерификация свиного жира проводилась в целях изменения состава триглицеридов, позволяющего улучшить физические свойства продукта по сравнению с исходным жиром. Пластифицированный шортенинг, изготовленный из рандомизированного свиного жира, имеет более однородный внешний вид и текстуру в связи с изменением его кристаллической структуры от бета (β) до бета-прим (β'), что также способствует сохранению его внешнего вида в процессе хранения при более высокой способности ко взбиванию. В настоящее время рынок сбыта свиных шортенингов высокого качества больше не существует в результате снижения использования животных жиров и ценовой конкуренции со стороны растительных масел. Использование переэтерификации в Соединенных Штатах началось с производства специальных жиров с добавленной стоимостью, таких как кондитерские жиры или жиры для глазури. Эти жиры, называемые также **твёрдыми маслами**, используются как заменители масла какао в глазури и других продуктах, характеризующихся относительно высоким содержанием твердого при комнатной температуре

жира с четко выраженной температурой плавления. Переэтерифицированные масла твердой консистенции обычно получают путем перегруппировки гидрогенизированного пальмового или кокосового масла с небольшими добавками других растительных масел для корректировки температуры плавления. В других странах переэтерификация широко применяется для получения саломасов или готовых основ для маргаринов, кулинарных жиров, эквивалентов масла какао и других специальных жиров [60].

Двумя основными типами переэтерификации или перегруппировки являются случайные и направленные химические процессы. При случайной переэтерификации жирнокислотные радикалы свободно перемещаются с одной позиции на другую в одном и том же глицериде, или от одного глицерида к другому. После перегруппировки жирных кислот достигается равновесие, которое основано на составе исходного сырья и может быть предсказано на основе теории вероятности. Направленная перегруппировка препятствует усреднению жирнокислотного состава, сдвигая равновесие в смеси. Этот процесс осуществляется при низких температурах, чтобы обеспечить кристаллизацию части смеси, в то время как обмен жирными кислотами продолжается в жидкой фазе. При этом образуются продукты различного состава, содержащие более высокую долю тугоплавких глицеридов и соответствующую более высокую долю очень легкоплавких глицеридов. Степень различия зависит от температуры, продолжительности и других условий реакции.

Третий тип перегруппировки, ферментативная переэтерификация, в настоящее время используется в Европе для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью, таких как жиры с определенной триглицеридной структурой, используемые в кондитерской промышленности. Главными преимуществами ферментативной переэтерификации по сравнению с химическими процессами являются специфичность, присущая каталитическому действию липазы, и более высокая управляемость реакций. Модификация масла липазами выполняется в безводных условиях при температурах до 70 °C. В настоящее время в промышленности применяются два типа липаз: случайная, при использовании которой образуются такие же продукты, как и при химической/randомизации, и 1,3 специфическая липаза, которая позволяет получать триглицериды определенного состава с высоким выходом [60].

2.9.1. Катализаторы химической перегруппировки

Перегруппировка жирных кислот может произойти без использования катализатора при температуре 250 °C или выше, но большинство производителей для ускорения реакции используют щелочные металлы или их алкоголяты. В случае протекания реакции при высоких температурах в отсутствие катализатора равновесие достигается медленно, а также происходят другие нежелательные изменения (т. е. изомеризация, полимеризация и деструкция). В промышленности применяются следующие катализаторы химической перегруппировки [64, 65]:

- **Метилат натрия** (алкоголят щелочного металла) является наиболее широко используемым низкотемпературным катализатором переэтерификации. Он активен при довольно низкой температуре, ускоряет реакцию, имеет относитель-

но низкую цену, не требует применения вакуума во время обработки и легко диспергируется в жире. Метилат натрия используется или в виде порошка, или в виде дисперсии в растворителях, например в ксиоле, в очень малых количествах – 0,1% при низком содержании свободных жирных кислот в исходном сырье и отсутствии влаги, однако средний диапазон дозировок 0,2–0,4%.

Сплав калия и натрия, который используется как катализатор переэтерификации при дозировке 0,05–0,1%, при комнатной температуре является жидкостью и не требует диспергирования в растворителе для введения в реакцию. Он может катализировать низкотемпературные реакции быстрее, чем другие катализаторы, но требует вертикального перемешивания и обычно дороже, хотя обеспечивает низкие потери масла. Реакция переэтерификации начинается почти мгновенно после внесения катализатора и заканчивается за 5 мин. Исходные масла или жиры перед добавлением этого катализатора должны быть очень сухими. Щелочные металлы будут реагировать с влагой с выделением водорода, который может инактивировать катализатор. Кроме того, это создает возможность взрыва вследствие нагревания и выделения водорода, образующегося при дезактивации катализатора.

Гидроокиси натрия или калия являются наиболее дешевыми катализаторами перегруппировки, но они должны использоваться в сочетании с глицерином и требуют проведения реакции в две стадии, под вакуумом и при высоких температурах для повышения эффективности реакции. На первой стадии, проводимой при 60 °C, происходит нейтрализация присутствующих свободных жирных кислот, высушивание масла и диспергирование катализатора. В течение второй стадии реакционная смесь для осуществления перегруппировки нагревается до 140–160 °C. Для протекания реакции катализатор должен сочетаться с глицерином, поэтому обычно образуются небольшие количестваmono- и диглицеридов.

Соединения, описанные выше, скорее всего не являются истинными катализаторами реакции переэтерификации, но служат затравкой для образования такого катализатора. Вероятнее всего активными катализаторами являются промежуточные продукты, образующиеся в жире, такие как глицерат натрия. После диспергирования катализатора в предварительно высушенном масле приблизительно при 60–80 °C образуется белая суспензия. После нагревания появляется характерный коричневый цвет, что свидетельствует о начале реакции. Изменение цвета связано с образованием активного катализатора, который, вероятно, представляет собой промежуточный глицерат-анион.

Катализатор перегруппировки должен инактивироваться и удаляться в конце процесса, поскольку переэтерификация является обратимой реакцией. Большинство химических катализаторов могут удаляться посредством промывки реакционной смеси водой, что позволяет отделить обогащенную солями или мылом водную фазу. Альтернативный метод состоит в завершении реакции путем внесения фосфорной кислоты и удаления твердых фосфорнокислых солей фильтрацией. Любой из известных способов удаления катализатора приводит к потере продукта:

- Потери при завершении реакции путем внесения фосфорной кислоты:**
 - Катализатор.** Один грамм катализатора метилата натрия приводит к образованию переэтерифицированного продукта, 5,519 г сложных метиловых эфиров, 5,67 г натриевого мыла и 2,13 г диглицеридов. Потери с использованным катализатором могут быть рассчитаны как 11,2 кг потерянного продукта на каждый кг использованного катализатора.
 - Удержание масла в отбеленной глине.** Можно предполагать, что отбеленная глина удерживает нейтральное масло в количестве, равном своей массе, или 0,1% отбеленной глины удалит фосфорнокислые соли и удержит 0,1% нейтрального масла.
 - Потери в дезодораторе.** Дезодорация до содержания свободных жирных кислот 0,05% влечет за собой потери, соответствующие количеству удаляемых кислот.
- Потери при завершении реакции путем добавления воды.** Этот процесс нейтрализации добавляет к тем потерям, которые происходят при завершении процесса с использованием фосфорной кислоты, масло, увлекаемое водой при промывке. Единственной экономией при этом способе является отсутствие затрат на фосфорную кислоту, однако улучшение качества масла при завершении реакции с водой может оправдать возросшие расходы.

2.9.2. Контроль окончания реакции

В начале химической реакции появляется коричневый цвет, по мере протекания реакции он становится более насыщенным. В большинстве операций реакция может протекать в течение определенного периода времени после появления коричневого цвета, по истечении которого необходимо отобрать пробы для анализа, подтверждающего завершение реакции. Момент окончания реакции чаще всего определяют по изменению характеристики, выбор которой зависит от исходного масла или обрабатываемой смеси масел. Обычно изменение характеристики обусловлено определенными изменениями продукта. Влияние переэтерификации глицеридных смесей на их свойства в разных случаях различается в зависимости от состава исходного жира, состава композиции жиров или предшествующей обработки.

2.9.2.1. Температура плавления

Переэтерификация может повышать, понижать температуру плавления, или же не влиять на нее в зависимости от глицеридного состава исходного жира или масла. В смеси полностью гидрогенизованного жира с большим количеством жидкого масла, имеющей высокую температуру плавления, при переэтерификации будет понижаться содержание тринасыщенных глицеридов, что приведет к снижению температуры плавления. Если процесс рандомизации применяют к маслу, в котором достаточно высокая доля твердых жирных кислот, но полностью отсутствуют тринасыщенные глицериды, например, к хлопковому, температура плавления повысится, поскольку этот процесс увеличивает долю полностью насыщенных триглицеридов. Изменения температур плавления до и после случайной перегруппи-

ровки показаны в табл. 2.4 [64–66]. Для того чтобы идентифицировать возможное изменение жиров, нужно установить характерные границы температуры плавления и пригодность этого аналитического метода для контроля окончания реакции. В некоторых случаях изменения температуры плавления не происходит или оно может быть таким слабым, что будет находиться в пределах средней аналитической ошибки. Несмотря на то что метод определения температуры плавления является быстрым и воспроизводимым, он не может использоваться для контроля окончания реакции переэтерификации во всех случаях.

Таблица 2.4. Изменение температуры плавления при случайной перегруппировке

Жиры и масла	Temperatura pлавления, °C	
	исходного масла	после перегруппировки
Соевое масло	-7,0	5,5
Хлопковое масло	10,5	34,0
Свиной жир	43,0	43,0
Твердые животные жиры	46,2	44,6
Пальмовое масло	39,4	42,7
Пальмоядровое масло	28,3	26,9
Кокосовое масло	25,5	28,2
Гидрогенизированное пальмоядровое масло	45,0	34,4
Гидрогенизированное кокосовое масло	37,8	31,6

2.9.2.2. Содержание твердых триглицеридов

Аналитический контроль содержания твердых триглицеридов для достижения точности результатов, позволяющей установить изменение состава жира, требует измерения данного показателя при нескольких температурах, что занимает очень много времени. Но возможны ситуации, когда небольшое изменение температуры плавления сопровождается значительными изменениями содержания ТТГ и наклона кривой по всему диапазону температур, важных для функциональности жира.

Изменение содержания тринасыщенных и динасыщенных глицеридов при переэтерификации отражаются на графике содержания ТТГ до и после реакции. На рис. 2.8 показано влияние переэтерификации на два жировых продукта различного происхождения: натуральный свиной жир и гидрогенизированное пальмоядровое масло. Эти результаты подтверждают, что влияние перегруппировки зависит от состава исходного жирового продукта [67, 68]. Переэтерифицированный свиной жир имеет более пологий наклон кривой плавления, вызванный более высоким содержанием тринасыщенных глицеридов, что является более желательной основой для шортенинга. Переэтерифицированное гидрогенизированное пальмоядровое масло имеет более крутой наклон кривой плавления при более низкой температуре плавления, что свидетельствует об улучшении пищевых характеристик. Анализ на со-

держание ТТГ полезно применять при составлении рецептур и для подтверждения того, что достигнуты заранее установленные результаты, но, вероятно, этот анализ слишком длителен, чтобы использовать его для определения момента окончания реакции переэтерификации.

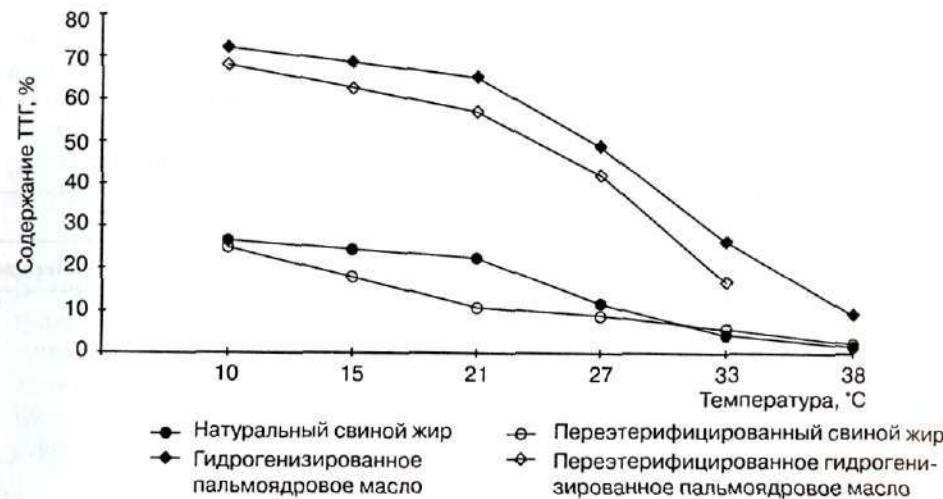


Рис. 2.8. Влияние перегруппировки на содержание твердых триглицеридов

2.9.2.3. Дифференциальная сканирующая калориметрия

Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) наиболее полезна для изучения кинетики кристаллизации и плавления смесей триглицеридов в динамических условиях. Термограммы нагревания и охлаждения, полученные методом ДСК, показывают определенные отличия между некоторыми жирами и маслами до и после процесса переэтерификации. Форма кривой охлаждения основана на том, что кристаллы жира выделяют тепло в ходе образования из жидкого жира и поглощают тепло при плавлении. Большие кристаллы отдают тепло при формировании так быстро, что температура жира может быстро повышаться во время цикла охлаждения. Завершение переэтерификации свиного жира лучше всего выявляется по кривой охлаждения, на которой исчезает участок, соответствующий нагреванию при кристаллизации, характерный для непрореагированного свиного жира. Завершение переэтерификации для лауриновых масел твердой консистенции или жиров для глазурей можно определить по отсутствию участка быстрого затвердевания полностью насыщенных глициеридов при охлаждении.

2.9.2.4. Композиционный анализ триглицеридов

Основным изменением, происходящим из-за переэтерификации, является изменение триглицеридного состава, поэтому метод анализа, позволяющий определить состав триглицеридов, должен наиболее точно определять конец реакции. С ис-

пользованием методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) можно разделить триглицериды в соответствии со степенью их насыщенности или по молекулярной массе.

2.9.3. Процесс случайной химической переэтерификации

Случайная химическая перегруппировка жиров и масел может достигаться как при периодическом, так и при непрерывном процессе переэтерификации. В обоих случаях имеют место три важных шага перегруппировки:

- предварительная обработка масла;
- реакция с участием катализатора;
- инактивация катализатора.

Типичный реактор периодической переэтерификации оборудован мешалкой, нагревающим и охлаждающим змеевиками, системой для барботирования азота и оборудованием для вакуумирования. Процесс периодической переэтерификации протекает в несколько стадий [64, 65, 67]:

- Исходный жир (масло) нагревают до 120–150 °C в реакторе под вакуумом в целях удаления влаги. Эта стадия важна, поскольку влага инактивирует катализатор. При влажности жира выше 0,01% для завершения реакции требуется дополнительное количество катализатора, что влечет за собой увеличение потерь продукта. Согласно эмпирическому правилу, каждые 0,1% катализатора метилата натрия приводят к потере 1,1% нейтрального масла.
- После высушивания жир охлаждают до температуры реакции, которая варьируется от 70 до 100 °C в зависимости от продукта и необходимых условий обработки. Порошок метилата натрия поступает в реактор в результате засасывания вакуумом. Дозировка катализатора должна обеспечить такое его количество, чтобы после нейтрализации свободных жирных кислот (СЖК) оставался небольшой избыток, который и будет катализировать реакцию случайной перегруппировки. С учетом того, что одна часть метилата натрия будет нейтрализовать 5,26 частей стеариновой жирной кислоты, а для катализитического действия достаточно 0,06% избытка метилата, необходимое для проведения реакции количество катализатора (K, %) можно рассчитать по формуле:

$$K = (СЖК \cdot 0,19) + 0,06.$$

Смесь масла и катализатора перемешивают в течение 30–60 мин до образования белой суспензии, что служит признаком хорошей дисперсии, или до появления характерного коричневого цвета, указывающего на протекание переэтерификации. В этот момент производится отбор проб для лабораторного анализа, чтобы определить, завершилась ли реакция или же требуется некоторое время или дополнительное внесение катализатора для достижения установленной конечной точки.

- После подтверждения наступления конечной точки результатами лабораторных анализов катализатор, оставшийся в реакторе, нейтрализуют. Нейтрализация

может заключаться в добавлении фосфорной кислоты или двуокиси углерода (CO_2) перед промывкой водой, что инактивирует катализатор. Вода вступает в реакцию с метилатом натрия с образованием гидроокиси натрия и метилового спирта, которые реагируют с нейтральным маслом, образуя мыла и сложные метиловые эфиры. Потери продукта минимальны, если перед промывкой водой катализатор уже нейтрализован фосфорной кислотой или CO_2 .

Непрерывный процесс переэтерификации протекает по такому же пути, что и периодический, но на другом оборудовании. Пример схемы непрерывного технологического процесса приведен ниже. Масло нагревают с использованием теплообменника и высушивают в вакуумной сушилке, пока содержание влаги не уменьшится до 0,01% и ниже. Катализатор вводят в поток горячего масла и гомогенизируют для равномерного распределения. Затем гомогенизированную смесь пропускают через трубчатый реактор. Продолжительность пребывания в реакторе можно регулировать, изменяя длину трубы. Катализатор инактивируют водой, затем смесь центрифугируют в целях отделения мыл от масла. После разделения продукт сушат под вакуумом для удаления оставшихся следов влаги.

2.9.4. Процесс направленной химической переэтерификации

В процессе направленной перегруппировки один или несколько триглицеридов, образующихся при переэтерификации, селективно удаляются в процессе протекания реакции. Тринасыщенные глицериды кристаллизуются и уходят из сферы реакции при охлаждении смеси ниже точки плавления. Эта избирательная кристаллизация нарушает равновесие, и для его восстановления реакция будет смещаться в сторону образования большего количества тринасыщенных глицеридов. Теоретически этот процесс мог бы продолжаться до тех пор, пока все насыщенные жирные кислоты не преобразуются в тринасыщенные глицериды и не выделятся в кристаллическом виде. Поскольку в таких условиях реакция направлена на получение триглицеридов определенного типа, ее называют **направленной переэтерификацией**.

При направленной переэтерификации эффективны лишь те катализаторы, которые активны при низких температурах. Кроме того, большое значение имеет скорость случайной перегруппировки, поскольку скорость осаждения тринасыщенных глицеридов не может превышать скорость их образования в жидкой фазе. Сплав калия и натрия (NaK) в большей степени подходит для направленной переэтерификации, чем натрий или метилат натрия в связи с его большей активностью при низких температурах.

Для направленной переэтерификации обычно используется непрерывный процесс, потому что периодический процесс труднее поддается контролю и требует большого количества дополнительных резервуаров. Технологическая схема процесса непрерывной направленной переэтерификации состоит из следующих стадий [64, 67, 69]:

1. Масло высушивают под вакуумом до содержания влаги не более 0,01%.
2. После высушивания масло охлаждают с использованием теплообменника до температуры, немного превышающей температуру плавления.

3. Тщательно отмеренное количество кристаллов NaK вносят в масло, смешивают с ним и гомогенизируют до образования суспензии катализатора в масле.
4. Гомогенную смесь быстро охлаждают с использованием скребкового теплообменника до заранее намеченной температуры, чтобы вызвать кристаллизацию тринасыщенных глицеридов.
5. Охлажденную смесь перекачивают в резервуар с мешалкой, где переэтерификация продолжается при тщательно контролируемом перемешивании. На этой стадии тринасыщенные глицериды кристаллизуются, в то время как в жидкой фазе продолжается их образование в результате реакции переэтерификации.
6. При кристаллизации тринасыщенных глицеридов выделяется значительное количество тепла, за счет чего температура реакции может превысить заданное значение, что потребует повторного охлаждения скребковым теплообменником.
7. После повторного охлаждения масло перекачивают в другой резервуар с управляемой мешалкой, где осаждение тринасыщенных глицеридов и переэтерификация продолжаются до завершения реакции. Кристаллизация замедляется, поскольку снижается количество тринасыщенных глицеридов, поэтому данная стадия требует большего количества времени для завершения реакции. Уровень тринасыщенных глицеридов в конечном продукте может быть скорректирован при изменении продолжительности пребывания продукта в кристаллизаторе, температуры кристаллизации или обоих этих показателей.
8. После завершения реакции катализатор «нейтрализуют» путем внесения воды. Количество воды рассчитывают таким образом, чтобы обеспечить желательную текучесть смеси для последующего центрифугирования в целях удаления мыльной фазы. Омыление жира может быть несколько снижено путем добавления одновременно с водой CO_2 , чтобы из щелочного раствора создать буфер с более низким pH.
9. После нейтрализации катализатора масло можно нагреть, чтобы кристаллы тринасыщенных глицеридов расплавились перед центрифугированием с последующим высушиванием под вакуумом.

2.9.5. Ферментативная переэтерификация

Ферменты используются для изменения структуры и состава пищевых продуктов много лет, но лишь недавно стали доступны в количестве, достаточно большом для промышленного применения.

Ферментативная переэтерификация в настоящее время используется для получения структурированных масложировых продуктов с высокой добавочной стоимостью [60–70, 71]. Путем использования специфичных липаз возможно получение ценных смесей глицеридов, которые нельзя получить при химической переэтерификации. Во всех реакциях глицеридов липазы катализируют либо высвобождение жирнокислотных групп, либо изменение их положения на глицериновой основе. Различные липазы проявляют селективность как по положению жирнокислотной группы в структуре триглицерида, так и по природе жирной кислоты.

Существуют два катализитических типа липаз, различающихся по проявлению специфичности:

- неспецифические (случайные) липазы, которые катализируют реакции во всех трех позициях глицерида случайным образом;
- 1,3-специфические липазы, которые катализируют реакции только на внешних 1- и 3-положениях глицерида.

Переэтерификация с помощью неспецифической липазы практически не имеет преимуществ перед обычными химическими методами. Получаемые при этом продукты подобны получаемым при химической переэтерификации. Однако при реакции, катализируемой 1,3-специфической липазой, миграция жирной кислоты ограничена 1- и 3- положениями, в результате получается смесь триглицеридов, которую невозможно получить при химической переэтерификации. Специфические липазы позволяют получить триглицериды определенного состава, которые можно разделить физическими методами.

Липазы продуцируются определенными микроорганизмами, затем их выделяют и подвергают очистке. Для приготовления катализаторов ферментативной переэтерификации добавляют растворитель, например, ацетон, этиловый спирт или метанол к суспензии неорганических частиц в буферном растворе липазы. Фермент осаждается и покрывает неорганическое вещество, после чего покрытые липазой частицы отделяют фильтрацией и высушивают. Для иммобилизации липаз был опробован ряд носителей. В целом предпочтительными являются пористые частицы вещества с большой площадью поверхности. Типичными примерами носителей являются ионообменные смолы, кремнеземы, макропористые полимеры, глины и т. д. Эффективно функционирующие носители должны соответствовать следующим требованиям:

- липаза должна адсорбироваться на них不可逆地, при этом структура должна сохранять соответствующую функциональность;
- размеры пор не должны ограничивать скорость реакции;
- липаза не должна загрязнять конечный продукт;
- липаза должна быть термически устойчивой;
- использование иммобилизованной липазы должно быть экономически выгодным.

Сухие частицы почти не проявляют катализитической активности при переэтерификации. Перед использованием их нужно гидратировать, добавляя 10% воды.

Катализируемая липазой переэтерификация жиров и масел может осуществляться или с использованием реактора периодического действия с мешалкой, или путем непрерывной обработки в реакторе с неподвижным слоем катализатора. Непрерывный процесс более предпочтителен, поскольку продолжительность реакции сокращается до минимума в результате высокого соотношения слоя катализатора и масла. Имеются также и другие преимущества:

- возможна регенерация катализатора;
- снижается расход катализатора;
- технологический процесс усовершенствован.

Непрерывный процесс переэтерификации с неподвижным слоем катализатора начинается с растворения исходного сырья в растворителе и последующей обработки для удаления ингибиторов фермента, ядов и твердых частиц. Этот раствор насыщают водой, затем прокачивают сквозь слой гидратированных частиц катализатора. Продуктами реакции является смесь триглицеридов и свободных жирных кислот. После реакции свободные жирные кислоты удаляют выпариванием и перерабатывают для регенерации. Масло, не содержащее свободных жирных кислот, затем фракционируют с растворителем для выделения продукта с определенным триглицеридным составом.

2.9.6. Применение переэтерифицированных жиров и масел

Процессы переэтерификации могут использоваться для получения масложировых продуктов с различными физическими свойствами и пищевой ценностью. Изменение положения жирных кислот в молекуле триглицерида воздействует на структурные свойства продукта или его поведение при плавлении. Зачастую переэтерификация совмещается с другими технологическими процессами, такими как фракционирование или гидрогенизация. Комбинируя переэтерификацию с теми или иными методами, можно воздействовать на жирнокислотный и глицеридный состав в целях получения продукта, имеющего желательные физические и функциональные свойства. Переэтерифицированные жиры можно также использовать в качестве саломасов при смешивании с другими масложировыми продуктами, что также позволяет добиться необходимых функциональных свойств.

Химическая и ферментативная переэтерификация может влиять на физические свойства жиров, изменяя свойства плавления, в некоторых случаях также и кристаллические свойства. Поскольку полученные триглицериды предназначены для использования в пищевых продуктах, можно попытаться разрабатывать специальные жиры и масла с требующимися свойствами, или с определенной пищевой ценностью, или с сочетанием того и другого. Переэтерификация может использоваться для получения продуктов, в составе которых содержится меньше насыщенных или изомеризованных жирных кислот, что позволяет производить жиры с низким содержанием или отсутствием *транс*-изомеров жирных кислот. Маргарины и шортенинги можно вырабатывать с применением переэтерифицированных жиров и масел вместо традиционных саломасов.

2.10. Винтеризация (вымораживание)

Термин *винтеризация* (от английского *winter* – зима) или вымораживание возник в результате наблюдения за разделением рафинированного хлопкового масла, хранившегося зимой в резервуарах на улице, на плотную и прозрачную фракции. Прозрачное масло, слитое или декантированное из верхней части резервуара, не мутнело, оставаясь в жидком состоянии в течение длительного хранения при низких температурах. Фактически для некоторых хлопковых салатных масел, отобранных

из верхней части уличных резервуаров, обычное значение холодного теста составляло 100 ч или более. Прозрачная фракция масла стала известна как винтилизованное салатное масло [72]. Твердая фракция, скапливающаяся на дне резервуара, была идентифицирована как стеарин, который является твердой частью любого жира.

Потребность в жидким масле с указанными выше характеристиками возникла в результате широкого распространения бытовых холодильников и вследствие требований, предъявляемых производителями майонеза и дрессингов. Майонез нельзя изготовить из масел, которые застывают в холодильнике и вызывают расслоение эмульсии. В связи с этим появилась новая терминология. Вымороженное масло стали называть *салатным*. Летние масла, или масла, не подвергшиеся винтилизации, стали называть *кулинарными маслами*. Поскольку потребность в салатных маслах возросла, стало невозможным полагаться лишь на вымораживание путем длительного хранения рафинированных масел. Производители признали очевидное решение и создали зимние условия в закрытом помещении.

2.10.1. Классический процесс винтилизации

Для проведения процесса, протекающего в помещении, но спроектированного в целях имитации естественных зимних условий, предназначался охлаждаемый цех, в котором поддерживалась температура 5,6 °С. Для винтилизации предназначались глубокие и узкие прямоугольные резервуары, обеспечивающие максимальную площадь поверхности для скорейшего охлаждения. Теплое, сухое, рафинированное и отбеленное масло, закачанное в резервуары холодного цеха, начинало охлаждаться, что вызывало кристаллизацию стеарина, но формирование кристаллов шло медленно. Теплопередача путем конвекции моделировала условия хранения под открытым небом. Перемешивания старались избегать, поскольку оно приводило к разрушению кристаллов и образованию множества мелких мягких фрагментов, которые было сложно отфильтровывать. Охлаждение при температуре помещения 5,6 °С моделировало условия, близкие к зимним условиям в южных штатах, и для формирования хорошо фильтрующихся больших кристаллов требовалось 2–3 дня. После того как температура масла выравнивалась с температурой помещения, его оставляли для выдержки в течение нескольких часов, чтобы дать возможность стеарину (твердой фракции) выделиться более полно. Стеарин отделяли от жидкого масла путем фильтрования на рамном фильтр-прессе. В первых установках продукт поступал на прессы самотеком, но позднее для увеличения скорости фильтрования использовались воздушные компрессоры или поршневые насосы, создающие давление 35–140 КПа. При этом следовало соблюдать осторожность во избежание чрезмерного разрушения кристаллов. Фильтрование проводили с низкой скоростью в связи с высокой вязкостью масла и в целях предупреждения вдавливания кристаллов стеарина в ткань фильтра из-за избыточного давления, вызывающего забивание фильтра и остановку потока масла. Основным требованием к фильтрам была большая площадь, позволяющая пропускать 10–15 кг масла в час через 1 м². В случае забивания фильтр-пресса для удаления слоя стеарина его расплавляли горячим жиром.

При вымораживании до сих пор используют классические методы, описанные выше, но на многих предприятиях для повышения эффективности установлено более совершенное оборудование и модифицированы параметры процесса. В целях замены узких прямоугольных резервуаров с открытым верхом, охлаждавшихся до температуры помещения, в качестве емкостей для кристаллизации были разработаны резервуары, оборудованные рубашкой и мешалкой и имеющие программируемое охлаждение. Однако попытка ускорить кристаллизацию путем использования очень холодного хладагента и быстрого перемешивания приводит к образованию мелких кристаллов, которые практически не задерживаются на фильтре. При винтилизации использовались листовые, рамные или пластиичные фильтр-прессы, поскольку они обладают требуемой способностью задерживать осадок на фильтре. Очевидно, что при отделении от подаваемого сырья 15% или более в виде стеарина требуется достаточно высокая способность фильтра задерживать твердые частицы. Отделение стеарина от жидкого масла посредством центрифугирования было довольно успешным. Главной проблемой, с которой сталкиваются при разделении центрифугированием, является выход жидкого масла, поскольку стеарин имеет тенденцию удерживать слишком большое количество масла.

2.10.2. Принцип винтилизации

Винтилизация представляет собой процесс термомеханического разделения, при котором триглицеридные компоненты жиров и масел кристаллизуются из расплава. Двухкомпонентное фракционирование достигается при частичной кристаллизации жира и отделении более тугоплавких триглицеридов. В сложных триглицеридах две или все три жирные кислоты могут быть одинаковыми или же различными и сочетаться в любой из возможных конфигураций в зависимости от вида исходного масла и предшествующей обработки.

Кристаллизация жира происходит в две стадии:

- образование центров кристаллизации (зародышей кристаллов);
- рост кристаллов.

Скорость образования зародышей зависит от триглицеридного состава вымораживаемого масла, скорости охлаждения, температуры и передаваемой механической энергии или интенсивности перемешивания. Скорость роста кристаллов зависит от температуры кристаллизации, продолжительности и подводимой механической энергии или интенсивности перемешивания. Тщательный подбор параметров процесса очень важен для каждого вида масла. В идеале должно получаться небольшое количество центров кристаллизации, вокруг которых при охлаждении формируются крупные кристаллы. При возникновении многочисленных центров кристаллизации образуется большое количество мелких кристаллов, которые с трудом отделяются при фильтровании. Недостаточно полное разделение и низкий выход также наблюдаются при образовании скоплений кристаллов, удерживающих большое количество жидкой фазы. Влияние основных параметров процесса на протекание вымораживания описано ниже [73].

2.10.2.1. Состав исходного масла

Образование центров кристаллизации и рост кристаллов зависят от состава вымороаживаемого масла. Различные триглицериды в каждом масле будут фракционироваться в следующем порядке:

- 1 – тринасыщенные S_3 ;
- 2 – динасыщенные мононепредельные S_2U ;
- 3 – монасыщенные динепредельные S_2U ;
- 4 – триненасыщенные U_3 .

Часть тугоплавких глицеридов будет присутствовать в более легкоплавкой фракции масла в результате образования эвтектических смесей и равновесной растворимости. Поскольку смесь триглицеридов масла слишком сложна для прогнозирования фазовых переходов, отработанный набор параметров винтеризации применим только для конкретного вида жирового сырья. Для частично гидрогенизованных масел состав исходного масла и условия гидрогенизации влияют на выход и качество винтеризации. Условия гидрогенизации должны быть выбраны таким образом, чтобы обеспечить минимальное содержание насыщенных углеводородов и трансизомеров жирных кислот, но при этом сохранить на желательное значение йодного числа в конечной точке реакции.

2.10.2.2. Скорость охлаждения

Существенным требованием процесса винтеризации является медленная скорость охлаждения. Быстрое охлаждение масла приводит к следующим последствиям:

- образование большого количества очень маленьких кристаллов;
- высокая скорость зарождения центров кристаллизации, в результате чего увеличивается вязкость, что в свою очередь приводит к ограничению роста кристаллов.

При низкой скорости охлаждения образуются устойчивые β - или β' - кристаллы в зависимости от формы кристалла, характерной для исходного масла; вязкость остается достаточно низкой, чтобы позволить триглицеридам двигаться к центрам кристаллизации для роста кристаллов. Следовательно, скорость охлаждения зависит от вида исходного масла и его предварительной обработки.

2.10.2.3. Температура кристаллизации

На скорость роста кристаллов влияет температура кристаллизации. Высокая вязкость масла, наблюдавшаяся при слишком низкой температуре, снижает скорость роста кристаллов. Контроль температуры после начала кристаллизации очень важен для перехода от α -формы кристаллов к устойчивой β' - или β -форме. При отсутствии должного регулирования параметров процесса на этой стадии будут формироваться нестабильные кристаллы.

Между хладагентом и маслом должна поддерживаться определенная разница температур во избежание шокового охлаждения. В начале процесса перепад температур должен составлять 14 °C, после достижения маслом температуры 7,2 °C разницу можно уменьшить до 5,6 °C. В случае слишком низкой температуры хлада-

гента по сравнению с маслом на поверхности оборудования будет образовываться плотный слой стеарина, изолирующий масло от хладагента.

2.10.2.4. Скорость перемешивания

Образование кристаллов ускоряется при перемешивании вследствие более активного контакта первых кристаллов с жидкой фазой. Однако рекомендуется применять умеренные скорости перемешивания, поскольку высокие скорости сдвига приводят к разрушению кристаллов во время фазы роста и образованию более мелких фрагментов вместо необходимых крупных твердых частиц.

2.10.2.5. Продолжительность кристаллизации

Кристаллизация тесно связана с двумя промежутками времени:

- время, необходимое для снижения температуры вещества до точки кристаллизации;
- время, требующееся для полного завершения роста кристалла.

Скорость охлаждения является главным фактором, определяющим размер, количество и стабильность образовавшихся кристаллов. Вообще кристаллы принимают наиболее совершенные и характерные формы при медленном выращивании из расплава или раствора с незначительным переохлаждением и свободной циркуляцией жидкости вокруг кристалла. В процессе винтеризации хлопкового масла обычно используют следующую последовательность стадий обработки при разных температурах [74]:

1. Рафинированное и отбеленное хлопковое масло закачивают в установки для охлаждения при 21–27 °C.
2. Масло охлаждают до 13 °C в течение 6–12 ч, обычно на этой стадии образуются первые кристаллы.
3. Масло охлаждают до 7 °C в течение 12–18 ч при низкой скорости охлаждения. На этой стадии должно наблюдаться увеличение температуры на 1,1–2,2 °C вследствие выделения теплоты при кристаллизации.
4. После небольшого понижения температуры масла по сравнению с предыдущей стадией, примерно до 5,5 °C, поддерживают ее на этом уровне около 12 ч. От протекания данной стадии зависит эффективность процесса. Поскольку вязкость масла при такой температуре низка, и молекулярное движение происходит медленно, кристаллы продолжают расти после достижения минимальной температуры.

2.10.3. Винтеризация с растворителем

Получение салатного масла с применением традиционной процедуры винтеризации является медленным процессом. Для хорошего разделения при фильтровании и высокого выхода требуется охлаждение в течение 2–3 дней. Большинство растительных масел, мутнеющих в холодильнике, могут подвергаться вымораживанию с использованием растворителя, что позволяет повысить выход и качество получаемого салатного масла, а также ускорить процесс по сравнению с обычным. Два

этих способа имеют много сходного. Основными преимуществами винтеризации с растворителем являются следующие:

- вязкость масла значительно ниже, что позволяет существенно ускорить рост кристаллов и быстрее отделить стеарин;
- полученное салатное масло имеет более высокую устойчивость к помутнению в процессе длительного хранения при низких температурах;
- в стеариновой фракции удерживается меньше жидкого масла, что способствует повышению выхода салатного масла.

Непрерывный производственный процесс винтеризации с растворителем был описан Каванагом [75] и позже Ньюманзом [76] для хлопкового масла. Мисцелла, содержащая 30–60% (по массе) масла в гексане, предпочтительнее 50% растворителя, быстро охлаждается теплообменником до температуры от –6,6 до –3,3 °С или от –13,3 до –11,1 °С. После охлаждения мисцеллу пропускают через колонну для непрерывного вымораживания, в которой охлаждение до температуры –20 °С происходит на последовательных поддонах при перемешивании в течение 40–60 мин. Сепаратор непрерывного действия для отделения твердых веществ разделяет твердый стеарин и жидкую мисцеллу. Растворитель удаляют из жидкого масла в испарителе перед дезодорацией. Выделенная сепарированием твердая фракция сначала подается на фильтрование для удаления примесей, затем остаточный гексан (10–15%) удаляют в испарителе.

Регулируемое перемешивание при 1–10 об/мин и контролируемое понижение температуры до –18 °С позволяют получить более твердые, устойчивые и компактные кристаллы стеарина в растворителе, в этом случае в твердой фазе удерживается меньше масла, чем при винтеризации обычным способом. В табл. 2.5 приведены аналитические показатели стеарина салатного хлопкового масла, полученного при обычном вымораживании и в процессе с растворителем.

Таблица 2.5. Характеристики стеарина салатного хлопкового масла

Характеристики	Процесс винтеризации	
	обычный	с растворителем
Йодное число, г J ₂ /100 г	95,5	71,6
Содержание ТТГ, %, при:		
10 °С	21,6	52,3
21 °С	1,3	33,7
27 °С	—	1,2
33 °С	—	0,1
Жирнокислотный состав, %:		
миристиновая C _{14:0}	0,7	0,6
пальмитиновая C _{16:0}	34,6	52,1
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,6	0,8
стеариновая C _{18:0}	2,1	1,9
олеиновая C _{18:1}	15,8	9,1
линолевая C _{18:2}	46,2	35,5

2.10.4. Методы контроля процесса винтеризации

Приемлемость вымороженного масла почти всегда определяется по холодному тесту. Этот метод предназначен для оценки способности масла к хранению без кристаллизации. Результат холодного теста представляет собой продолжительность хранения масла при 0 °С до его помутнения, выраженную в часах. Согласно методу AOCS Cc 11–53, масло считается прошедшим испытание, если оно остается прозрачным, при отсутствии какого-либо помутнения после 5,5 ч [34]. Однако большинство производителей и потребителей выдвигают более строгие требования к продолжительности холодного теста. Вымороженные хлопковое и соевое масла обычно имеют значение холодного теста не менее 10 ч, а некоторые масла даже около 20 ч.

Производители проверили множество различных методов контроля производственного процесса, позволяющих своевременно оценить эффективность процесса винтеризации, однако холодный тест все еще имеет решающее значение, даже с учетом того, что результатов приходится ждать достаточно долго после окончания вымораживания масла. Обычно вымороженное масло выдерживается в отдельных резервуарах до получения результатов холодных тестов. Масло, в котором наблюдается помутнение раньше определенного срока, должно быть повторно подвергнуто винтеризации. Масла, отвечающие установленным требованиям, перемещают в хранилища салатного масла для последующей дезодорации, упаковки или отгрузки. Этот метод выходного контроля винтилизованного масла в основном направлен на контроль технологического процесса и подтверждение постоянного соблюдения правильных режимов и параметров обработки.

2.10.5. Применение винтеризации

Исторически в США винтеризация всегда связывалась с хлопковым маслом. Этот вид масла, как и другие жидкые масла, содержащие затвердевающие при охлаждении фракции, должен вымораживаться или фракционироваться, чтобы сохранить прозрачность при низких температурах. Масло, которое подвергают охлаждению или хранят на холодных складах, должно быть устойчиво к помутнению в течение достаточно длительного времени, чтобы обеспечить товарный вид и приемлемое качество. Вымороженное хлопковое масло считалось стандартным салатным маслом, используемым производителями пищевых продуктов для розничной торговли, для получения майонеза и дрессингов в связи с его приятным и стабильным вкусом.

Соевое масло не использовали в качестве салатного ни в розничной торговле, ни в производстве пищевых продуктов до тех пор, пока проблема стабильности его вкуса не была решена путем проведения частичной гидрогенизации в целях снижения содержания линоленовой (C_{18:3}) кислоты. Гидрогенизация, осуществляемая для повышения стабильности вкуса, приводит к появлению в соевом масле твердой фракции, которая кристаллизуется при низких температурах, как и в хлопковом масле. Для разделения твердой и жидкой фракций использовали винтеризацию. Изменение соотношения спроса и предложения, а также совершенствование технологиче-

ских процессов привели к тому, что вымороженное частично гидрогенизированное соевое масло стало в США основным видом салатного масла. В табл. 2.6 приведены свойства двух наиболее распространенных масел, подвергаемых винтеризации.

Таблица 2.6. Состав хлопкового и частично гидрогенизированного соевого салатных масел

Состав	Хлопковое масло			Гидрогенизированное соевое масло		
	Исходное масло	Салатное масло	Стеарин	Саломас	Салатное масло	Стеарин
Содержание фракций, %	100	84,6	15,4	100	82,9	17,1
Йодное число, г J ₂ /100 г	109,0	113,5	90,6	108,7	111,4	95,7
Жирнокислотный состав, %:						
миристиновая C _{14:0}	0,9	0,9	0,7	—	—	—
пальмитиновая C _{16:0}	24,8	21,3	38,2	11,2	10,2	15,0
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,5	0,5	0,3	—	—	—
стеариновая C _{18:0}	2,6	2,9	2,3	4,8	4,1	7,9
олеиновая C _{18:1}	16,9	18,0	13,8	45,4	45,2	46,0
линовая C _{18:2}	53,7	55,8	44,2	35,4	37,5	29,1
линопленовая C _{18:3}	0,2	0,2	0,1	3,0	2,8	1,9
арахиновая C _{20:0}	0,2	0,2	0,2	—	—	—
Холодный тест, ч	—	24	—	—	10,5	—

Вымораживание гидрогенизированного соевого масла очень похоже на вымораживание хлопкового, за исключением того, что требуется меньше времени для кристаллизации и фильтрования. Двум этим исходным маслам свойственны различные тенденции кристаллизации: для соевого масла устойчивой является β -форма кристаллов, тогда как для хлопкового масла устойчива β' -форма. Кристаллы β -формы большие, крупные и самоокклюдированные, тогда как для β' -формы характерны маленькие игольчатые кристаллы, упаковывающиеся с образованием плотных, мелкозернистых структур.

2.11. Депарафинизация

Увеличение потребности в салатных маслах с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот привело к необходимости сбыта исходных масел, из которых для сохранения прозрачности во время пребывания на складе, в магазине и в холодильнике следует удалить воски, т. е. провести депарафинизацию. Многие растительные масла содержат небольшие количества восков, которые могут затвердевать и вызывать помутнение масла. Некоторые растительные масла экстрагируют растворителем из семян без отделения лузги в целях повышения эффективности

процесса. Оболочка семян (лугза) может содержать воски, растворимые в масле. Воски представляют собой тугоплавкие сложные эфиры жирных спиртов и жирных кислот, имеющие низкую растворимость в маслах. Эти соединения через некоторое время затвердевают, приводя к помутнению масла и образованию в нем осадка. Количество восков в различных растительных маслах может варьироваться от 100 до 2000 мг/кг и более. Для гарантии того, что масло не будет мутнеть или пениться, содержание воска должно быть понижено до 10 мг/кг и менее.

Механизм удаления восков из масел отличается от вымораживания, хотя можно использовать то же самое оборудование. Классический процесс депарафинизации, который обычно проводят после предварительного отбеливания и перед дезодорацией, состоит из осторожного охлаждения масла для кристаллизации восков и последующего их удаления фильтрованием. Охлаждение должно проводиться медленно при контролируемых условиях. Для предотвращения засорения пластин фильтра следует использовать вспомогательный порошок для фильтрования в количестве, соответствующем содержанию восков в масле. Без такого фильтрующего слоя воски обволакивают и засоряют сетки фильтра почти мгновенно [50]. Технологическая схема непрерывного процесса депарафинизации, который эффективно осуществляется при низком содержании воска в маслах (500 мг/кг или менее), состоит из следующих этапов [77]:

- масло непрерывно охлаждают с использованием теплообменников и кристаллизатора до 6–8 °C;
- в кристаллизатор вносят вспомогательный порошок для фильтрования в количестве, равном содержанию воска, чтобы облегчить кристаллизацию и фильтрование;
- минимальная продолжительность кристаллизации составляет 4 ч, после чего необходима выдержка в течение 6 ч для формирования кристаллов воска;
- масло осторожно нагревают до 18 °C, затем фильтруют для отделения кристаллов воска от жидкого масла.

Типичный процесс депарафинизации легко осуществляется для масел с низким содержанием воска, но в некоторых растительных маслах содержание воска довольно высоко. При обработке таких масел возрастает продолжительность фильтрования, наблюдаются более высокие потери продукта. Для улучшения экономических показателей депарафинизации используют ряд технологических приемов [75, 78]:

- **Одновременное проведение процессов депарафинизации и гидратации.** Сыре масло охлаждается примерно до 25 °C и выдерживается перед гидратацией при этой температуре в течение 24 ч. Этот процесс обычно снижает содержание воска в маслах до 200–400 мг/кг.
- **Влажная депарафинизация.** Сначала проводят гидратацию для удаления из масла фосфатидов. Затем масло охлаждают до 8 °C, вносят 5% воды с лаурилсульфатом натрия и перемешивают не менее 4 ч, в результате чего воски кристаллизуются. Кристаллы восков следует диспергировать в водной фазе с последующим разделением на сепараторе.
- **Одновременное проведение процесса депарафинизации и химической рафинации.** Масло обрабатывают фосфорной кислотой и нейтрализуют гидроокисью

натрия, затем сепарируют с использованием обычных методов рафинации. Перед промывкой водой масло охлаждают до 8 °С и выдерживают при осторожном перемешивании в течение 4–5 ч. Затем добавляют 4–6% воды, смесь нагревают до 18 °С при перемешивании. В результате перемешивания кристаллы воска увлажняются и сусpendingуются в мыльной водной фазе. Эту смесь сепарируют для разделения на водную и масляную фазы. Обычно для полного удаления следов воска и мыла из масла требуется вторичная промывка водой.

- **Депарафинизация с растворителем.** Эта стадия обработки проводится после предварительного отбеливания и предшествует дезодорации при условии, что она не является частью процесса рафинации в мисцелле. Депарафинизация с растворителем заключается в смешивании масла с определенным объемом растворителя, в охлаждении и в проведении кристаллизации восков с последующим разделением фильтрованием или сепарированием.

2.11.1. Контроль процесса депарафинизации

В настоящее время аналитический метод определения полноты удаления восков из масла совпадает с методом контроля продуктов после винтилизации с удалением значительной доли стеарина: холодный тест по методу AOCS Cc 11–53 [14]. Однако эта оценка может быть очень обманчивой. Масло после удаления восков, которое остается прозрачным и светлым в течение 5,5 ч, обычно выдерживает холодный тест в течение 24 ч в ледяной ванне. Но это же самое масло становится непрозрачным, пробыв всего несколько часов при комнатной температуре вследствие повторного появления твердых восков, так же как и глицеридов. Поэтому для определения полноты удаления восков из масла должны проводиться тест на охлаждение и холодный тест при выдержке не менее 24 ч. Тест на охлаждение состоит в высушивании и фильтровании образца для испытаний, заполнении и герметичной укупорке его в колбе на 4 унции (113 г). Колбу с маслом выдерживают при 21,1 °С и по истечении 24 ч исследуют на прозрачность. Наличие любой степени помутнения или пенообразования указывает на присутствие восков или тяжелой фракции масла.

2.11.2. Применение депарафинизации

Растительные масла с высокой степенью ненасыщенности, используемые в Соединенных Штатах как салатные масла, которые мутнеют вследствие присутствия восков, перечислены ниже с указанием среднего содержания воска:

Наименование масла	Содержание воска, %
Подсолнечное	0,2–3,0
Сафлоровое	~0,5
Кукурузное	0,5–1,0
Рапсовое	~0,2

2.12. Фракционирование

Пищевые жиры и масла могут быть разделены на фракции в целях получения новых сырьевых материалов, более удобных и технологичных, чем натуральные продукты. Пищевые жиры и масла представляют собой сложные многокомпонентные смеси различных триглицеридов, имеющих разные температуры плавления. Свойства плавления и температура помутнения жиров являются важными показателями их функциональности в различных пищевых продуктах. В процессе фракционирования жиры и масла разделяют на фракции с различными температурами плавления. Фракционирование можно проводить для удаления нежелательных компонентов, примером чего являются депарафинизация и винтилизация, позволяющие получить жидкие масла, не дающие помутнения при низких температурах. Разделение жира или масла на фракции также позволяет получить два или более продукта с различной функциональностью из одного исходного жирового продукта. Наиболее известно применение этого типа фракционирования для получения эквивалентов масла какао или его заменителей.

Разделение фракций жиров и масел основано на различиях в растворимости триглицеридов, входящих в состав данного продукта. Эти различия непосредственно связаны с типом триглицеридов в жирной системе. Тип триглицерида определяется его жирнокислотным составом и распределением жирных кислот по отдельным позициям в молекуле триглицерида.

Компоненты жира или масла, значительно различающиеся по температуре плавления, могут быть разделены путем кристаллизации и последующей фильтрации для удаления более тугоплавкой части. При практическом осуществлении фракционной кристаллизации возможная эффективность отделения кристаллов от жидкости зависит как от способа осуществления разделения, так и от фазового поведения системы. Фракционирование можно разделить на следующие последовательные стадии:

- охлаждение масла ниже температуры кристаллизации для образования центров кристаллизации в результате переохлаждения;
- постепенный рост кристаллов и их выделение из жидкой фазы;
- разделение кристаллической и жидкой фаз.

Степень разделения жидкой и твердой фракций зависит, прежде всего, от метода охлаждения, определяющего форму и размер кристаллов. Жиры и масла кристаллизуются в нескольких полиморфных формах, как правило α , β' и β . В этом же порядке изменяется стабильность, температура плавления, теплота плавления и плотность полиморфных форм. Скорость кристаллизации α -формы выше, чем β' -формы, которая в свою очередь кристаллизуется быстрее, чем β -форма. Быстрое охлаждение вызывает сильное переохлаждение, которое приводит к образованию большого количества мелких, бесформенных, мягких кристаллов смешанного типа, с трудом отделяющихся при фильтровании. Постепенное охлаждение масла приводит к формированию устойчивых β - и β' -кристаллов, которые легко отделяются фильтрованием от жидкой фазы.

В промышленных масштабах для получения фракционированных жиров и масел с добавочной стоимостью используют три существенно различающихся процесса фракционирования триглицеридов [79]:

- сухое фракционирование;
- фракционирование с растворителем;
- водное фракционирование с детергентом.

Сухое фракционирование включает в себя винтеризацию, депарафинизацию, отжим гидравлическим прессованием и кристаллическое фракционирование. Это наиболее широко распространенный способ фракционирования, в котором кристаллизация происходит без помощи растворителя. Процесс винтеризации эффективен для удаления небольшого количества твердого жира из больших объемов жидкого масла. Депарафинизация может рассматриваться как разновидность процесса винтеризации для удаления малых количеств восков из некоторых растительных масел с высоким содержанием непредельных соединений. Отжим гидравлическим прессованием эффективен при удалении небольшого количества жидкой фракции из большого объема твердого жира. Некоторые масла, такие как пальмовое, содержащие значительные количества как жидких, так и твердых фракций, могут разделяться путем сухого фракционирования, но эффективность в этом случае ниже, чем при использовании других способов. Процессы фракционирования с растворителем или детергентом обеспечивают наиболее полное разделение отдельных фракций исходного сырья.

2.12.1. Сухое кристаллическое фракционирование

Преимущества фракционирования были случайно обнаружены европейскими транспортными компаниями, импортирующими кокосовое масло из Шри-Ланки в длинных деревянных бочках, называемых «цейлонскими трубами». Бочки заполнялись теплым кокосовым маслом, которое медленно охлаждалось в течение морского рейса до более низких температур, характерных для Европы. Медленное охлаждение при постоянном перемешивании, возникшем в результате движения судна, вызывало кристаллизацию кокосового масла и его разделение на твердую и мягкую фракции. Заказчики, получавшие фракционированный продукт, оценили свойства компонентов и поняли, что в некоторых случаях фракции были более пригодны для использования, чем цельные или натуральные жиры и масла [80].

Процесс сухого кристаллического фракционирования обычно используется для разделения твердой стеариновой и мягкой олеиновой фракций в натуральных продуктах, содержащих оба этих компонента в большом количестве, например, в пальмовом и лауриновых маслах. Эта методика фракционирования основана на медленном охлаждении масла в контролируемых условиях без помощи растворителя. Стеариновая и олеиновая фракции могут разделяться различными способами, такими как фильтрование, центрифугирование, гидравлическое прессование, на вращающихся барабанах или одним из запатентованных процессов. При сухом способе для эффективного разделения обычно необходимо формирование крупных кристаллов. Большие кристаллы имеют тенденцию образовывать скопления, кото-

рые могут удерживать часть жидкой олеиновой фазы. Это приводит к получению мягкой стеариновой фракции или низкому выходу олеина вследствие ухудшения разделения. Низкий выход олеина может быть также результатом образования смешанных кристаллов. Медленное контролируемое охлаждение натурального масла уменьшает эти проблемы, обеспечивая более полное разделение фракций стеарина и олеина.

Уникальный, хотя и трудоемкий процесс сухого кристаллического фракционирования, до сих пор используемый для фракционирования лауриновых масел, состоит в медленном охлаждении масла в том диапазоне температур, где оно имеет пластичную консистенцию. Продукт наливают в парусиновые мешки и затем охлаждают до температуры фракционирования, после чего выдерживают для стабилизации и роста кристаллов. Затем используют гидравлический пресс для выжимания жидкой фракции из стеаринового слоя. С помощью этой процедуры можно из пальмоядерового масла получить очень хороший кондитерский жир для глазури [80]. Ранее этот процесс использовался для фракционирования свиного, говяжьего и бараньего жира в целях получения твердой фракции, используемой для стабилизации сложных шортенингов, и жидкого олеомаргарина. Для замены этого трудоемкого процесса получения высококачественных специальных жиров были разработаны кристаллизаторы, позволяющие работать с высоковязкими смесями, а также мембранные фильтры высокого давления [81].

2.12.2. Фракционирование с помощью детергентов

Водная процедура фракционирования с помощью детергентов основана на тех же принципах, что и сухое фракционирование, т. е. кристаллизация происходит при охлаждении масла в контролируемых условиях без добавления растворителя [80, 82]. Разница состоит в том, что после завершения кристаллизации к маслу добавляют водный раствор детергента в целях облегчения разделения жидкого олеина и твердого стеарина. Водный раствор содержит примерно 5% детергента, такого как лаурилсульфат натрия, создающего условия для гидрофильного смачивания поверхности кристаллов и замещающего на ней жидкое масло. В раствор вносят примерно 2% электролита, например, сульфата магния или алюминия, что способствует объединению жидких капелек олеина. Затем производится разделение фаз при помощи центрифуги. Более тяжелую фазу, содержащую стеарин, нагревают для расплавления стеарина и разделения жировой и водной фазы. Полного разделения этих фаз достигают при повторном центрифугировании. Водное фракционирование с детергентом дороже, чем сухое, но при использовании этого метода можно более полно разделить мягкую и твердую фракции, что позволяет повысить выход олеина и получить более твердую фракцию стеарина.

2.12.3. Фракционирование с растворителем

Фракционирование с помощью растворителя является дорогостоящим процессом, который может окупаться только при производстве высококачественных продуктов с высокой добавочной стоимостью. Конечной целью использования техноло-

гии фракционирования с растворителем является промышленное производство жировых продуктов с уникальными свойствами. Фракционная кристаллизация из разбавленного раствора приводит к более эффективному разделению с высоким выходом, менее длительной обработке и повышенной чистоте продуктов, чем при фракционировании без растворителя. Эти преимущества частично, а для некоторых продуктов полностью перекрываются высокими капитальными затратами на обработку и регенерацию растворителей, а также повышенными требованиями к производительности охлаждающего оборудования. С использованием технологии фракционирования с растворителем получают ряд продуктов с уникальными функциональными характеристиками:

- **Эквиваленты масла какао (cocoa-butter equivalents – CBEs).** Эти продукты являются жирами с химическим составом, подобным маслу какао, и способны в любой пропорции заменять его при изготовлении шоколада.
- **Лауриновые заменители масла какао (cocoa-butter replacers – CBR).** Это продукты с физическими свойствами, очень сходными с маслом какао, и полученные из фракционированных кокосового или пальмоядрового масел.
- **Нелауриновые заменители масла какао.** Эти продукты наиболее широко используются по сравнению с остальными; их получают на основе фракционированных с растворителем гидрогенизованных жидких масел, таких как соевое, хлопковое и пальмовое масло.
- **Кондитерские жиры.** Это жировые системы с низкой температурой плавления, но имеющие высокое содержание ТТГ при комнатной температуре. На их основе возможно получение продуктов, которые легко плавятся при температуре человеческого тела и при употреблении вызывают ощущение прохлады. Эти фракционированные продукты в основном используются в высококачественных начинках для конфет и взбитых сливках.
- **Триглицериды, содержащие жирные кислоты со средней длиной цепи.** Этот продукт представляет собой фракции лауриновых масел, которые содержат насыщенные жирные кислоты $C_{6:0}$, $C_{8:0}$ и $C_{10:0}$, способные растворяться как в водных, так и в жировых системах, что позволяет им быстро проникать в организм и транспортироваться через портальную систему.
- **Высокостабильные жидкые масла.** Модификация масел путем сочетания гидрогенизации с фракционированием позволила создать жидкие масла с высокой устойчивостью к окислительному разрушению. В настоящее время промышленностью вырабатываются жидкые масла, имеющие индукционный период по МАК 350 ч.

В промышленных условиях процесс фракционирования с растворителем проводят разными способами – периодическими, полунепрерывными или непрерывными [82, 83]. Кристаллизаторы, фильтры и системы регенерации растворителей могут различаться по конструкции, можно использовать несколько органических растворителей. В качестве растворителя возможно применение ацетона, гексана и 2-нитропропана. Некоторые процессы защищены патентами и являются частной собственностью, но все они требуют контроля определенных параметров процесса:

- подбора исходного сырья, которое может включать в себя натуральные масла и их смеси, гидрогенизованные масла и их смеси, случайно переэтифицированные масла и их смеси, а также смеси любых из этих компонентов;
- концентрации жира в растворе;
- температуры фракционирования;
- скорости охлаждения и время пребывания в кристаллизаторе;
- условий разделения.

Типичная технологическая схема процесса фракционирования растворителем обычно начинается со стадии нагревания исходного сырья до температуры, выше точки полного плавления жиров, и смешивания с теплым растворителем в соотношении 1 часть жиров примерно на 3–5 частей растворителя (по массе). Затем раствор охлаждают для образования кристаллов твердых фракций. Температура кристаллизации варьируется в зависимости от природы растворителя, концентрации масла в растворе и требуемых характеристик конечных фракций. Например, при фракционировании лауриновых масел в ацетоне для получения стеарина с йодным числом от 1,8 до 8,3 использовались температуры от –2 до 20 °С. Суспензию кристаллов разделяют фильтрованием или декантацией. В результате отделения твердого вещества от растворителя получают первую фракцию. После удаления растворителя из фильтрата получают другую фракцию. Дальнейшее фракционирование может осуществляться путем растворения любой фракции в растворителе и повторением всего процесса.

2.13. Этерификация или алкоголиз

Эмульгаторы обычно получают или алкоголизмом, или направленной этерификацией. При направленной этерификации жирные кислоты и многоатомные спирты реагируют в контролируемых условиях, образуя сложные эфиры. При алкоголизе жиры реагируют с многоатомными спиртами с образованием поверхности-активных веществ. Так, получениеmono- и диглицеридов из жиров является примером реакции алкоголизма с использованием в качестве спирта глицерина.

Моно- и диглицериды были первыми жировыми эмульгаторами, вносимыми в пищевые продукты. Эти эмульгаторы сначала применяли в маргаринах для дрожжевого слоенного и шортенинга для бездрожжевого слоенного теста. Первые патенты США на способы использования моно- и диглицеридов, выданные в 1938 г., доказали важность роли поверхности-активных веществ в эмульсиях и маргарине [84]. Моноглицериды представляют собой сложный эфир глицерина, содержащий только одну жирную кислоту и две свободные гидроксильные группы глицерина. В результате такого строения моноглицериды сочетают свойства и жиров, и воды. Жирнокислотный остаток имеет свойства, подобные любому другому жиру, и легко смешивается с жировыми компонентами, тогда как две свободные гидроксильные группы растворяются в воде. В результате моноглицериды проявляют склонность удерживать жиры и воду вместе. Шортенинги для мучных кондитерских изделий,

имеющие повышенную способность к аэрированию, взбиванию и удерживанию влаги, что обусловлено внесением моно- и диглицеридов, появились в 1933 г. и были защищены патентами, выданными в 1938 г. Вскоре было показано, что дрожжевые продукты с добавлением моно- и диглицеридов имеют повышенные сроки годности, что вызвало большой интерес у пекарей [84]. С этого времени использование пищевых эмульгаторов и спрос на них сильно возросли, было разработано несколько новых видов эмульгаторов. Большинство полученных жирных эмульгаторов являются или производными моноглицеридов, или используют в качестве основы другие спирты, кроме глицерина. Примерами таких эмульгаторов являются сложные моноэфиры пропиленгликоля и жирных кислот (*propylene glycol monoester – PGME*) или сложные эфиры полиглицерина (*polyglycerol ester – PGE*). Примеры производных моноглицеридов включают в себя этоксилированные, ацетилированные и сукцинилированные моноглицериды.

Производство эмульгаторов, как правило, осуществляется на универсальном оборудовании периодического действия, которое используется для получения ряда различных поверхностно-активных веществ. При конструировании резервуаров, танков и реакторов используют кислотостойкие марки нержавеющих сталей, которых имеется около 300 видов. Использование этих материалов по существу исключает возможность загрязнения железом и другими металлами, которые могут привести к ухудшению качества продукта или катализировать нежелательные процессы окисления или другие побочные реакции. Как правило, для химических процессов, протекающих при температуре не выше 150 °C, используют нержавеющую сталь марки 304, для более высоких температур используют нержавеющую сталь марки 316 [85]. Для реакторов необходимы внутренние змеевики, способные работать с паром под высоким давлением и охлаждающей водой, а также вакуумные системы, позволяющие получить остаточное давление 0,1 мм рт. ст. Холодильник для регенерации избытка глицерина, гликоля или других спиртов должен быть рассчитан для максимально возможного объема многоатомного спирта, который нужно регенерировать.

2.13.1. Моно- и диглицериды

Моно- и диглицериды (Е471) являются наиболее распространенными пищевыми эмульгаторами как с точки зрения их известности, так и по объемам использования. Моно- и диглицериды состоят из сложных эфиров глицерина с различными жирными кислотами и смесей жиров. Промышленно производятся три типа стандартных моно- и диглицеридов: с содержанием α -моноглицерида 40–46%, 52–56% и дистилированные моноглицериды с 90% α -моноглицерида. Консистенция моно- и диглицеридов может быть различной: твердой, мягкой или промежуточной. Это зависит от физических свойств пищевого жира или масла, используемого в реакции алкоголиза. Консистенция моно- и диглицеридов, характеризуемая йодным числом или температурой плавления, определяет функциональность эмульгатора. Обычно для получения устойчивой эмульсии предпочитают более тугоплавкий эмульгатор. Более легкоплавкие или более мягкие продукты обеспечивают лучшую способность

к аэрированию. Моно- и диглицериды с промежуточной твердостью подходят для обоих направлений применения, но не являются специфичными.

Большинство требуемых моно- и диглицеридов получают глицеролизом триглицеридов, т. е. жиров и масел. В этом процессе жиры и масла необходимой твердости смешивают с избытком глицерина при повышенных температурах в присутствии щелочного катализатора, обычно гидроксида кальция или натрия. Реакционную смесь выдерживают при повышенной температуре до случайного перераспределения жирнокислотных радикалов, содержащихся в триглицеридах, между имеющимися гидроксильными группами глицерина. После достижения равновесия смесь охлаждают, и катализатор «убивают» или инактивируют добавлением пищевой кислоты, обычно фосфорной. Фосфорнокислые соли, которые появляются в результате нейтрализации катализатора, должны удалиться фильтрованием. Избыточный глицерин отделяется после охлаждения в виде нижнего слоя и может быть частично удален декантацией. Глицерин, растворенный в реакционной смеси, должен быть удален путем вакуумной дистилляции во время отгонки с паром, что позволяет понизить содержание свободных жирных кислот и удалить продукты окисления, которые способствуют появлению нежелательных привкусов и запахов.

В ходе этого процесса образуется значительное количество моноглицеридов, помимо диглицеридов, триглицеридов с измененной или перегруппированной структурой и свободного глицерина. Соотношением моно- и диглицеридов можно управлять, изменяя соотношение реагентов, температуру, продолжительность обработки, катализатор, используя перегонку с паром или инертным газом. При нормальном распределении образуется смесь, содержащая 50% моноглицеридов, 40% диглицеридов и 10% триглицеридов. Около 85% моноглицеридов этифицировано по α -положению глицерина, остаток этифицирован по центральной или β -гидроксильной группе. Состав этой смеси можно изменить при уменьшении количества добавленного глицерина или при изменении температуры реакции и содержания катализатора. В большинстве препаратов моно- и диглицеридов содержание моноглицеридов составляет приблизительно 50%, но может быть увеличено до 60%. Более высокое содержание моноглицеридов достигается дистилляцией моно- и диглицеридов.

Количество жира, реагирующего с определенным количеством глицерина, изменяется в зависимости от его молекулярной массы. При использовании масел с высокой молекулярной массой, например, соевого, требуется более высокий их расход на единицу массы моно- и диглицеридов, чем жирового сырья с меньшей молекулярной массой, например, говяжьего, бараньего жира или хлопкового масла. Рассчитанная на основе типичного жирнокислотного состава средняя молекулярная масса гидрогенизированного соевого масла, содержащего 3% олеиновой кислоты, составляет 882,6, тогда как соответствующая молекулярная масса гидрогенизированного говяжьего и бараньего жира — 858,7. Теоретически для получения 100 кг моно- и диглицеридов, очищенных от глицерина, потребовалось бы 89,37 кг гидрогенизированного соевого масла, тогда как гидрогенизированного говяжьего и бараньего жира потребовалось бы лишь 88,15 кг. Поскольку отогнать весь глицерин из готового эмульгатора очень сложно, расчет проводится на 100 кг моно-

и диглицеридов, содержащих 0,5% свободного глицерина, в этом случае расход жирового сырья составляет 88,9 и 87,7 кг соответственно.

Моно- и диглицериды могут вырабатываться либо периодическим, либо непрерывным способом, однако в США чаще используют периодические системы, в которых время реакции, температура и катализатор можно изменять. Типичная технологическая схема периодического процесса для получения эмульгатора, содержащего 40–46% α -моноглицерида, приведена на рис. 2.9. В непрерывных процессах продолжительность обработки значительно меньше, чем при использовании периодического процесса, и в целом составляет менее 30 мин, что происходит за счет проведения реакции при более высокой температуре, однако общая производительность труда может совпадать с периодическим производством.

Для получения продуктов, содержащих 90% α -моноглицеридов, их концентрирование достигается дистилляцией эмульгаторов, содержащих моно- и диглицериды. Перед концентрированием моноглицеридов для предупреждения их дальнейших реакций следует удалить свободный глицерин. Реакция между триглицеридами и глицерином обратима, особенно в присутствии катализатора и при повышенных температурах. Кроме того, моноглицериды нестабильны при нагревании, поэтому необходимо предупреждать их термическое разложение. Молекулярная дистилляция представляет собой перегонку при испарении жидкого соединения без кипения, проводимую при высоком вакууме. Моноглицериды в таких условиях испаряются, оставляя более тяжелые ди- и триглицериды в остатке после перегонки [84]. Остаток возвращают в производство для получения дополнительного количества моно- и диглицеридов с последующей их перегонкой до тех пор, пока продукт не приобретет излишне темный цвет.

2.13.1.1. Производные моноглицеридов

Моноглицериды используются не только как конечные поверхностно-активные вещества, но также могут служить сырьем для дальнейшего производства других поверхностно-активных веществ, используемых в готовых пищевых продуктах. Многочисленные реакционные группы моноглицеридов позволяют получать из них эмульгаторы с другими функциональными свойствами. Одну или обе гидроксильные группы можно заместить различными группами с образованием сложных эфиров, имеющих специфические функциональные характеристики. Производные моноглицеридов можно получить при их обработке кислотой, кислотными ангидридами, хлорангидридами или другими сложными эфирами. Некоторые из таких производных описаны ниже.

2.13.1.2. Лактилованные моноглицериды

Лактилованные глицириды, или эфиры глицерина и молочной и жирных кислот (Е478), включают ряд важных пищевых эмульгаторов, которые относятся к производным моноглицеридов или смесей моно- и диглицеридов. Лактостеаринат можно получить, подвергая глицеролизу гидрогенизированное низкоденсифицированное соевое масло с использованием гидроксида натрия или кальция в качестве катализатора. Затем эту смесь подвергают направленной этерификации с молочной кислотой и последующей промывке водой для удаления горьких триглицеридов молочной кислоты.

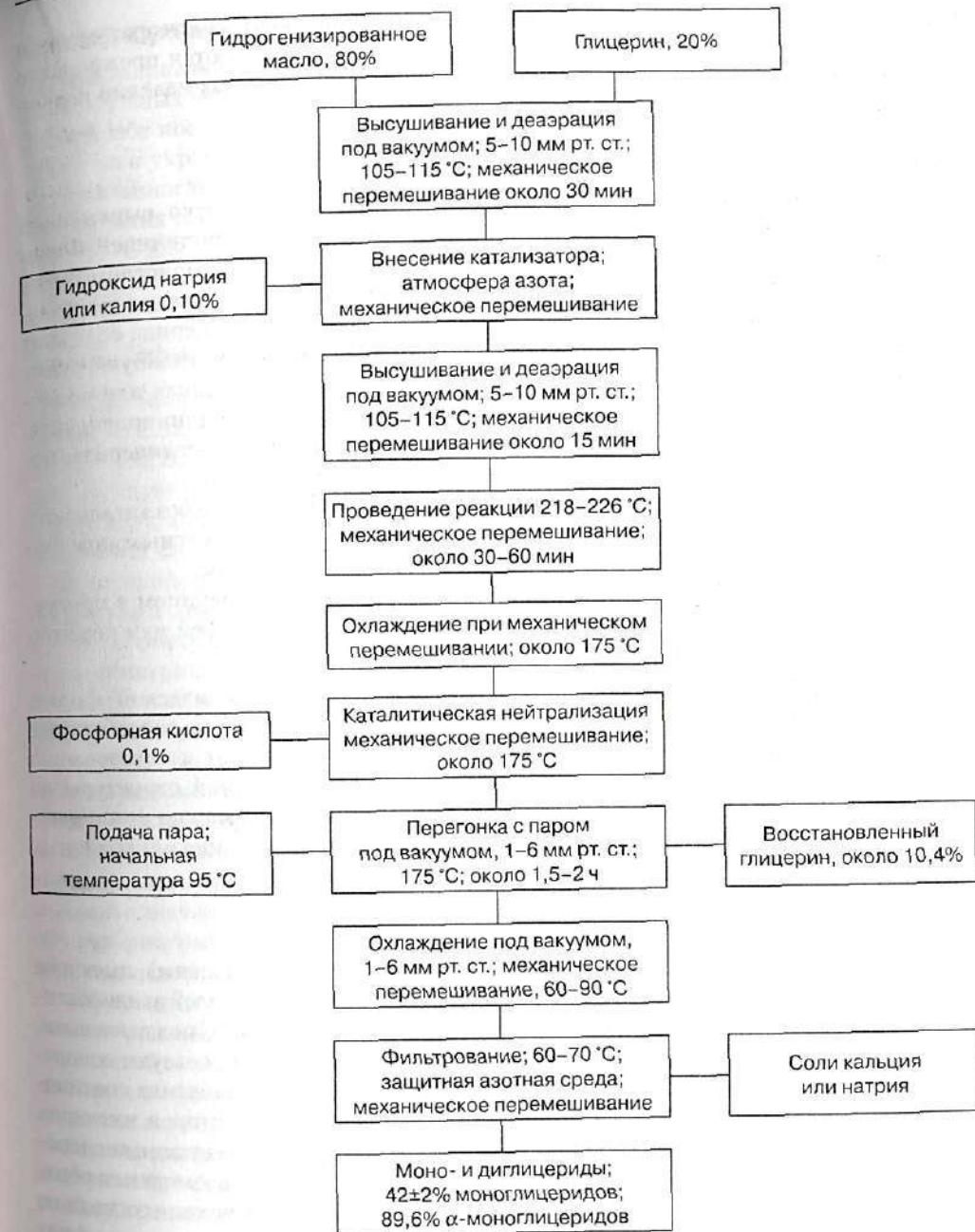


Рис. 2.9. Технологическая схема периодического процесса производства моно- и диглицеридов

В полученном продукте можно идентифицировать глицероллактостеарат,mono- и диглицириды [86]. Лактилизированные моноглицириды используются прежде всего для обеспечения аэрации при производстве мучных кондитерских изделий и взбитых продуктов.

2.13.1.3. Ацетилированные моноглицириды

Ацетилированные моноглицириды (E472a) характеризуются четко выраженной температурой плавления, и скорее восковой, чем мажущейся консистенцией. Физические и функциональные свойства отдельных ацетилированных моноглициридов зависят от исходных триглициридов и степени ацетилирования. Каждая моноацетилированная или частично ацетилированная молекула моноглицирида содержит одну жирную кислоту с длинной углеводородной цепью, одну ацетильную группу и одну гидроксильную группу глицерина. Каждая диацетилированная или полностью ацетилированная молекула моноглицирида содержит одну длинноцепочечную жирную кислоту и две ацетильные группы. Ацетилированные моноглицириды могут быть получены двумя способами:

- прямое ацетилирование моноглициридов уксусным ангидридом без катализатора или молекулярная дистилляция с уксусной кислотой или уксусным ангидридом, и удаление триацетилглицерина перегонкой под вакуумом;
- переэтерификация пищевых жиров и масел с триацетилглицерином в присутствии катализатора с последующей молекулярной дистилляцией или перегонкой с паром.

Ацетилированные моноглицириды стабильны в α -кристаллической форме. Эти эмульгаторы, имеющие тенденцию образовывать α -кристаллы, способствуют агломерации диспергированных жировых шариков, что приводит к образованию скоплений жировых шариков и формированию пространственной структуры во взбитых сливках и других пенах. Насыщенные моноглицириды можно стабилизировать в активной α -кристаллической форме путем добавления ацетилированных моноглициридов.

2.13.1.4. Этоксилированные моно- и диглицириды

Этоксилированные моно- и диглицириды (E488, в России не разрешены), имеющие торговое название «полиглицерат 60», образуются при реакции 20 молей этиленоксида с 1 молем моно- и диглициридов. Реакция протекает при 130–165 °C под давлением, поскольку этиленоксид является газом, в качестве катализатора используют основания, например, гидроксид натрия. Полимеризованные цепи этиленоксида соединяются с моно- и диглициридами с образованием эффективных эмульгаторов, имеющих сильные гидрофильные свойства. Присутствие большого количества атомов кислорода, образующих эфирные связи в цепях полиэтленоксида, делает возможным образование водородных связей с молекулами воды и белков [84]. Физическое состояние, зависящее от состава исходных триглициридов, оказывает прямое влияние на функциональность. Так, эмульгаторы с твердой консистенцией более предпочтительны для мучных дрожжевых изделий, а при мягкой консистенции они улучшают аэрирование при использовании в мучных кондитерских изделиях и глазурях.

2.13.1.5. Сукцинилированные моноглицириды (E472g)

Сукцинилирование моноглициридов позволяет изменять свойства этих поверхностно-активных веществ. Исходные эмульгаторы используются для сохранения мягкости хлеба после обработки; они способствуют не только мягкости готового продукта, но и укреплению структуры теста. Эти эмульгаторы получают в результате реакции моноглицирида с янтарным ангидридом при температурах от 80 до 180 °C. При высоких температурах катализатор не требуется, но при температурах реакции ниже 95 °C для ускорения реакции может потребоваться небольшое количество щелочного катализатора [87].

2.13.2. Эфиры полиглицерина

Сложные эфиры полиглицерина (E475) имеют уникальные физические и химические показатели, которые обеспечивают широкий диапазон функциональных свойств [88, 89]. Полиглицерины являются полимерами, образующимися в результате дегидратации глицерина. С каждой молекулой глицерина, присоединенной к полимеру, добавляется одна гидроксильная группа. Потенциальное количество возможных сложных эфиров полиглицерина почти безгранично в зависимости от степени полимеризации глицерина. Нормативы Управления по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) разрешают использование поверхностно-активных веществ этого вида, представляющих собой сложные эфиры полимеров глицерина со степенью полимеризации не более 10 (до декаглицерина включительно) и пищевых жиров и масел, таких как кукурузное, хлопковое, арахисовое, сафлоровое, кунжутное, соевое, пальмовое масла, свиной, говяжий и бараний жиры. Эфиры полиглицерина проявляют функциональные свойства при использовании в самых разных направлениях как отдельно, так и в смеси с другими эмульгаторами, включая ингибиторы кристаллизации. Этот вид эмульгаторов применяют для улучшения аэрирования бисквитного теста, в сахарных глазурях, начинках и топпингах, обезжиренных продуктах, мороженом (в том числе на растительных жирах), растительных сливках, сухих мучных полуфабрикатах, смесях для смазки, для уменьшения разбрзгивания кулинарных жиров и маргарина, предотвращения поседения шоколадных изделий, регулирования вязкости и т. д.

Эфиры получают в результате реакции жира с глицерином, который полимеризован при высоких температурах до полиглицеринов. В известной степени полимеризацией можно управлять и получать продукт, содержащий разные количества ди-, три-, тетраглицеринов и т. д. Две молекулы глицерина объединяются с образованием диглицерина и молекулы воды. Диглицерин при добавлении еще одной молекулы глицерина преобразуется в триглицерин. Воду, выделяющуюся при полимеризации, отгоняют из реакционной смеси при высокой температуре и удаляют из сферы реакции. Таким же образом из триглицерина можно получить тетраглицерин и высшие полимеры. При полимеризации глицерина все эти реакции протекают параллельно, но в разной степени. В результате продуктом полимеризации является смесь глицерина с различными полимерами, точный состав которой зависит от условий протекания реакции и степени полимеризации. Средняя молекулярная

масса смеси полиглицеринов может быть меньше или больше в зависимости от степени полимеризации, причем количество гидроксильных групп в молекуле, участвующих в образовании эфирных связей с жирными кислотами, возрастает по мере увеличения молекулярной массы. Варирование молекулярной массы полиглицерина или жирных кислот и соотношения жирных кислот и полиглицерина будет приводить к изменению характеристик растворимости и эмульгирующих свойств продукта реакции.

Для полимеризации глицерина и последующей этерификации полиглицерина и триглицеридного (жирового) сырья в том же реакторе используют следующий технологический процесс:

1. Загружают в реактор глицерин.
2. Вносят в глицерин 1,0% гидроокиси натрия (сухое основание) при постоянном перемешивании.
3. Начинают нагревание и барботируют азот через смесь, чтобы обеспечить поток азота под давлением на выходе из реактора сквозь холодильник. Требуется тщательное удаление воздуха из системы, поскольку даже малые количества кислорода приводят к образованию акролеина, а также к потемнению, которое сложно удалить отбеливанием.
4. Нагревают смесь до 250–260 °С и выдерживают при этой температуре, продолжая пропускание азота для удаления выделившейся воды.
5. Окончание процесса полимеризации определяют по показателю преломления или по количеству воды, выделившейся при реакции.
6. Охлаждают полученную смесь полиглицеринов.
7. Вносят триглицеридные компоненты в количестве, равном массе полиглицеринов, продолжая пропускать азот.
8. Прекращают барботирование азота и вакуумируют реактор.
9. Смесь нагревают и выдерживают при 210–220 °С в течение 2 ч. Во время реакции около 20% глицерина следует удалить и регенерировать.
10. Перед подачей воздуха эфиры полиглицерина следует охладить. Начиная с этого момента, полученные эмульгаторы можно обрабатывать аналогично триглицеридам. Возможно проведение отбеливания и дезодорирования при обычных режимах, применяемых для жиров и масел.

2.13.3. Моногидраты пропиленгликоля

Пропиленгликоль имеет такую же длину углеродной цепи, что и глицерин, но при этом содержит только две гидроксильные группы. Широко используемые моногидраты пропиленгликоля (*propylene glycol monoesters* – PGME, E477), как правило, более липофильны, чем многие моногидраты глицерина, поскольку в их молекуле меньше свободных гидроксильных групп. Алкоголиз триглицеридов с пропиленгликолем приводит к получению смеси гликол-глицериновых эфиров, моногидраты пропиленгликоловых эфиров и моногидраты глицеридов. Моногидраты пропиленгликоля имеют тенденцию к образованию α -кристаллической формы, в которой эмульгаторы проявляют особенно высокую эффективность при изготовлении выпеченных изделий

и взбитых сливок. Эмульгатор образует пленку из α -кристаллов вокруг пузырьков воздуха, что обеспечивает стабилизацию взбитых пищевых систем.

Процесс получения моногидратов пропиленгликоля как эмульгаторов подобен используемому для производства моногидратов и диглицеридов, за исключением того, что с жировой основой реагирует пропиленгликоль. Образуются моногидраты пропиленгликоля, из триглицерида выделяется глицерин. Часть выделившегося глицерина реагирует с присутствующим жиром, образуя моногидраты и диглицериды в результате той же самой реакции, которая применяется при производстве моногидратов и диглицеридов. Состав моногидратов пропиленгликоля будет варьироваться в зависимости от реакционной смеси. Реакционная смесь жировой основы и чистого пропиленгликоля должна давать на выходе около 70% моногидратов пропиленгликоля и 10% моноглицеридов. В остатке содержатся диглицериды пропиленгликоля, диглицериды и небольшие количества триглицеридов.

2.14. Смешивание

Путем смешивания жировых основ можно получать различные масложировые продукты, имеющие точно определенный состав, консистенцию и необходимую стабильность, например, шортениги, фритюрные жиры, маргарины, специальные жиры и даже некоторые салатные масла. Жировые основы могут включать в себя гидрогенированные жиры и масла, переэтерифицированные продукты, рафинированные и отбеленные масла, или отдельные фракции, полученные при винтилизации, депарафинизации или фракционировании. Различные виды жирового сырья смешивают таким образом, чтобы получаемый продукт по составу и анализируемым показателям консистенции удовлетворял требованиям, которые предъявляют разработчики продукта и службы контроля качества. Показатели консистенции, как правило, представляют собой результаты определения содержания твердых триглицеридов, йодного числа, температуры плавления, жирнокислотного состава и т. д. При смешивании жировых компонентов необходимо учитывать как определенные требования к составу, так и анализируемые показатели. Зачастую можно добиться требуемых аналитических показателей при использовании различных рецептур жировых смесей, однако лишь смесь точно определенного состава будет иметь требуемые технологические свойства, стабильность при окислении, пищевую ценность и утвержденный перечень ингредиентов.

Процесс смешивания требует наличия емкостей для взвешивания и измерительных приборов для точного отмеривания жировых компонентов при производстве каждого конкретного продукта. Резервуары для смешивания должны быть оборудованы приводными мешалками и нагревательными змеевиками, обеспечивающими однородность смеси при контроле консистенции. Емкость резервуаров для смешивания должна соответствовать производительности следующего этапа обработки, скорее всего, дезодорации. В процессе длительной выдержки, требующейся при проведении некоторых анализов, следует обеспечить азотную защитную атмосферу.

- Типичный процесс смешивания включает в себя следующие стадии:
1. Определяют соотношение между всеми видами жирового сырья, используемыми для изготовления данной смеси.
 2. Вносят жировые компоненты в смесительный резервуар в точно определенных соотношениях.
 3. В случае необходимости смесь нагревают до определенной температуры и перемешивают в течение 20 мин.
 4. Отбирают пробы и направляют их в лабораторию для проведения определенных анализов.
 5. При соответствии результатов анализа установленным предельным значениям смесь передают на следующую стадию.
 6. При выходе результатов за установленные пределы смесь корректируют до достижения требующегося диапазона консистенции, однако для любых изменений допускается использовать только установленные виды сырья в допустимых пределах.
 7. Повторно отбирают пробу откорректированной смеси после перемешивания в течение 20 мин для достижения однородности продукта и повторно проводят лабораторный анализ консистенции.
 8. После подтверждения соответствия анализируемым показателям установленным значениям смесь направляют на следующий процесс обработки.

2.15. Дезодорация

На начальных стадиях развития производства пищевых жиров и масел наличие неприятных запахов и привкусов не создавало проблем. Лярд и сливочное масло использовали в том же виде, в каком они производились, их натуральный вкус воспринимался как преимущество. Оливковое масло, одно из первых известных растительных масел, использовалось и продолжает использоваться в связи с его специфическим вкусом, однако быстрое расширение площадей земли, занятых хлопком, в конце XIX века привело к производству большого количества хлопкового масла, что создавало экономический стимул для его использования. Рафинированное каустической содой и отбеленное хлопковое масло предлагалось потребителям в качестве салатного или кулинарного масла, его смешивали с твердыми животными жирами или олеином и стеарином для получения заменителей свиного жира. Полученные продукты имели преимущество в ценах по сравнению со свиным жиром и оливковым маслом, но неприятный привкус был настолько силен, что воспринимался как практически неприемлемый. Кроме того, процесс гидрогенизации, разработанный в целях отверждения растительных масел, придавал более неприятный привкус и запах маслам. Попытки удаления привкусов и запахов с использованием химической обработки или их маскировки специями или вкусоароматическими веществами были неудачными. Первая успешная попытка удалить неприятные привкусы и запахи из жиров и масел была достигнута при впрыскивании горячего пара в масло при высоких температурах. Это произошло в Англии, но вскоре этот процесс, приво-

дящий к улучшению вкуса, стали использовать большинство американских производителей жиров и масел. В начале 1890-х гг. преимущества обработки масел паром для удаления неприятных привкусов и запахов были признаны Генри Экстейном. Затем Дэвид Бессон усовершенствовал процесс, применяя более высокие температуры и выдерживая масло под вакуумом при продувании перегретым паром [90, 91].

Дезодорация представляет собой процесс вакуумной перегонки масла с водяным паром при повышенной температуре, в результате которой удаляются свободные жирные кислоты и небольшие количества одорирующих веществ, что позволяет получить масла без вкуса и запаха [91–98]. На предшествующих этапах обработки большинство растительных масел сохраняет характерные нежелательные привкусы и запахи и приобретает другие. Отбеливание придает «земляной» привкус и запах, гидрогенизация придает аромат и привкус, который может быть описан только как типичный и, безусловно, нежелательный. Одорирующими веществами являются свободные жирные кислоты, альдегиды, кетоны, перекиси, спирты и другие органические соединения. Кроме того, некоторые каротиноидные пигменты разрушаются, что приводит к термическому отбеливанию. Эффективное удаление этих веществ зависит от давления их паров, являющегося функцией температуры и возрастающего с ростом температуры. Дезодорация является последним этапом обработки, во время которой можно воздействовать на вкус и запах, а также многие показатели стабильности. При дальнейшей обработке основные усилия направлены на сохранение качества дезодорированного масла, поэтому следует уделять большое внимание выбору, эксплуатации и обслуживанию дезодорационного оборудования и обеспечению установленных технологических параметров.

2.15.1. Параметры процесса

Условия дезодорации зависят от типа конкретного масла, качества масла и используемой рафинирующей системы. Использование в технологии рафинации физических методов очистки, в которых свободные жирные кислоты удаляются исключительно перегонкой с водяным паром, требует более жестких условий, чем для химически рафинированных масел. При химической очистке основная часть свободных жирных кислот нейтрализуется до проведения дезодорации. Физически рафинированные масла имеют содержание свободных жирных кислот между 1,0 и 5,0%, тогда как химически рафинированные – от 0,05 до 0,1%. Условия для перегонки с водяным паром как физически, так и химически рафинированного масла могут достигаться при изменении одного или более технологических параметров. Четырьмя взаимосвязанными параметрами процесса, влияющими на качество дезодорированного масла, являются давление вакуума, температура, количество барботирующего пара и продолжительность выдержки при температурах дезодорации.

2.15.1.1. Вакуум

При отгонке жирных кислот и одорирующих веществ с использованием как можно более низких температур перегонку следует проводить при низком абсолютном давлении, которое обеспечивает система вакуумирования. Температура кипения

жирных кислот и давление пара одорирующих веществ уменьшается по мере понижения абсолютного давления. Необходимая для процесса глубина вакуума, обычно от 2 до 4 мбар, создается системами вакуумирования, состоящими из комбинации пароэJECTоров, конденсаторов и механических вакуумных насосов. Для достижения более низких давлений и снижения эксплуатационных расходов при одновременном уменьшении выбросов за счет более эффективного конденсирования летучих соединений были разработаны особые системы вакуумирования. В системах сухого конденсирования парогазовая смесь конденсируется на пластинчатых конденсаторах, работающих поочередно. Остающиеся неконденсирующиеся пары удаляются механическими насосами или эJECTорными вакуум-насосами.

2.15.1.2. Температура

Температуры дезодорирования должны быть достаточно высокими, чтобы создать необходимое давление паров летучих примесей в масле. Давление паров одорирующих веществ быстро возрастает по мере увеличения температуры. Например, давление пара пальмитиновой кислоты при 176,7 °С составляет 1,8 мм рт. ст., при 204,4 °С – 7,4 мм рт. ст., при 232,2 °С – 25,0 мм рт. ст., при 260 °С – 72,8 мм рт. ст. Предполагая, что взаимосвязь температуры и давления паров для всех одорирующих веществ подобна выявленной для пальмитиновой кислоты, увеличение температуры в дезодораторе на каждые 28 °С будет повышать скорость удаления одорирующих веществ в три раза. Или, выражаясь иначе, при 177 °С потребуется в девять раз больше времени для дезодорирования масла, чем при 232 °С. Более высокие температуры в дезодораторе обеспечивают меньшую продолжительность процесса дезодорации, однако излишнее повышение температуры приводит к протеканию реакций полимеризации, изомеризации с образованием *транс*-изомеров, термическому разложению с образованием одорирующих и летучих продуктов, реверсии (возвращению) цвета и отгонке токоферолов. Обычно образование *транс*-изомеров во время дезодорации при 220 °С незначительно, от 220 до 240 °С становится существенным и возрастает почти экспоненциально после 240 °С. Термовое разложение токоферолов становится существенным при температурах дезодорации выше 260 °С [97]. Было установлено, что при 275 °С перегоняется с паром в два раза больше токоферолов и стеролов, чем при 240 °С, тогда как изменение давления с 2 до 6 мбар оказывает незначительное влияние на отгонку токоферолов и стеролов. Работа дезодоратора при повышенных температурах может также способствовать тепловому разложению некоторых компонентов, обычно присутствующих в маслах, таких как пигменты и комплексные соединения некоторых металлов-прооксидантов. Каротиноидные пигменты могут разлагаться и удаляться в процессе дезодорации при температурах выше 230 °С, поэтому необходимо достижение компромисса между температурой и продолжительностью дезодорации отдельных жиров и масел.

Оптимальная температура в дезодораторе варьируется от продукта к продукту. Как правило, для животных жиров требуются менее жесткие условия, чем для растительных масел. Химически рафинированные масла легче дезодоруются, чем рафинированные физически в связи с более низким содержанием свободных жирных кислот и более эффективным удалением полярных соединений, продуктов

окисления и пигментов. Растительные масла, содержащие жирные кислоты с относительно короткой цепочкой, например, кокосовое и пальмоядровое, требуют более низких температур дезодорации, чем отечественные масла, состоящие из жирных кислот с более длинными цепочками. Гидрогенизированные масла обычно труднее дезодорировать в связи с более высоким содержанием свободных жирных кислот и наличием специфического запаха, возникающего в результате реакции гидрогенизации. Кукурузное масло обычно требует более высоких температур или более продолжительной обработки для достижения необходимой степени термического отбеливания. В целом температура дезодорации изменяется от 205 до 245 °С, достигая в некоторых случаях 275 °С.

2.15.1.3. Барботирующий пар

Для проведения процесса требуется пар, параметры которого соответствуют температуре и уровню вакуума в дезодораторе. Количество необходимого пара зависит как от рабочего давления, так и от эффективности конструкции оборудования. Перемешивание масла, необходимое для постоянного воздействия вакуума на все новые поверхности масла, достигается путем тщательного распределения барботирующего пара. Поэтому толщина слоя масла является наиболее важным фактором как при установлении требований к пару, так и при выборе продолжительности дезодорирования или времени выдержки. Количество жирных кислот, отгонянных с каждым килограммом пара, прямо пропорционально давлению паров жирных кислот. Эффективное количество барботирующего пара зависит от давления вакуума, например, проведение процесса при 1 мбар потребует более низкого расхода пара по массе, чем при 6 мбар. Различия между исходными маслами также влияют на требования к пару, например, рапсовое масло требует больше пара для удаления запаха, чем соевое масло. Избыточная подача острого пара может вызвать гидролиз масел и повышенное потребление энергии системами вакуумирования. Типичные условия дезодорации с паром для химически рафинированных масел предусматривают расход пара 5–15% от массы масла для периодических систем и от 0,5 до 2% для непрерывных и полунепрерывных систем.

2.15.1.4. Продолжительность дезодорации

Продолжительностью дезодорации является период времени, в течение которого жир или масло находятся при температурах дезодорирования и подвергаются перегонке с паром. Для обеспечения эффективной дезодорации продолжительность перегонки должна быть достаточной для того, чтобы понизить содержание одорирующих компонентов масложировых продуктов до необходимого уровня. Этот параметр изменяется в зависимости от конструкции оборудования. Например, дезодоратор периодического действия с толщиной слоя масла 2–3 м над распределителем барботирующего пара потребует более длительного времени дезодорации, чем непрерывная или полунепрерывная система, в которой обработка масла происходит в тонком слое. Обычно продолжительность выдержки при повышенных температурах для дезодорирующих систем периодического действия составляет 3–8 ч, тогда как для систем непрерывного и полунепрерывного действия варьируется от 15 до

120 мин. Кроме того, некоторые реакции, происходящие в процессе дезодорации, не связаны с удалением свободных жирных кислот, но при этом способствуют повышению устойчивости дезодорированного масла. Эти реакции и степень термического отбеливания зависят от продолжительности и температуры обработки, поэтому следует обеспечивать достаточно длительную выдержку при температурах дезодорирования, чтобы предоставить возможность для термического отбеливания и протекания этих реакций.

2.15.2. Системы дезодорации

Оборудование для дезодорации в настоящее время можно разделить по принципу действия на три главные группы: периодическую, непрерывную и полунепрерывную. Выбор системы зависит от нескольких факторов, например, от того, насколько часто меняется вид поступающего сырья, физическое или химическое рафинирование предшествует дезодорации, а также от способа регенерации тепла, имеющихся инвестиций, ограничений на эксплуатационные расходы, местных природоохраных требований и т. д.

2.15.2.1. Система периодического действия

Это простейший тип системы дезодорации, применяемый в промышленности. Основные составные части включают емкость в форме вертикального цилиндра с насадками в форме тарелки или конуса (дезодорационную колонну). Емкости изготавливают из нержавеющей стали типа 304, что позволяет избежать вредного каталитического действия меди и железа на масла, для соединения отдельных частей в целях предотвращения протечки воздуха используют сварку, колонну хорошо изолируют, чтобы свести к минимуму потери тепла. Обычно емкости имеют вместимость от 4,5 до 20 т, хотя чаще используют емкости на 7–14 т. Диаметр колонны обычно рассчитывают таким образом, чтобы обеспечить толщину слоя масла 2,5–3,0 м и приблизительно такое же свободное пространство над поверхностью масла. Над маслом должно быть достаточно свободного пространства, чтобы избежать излишних потерь вследствие расплескивания и разбрызгивания масла, вызванного вспрыскиванием пара. Пар вводится со дна сосуда через барботажное устройство. Помимо системы пароэJECTорных насосов, для нагревания, охлаждения, перекачивания и фильтрования в качестве теплоносителя требуется масло. Контрольно-измерительные устройства системы периодического действия включают в себя датчики температуры масла и манометр для точного измерения остаточного давления в дезодораторе.

При использовании оборудования, работающего при высокой температуре и давлении от 6 до 12 мбар, требуется около 8 ч для полного цикла дезодорации, состоящего из загрузки масла, его нагревания, дезодорации, охлаждения и слива. Для некоторых систем, работающих при более высоких давлениях или более низких температурах дезодорации, цикл дезодорации может занимать до 10–12 ч. Общее количество требующегося барботирующего пара может варьироваться примерно от 10 до 50 кг на 100 кг масла, со средним потреблением около 25 кг на 100 кг масла.

Пар обычно впрыскивается в количестве 3 кг на 100 кг масла в час при давлении 6 мбар. После дезодорации масло следует как можно сильнее охладить перед его контактом с воздухом, чтобы свести окисление к минимуму. Для жидких масел рекомендуется температура 38–49 °С. Для более тугоплавких продуктов допустима более высокая температура, но, тем не менее, она должна быть как можно более низкой.

Преимуществом периодической дезодорации является простота конструкции, гибкость и легкость проведения процесса. Продолжительность обработки при необходимости можно увеличивать или уменьшать, возможны частые изменения вида продукта и даже условий дезодорации. Механическая часть системы дезодоратора периодического действия не требует сложного обслуживания, однако стоимость комплектующих для оборудования периодической дезодорации значительно выше, чем для непрерывных или полунепрерывных систем. Системы периодического действия не обеспечивают необходимой степени рекуперации тепла, расход барботирующего пара в них больше, требования к пару и воде выше, необходимы большие вакуумирующие системы. Но более низкие трудозатраты и капитальные вложения на начальной стадии могут возместить часть более высоких затрат на обслуживание.

2.15.2.2. Полунепрерывные системы

Эти системы работают циклически на основе обработки отдельных партий масла в установленной последовательности: деаэрационное нагревание, перегонка с паром и охлаждение, причем каждая единица объема масла подвергается одинаковой обработке перед переходом к следующему этапу. Полунепрерывный дезодоратор представляет собой колонну из углеродистой стали с пятью или более секциями (тарелками) из нержавеющей стали типа 304, расположеннымными внутри колонны, но изолированными от ее внутренней поверхности. Каждая секция оснащена распылителем пара и способна удерживать отмеренные порции масла. При помощи мерного резервуара масло заливается в верхнюю тарелку, где оно деаэрируется при нагревании паром примерно до 160–166 °С. По окончании нагревания доза масла автоматически сливается во вторую тарелку, а верхняя тарелка снова заполняется. Во второй тарелке масло нагревают до температуры обработки и снова по истечении определенного периода времени автоматически сливают в тарелку, расположенную ниже. Когда масло достигает нижней тарелки, его охлаждают до 38–54 °С и сливают в резервуар для сбора, из которого его перекачивают через полирующий фильтр на хранение. Полунепрерывные дезодораторы обычно автоматизированы и управляются от центральной панели регулятором продолжительности цикла и блокировочным устройством, блокирующим последующие стадии таким образом, что те прерываются при недостаточной длительности предшествующего периода, неправильного открытия или закрытия вентиля, или в том случае, если масло не достигает заданного уровня температур нагревания или охлаждения за определенное время.

Одно из основных преимуществ полунепрерывной системы дезодорации основано на том, что все тарелки находятся под одинаковым относительно высоким вакуумом. Все масло подвергается в основном одинаковой обработке, кольцевой

зазор между тарелками и оболочкой колонны обеспечивает некоторую защиту от окисления благодаря откачке воздуха. Конструкция дезодорирующей установки предотвращает стекание уже дистиллированных нежелательных веществ обратно в масло. Это стекание и любой механический переброс жидкости при перегонке допускается лишь для дренажа дна корпуса дезодоратора. Возможность варьировать условия процесса в соответствии с частыми изменениями жирового сырья и снизить потери продукции к минимуму, а также практически полное отсутствие перемешивания являются важными преимуществами полунепрерывных систем перед непрерывными системами дезодорации, однако рекуперация тепла менее эффективна, чем при непрерывном проведении процесса, кроме того, расход барботирующего пара на 10–20% выше.

2.15.2.3. Непрерывные системы

Непрерывные дезодораторы обеспечивают однородное полезное воздействие без пиков нагрузок, связанных с нагреванием и охлаждением отдельных порций масла при полунепрерывных процессах. Это позволяет использовать меньше нагревающего и охлаждающего вспомогательного оборудования и обеспечивать оптимальную регенерацию тепла путем теплообмена между входящим и выходящим маслом. Для производителей, практикующих нечастые изменения продукта, непрерывный процесс дезодорации может быть выгодным, однако производители, работающие на часто меняющемся сырье, не смогут реализовать его преимущества. Преимущества непрерывной дезодорации теряются при трех- или четырехразовой замене сырья в течение суток вследствие потерь продукции (при каждой замене сырья требуется 30–60 мин на отbrasывание переходных партий) и вероятности смешивания продукта.

Непрерывная дезодорация может проводиться с использованием тарельчатых или тонкопленочных дезодораторов. Тарельчатые дезодораторы представляют собой ряд тарелок или отсеков с постоянным перемешиванием масла за счет подачи пара. Зачастую они скомпонованы вертикально в цилиндрической оболочке. Отгонка свободных жирных кислот и других летучих соединений и термическое отбеливание проводятся одновременно. Время удерживания в тарелке обычно составляет 10–30 мин. Как правило, уровень жидкости (0,3–0,8 м) регулируется переливными патрубками. Тарелки разгружаются отдельными сливными вентилями.

Физическое рафинирование, т. е. удаление жирных кислот из масел перегонкой с водяным паром, а не щелочной рафинацией, может осуществляться в полу-непрерывных или непрерывных дезодораторах, однако непрерывные дезодораторы с насадочными колонками особенно подходят для удаления больших количеств свободных жирных кислот. При тонкослойной дезодорации используются насадки, обеспечивающие максимальное отношение поверхности к объему. Масло переливается через насадки и в противотоке контактирует с барботирующими паром для отгонки свободных жирных кислот. Термическое отбеливание выполняется в секции задержания после насадочной колонки. Противоточный принцип повышает производительность путем более эффективного использования введенного пара, что позволяет понизить его требуемое количество и уменьшить глубину ваку-

ума в связи с небольшим объемом масла, обрабатываемого единовременно. Кроме того, увеличивается степень рекуперации тепла вследствие подогрева входящего масла при пропускании его через теплообменник противоточно другому потоку масла [97, 98].

2.15.3. Системы нагрева дезодоратора

Как практические, так и теоретические соображения говорят о целесообразности нагревания масла до температур от 210 до 260 °C для достаточно быстрой и эффективной дезодорации. В системе Бессона использовался метод прямого нагревания, в котором масло циркулировало через трубчатый нагреватель с огневым обогревом. Недостатками этой системы были слабая возможность контроля температуры и локальный перегрев, который вызывал появление горячих пятен. В течение многих лет использовалась более приемлемая система, известная как система Меррилла. В ней минеральное масло нагревалось в печи с огневым обогревом и циркулировало по змеевикам, размещенным в емкости для дезодорации. Главными ограничениями системы Меррилла были необходимость постоянной работы насоса и тщательного контроля труб в печи с огневым обогревом, а также склонность минерального масла к разложению при нагревании. Электрический нагрев дезодораторов осуществлялся путем использования либо ленточных нагревательных элементов, погруженных в масло, либо нагревательными элементами, размещенными вокруг внешней стороны резервуара и греющих труб. При электрическом нагреве стал возможен автоматический контроль, но проблему составляли сохранившаяся опасность локального перегрева и высокие энергозатраты. Применение высокотемпературных нагревающих сред стало наиболее используемым методом нагрева пищевых масел сразу после его появления в 1932 г.

Все высокотемпературные нагревающие среды (ВТНС) считаются вероятными канцерогенами в связи с несколькими случаями загрязнения средами, содержащими полихлорированные дифенилы (ПХД). В результате использование ПХД-содержащих ВТНС, которые могут загрязнить пищевые продукты, было запрещено во всем мире. В Соединенных Штатах и других странах были одобрены ВТНС различного химического состава с низкой токсичностью. Так, Даутерм А® — торговое наименование, зарегистрированное *The Dow Chemical Company* для эвтектической смеси, содержащей 26,5% дифенила и 73,5% оксицидифенила, представляющей незначительную опасность для здоровья в соответствии с результатами исследований токсичности и безопасности. Эта жидкость кипит с незначительным фракционированием при 257,7 °C при атмосферном давлении. Даутерм А описывается как жидкость, поскольку он используется в жидкой форме, хотя является твердым ниже 12 °C. Он относительно устойчив, его преимуществом является низкое давление паров при высокой температуре, например, при 272 °C давление паров этой смеси ниже 2 мбар. Даутерм А имеет едкий запах, который сразу же ощущается в случае утечки. Типичная система нагрева с использованием ВТНС состоит из бойлера (испарителя), горелки, оборудованной системой контроля безопасности, требующейся в соответствии с правилами социального страхования, и системой отопления с естественной циркуляцией и подачей конденсата из дезодоратора самотеком.

Европейское сообщество производителей пищевых масел действует в направлении постепенного сокращения систем нагрева с использованием ВТНС и замены их системами, использующими парогенераторы высокого давления. Переход на эти системы стал общей тенденцией в производстве пищевого масла во всем мире по ряду причин, включая более высокую эффективность теплопередачи, снижение затрат энергии, менее сложное обслуживание, а также уменьшение воспринимаемого риска по показателям безопасности [99].

2.15.4. Управление процессом дезодорации

Дезодорация представляет собой последний из основных этапов обработки масла, на котором еще можно повлиять на вкус, запах и многие другие показатели стабильности пищевых жиров и масел. На последующих этапах все усилия направлены на сохранение того качества продукта, которое он имеет сразу после дезодорации. Для получения качественного дезодорированного продукта необходимо уделять внимание всем параметрам технологического процесса. Факторы, влияющие на качество полученного дезодорированного масла, включают в себя следующие моменты:

- **Получение недезодорированного масла.** Подготовка масла к дезодорации оказывает значительное влияние на готовый дезодорированный продукт, поэтому первым требованием при контроле технологического процесса является гарантия того, что этапы, предшествующие дезодорации, были выполнены в соответствии с установленными режимами. Например, при дезодорации масел с высоким содержанием перекисей будет происходить термическое расщепление перекисей, но скорость их образования в масле во время последующего хранения, скорее всего, возрастет, в связи с чем стабильность вкуса ухудшится. Надлежащая обработка масла должна быть состоять в повторном отбеливании его перед дезодорацией. Перегонка с водяным паром не удаляет вторичные продукты окисления, мыла или фосфатиды, которые должны быть адсорбированы при отбеливании.
- **Удаление воздуха.** Масло должно быть тщательно защищено от контакта с воздухом в течение всего процесса дезодорации. При повышенной температуре масла сразу же реагируют с кислородом, образуя полимеризованные и окисленные триглицериды, которые могут быть опасны для здоровья. Попадание воздуха возможно из следующих источников:
 - Масло может содержать растворенный кислород в результате предшествующего пребывания на воздухе, поэтому крайне важно является дегазация исходного сырья. Надлежащая дегазация достигается при впрыскивании масла в резервуар при пониженном давлении. Обычно масло нагревают до температуры выше 80 °C и впрыскивают в резервуар при давлении ниже 50 мбар [96].
 - Протечки воздуха могут происходить на стыках дезодоратора ниже уровня масла и в наружных насосах, нагревателях и охладителях, что приводит к окислению и полимеризации масла.
 - Барботирующий пар следует вырабатывать из деаэрированной воды, чтобы обеспечить отсутствие кислорода.

- **Конструкционные материалы дезодорации.** Тяжелые металлы, особенно имеющие два или более валентных состояния, обычно увеличивают скорость окисления. Из всех металлов медь является самым сильным катализатором. Концентрация, оказывающая заметное влияние на процесс окисления, лежит вблизи аналитических пределов обнаружения и составляет около 0,005 мг/кг. Для железа соответствующая концентрация составляет 0,03 мг/кг. Другие металлы имеют различную каталитическую активность, например, содержание ионов металла, требующееся для сокращения срока хранения свиного жира при 98 °C на 50%, составляло для марганца 0,06 мг/кг, для хрома – 1,2 мг/кг, для никеля – 2,2 мг/кг, для ванадия – 3,0 мг/кг, для цинка – 19,6 мг/кг и для алюминия – 50,0 мг/кг [100]. Эти данные показывают, как важно избегать использования меди, железа или некоторых других сплавов, если требуется высокая стабильность вкуса и запаха, поэтому те части дезодораторов, которые находятся в контакте с маслом, изготавливают из нержавеющей стали типа 304.
- **Комплексообразование металлов.** Жиры и масла содержат некоторое количество металлов, поступающих из почвы, на которой выращивали растения, и впоследствии при контакте с металлическим оборудованием во время измельчения, обработки и хранения. Многие металлы способствуют автоокислению, которое приводит к появлению неприятных привкусов и запахов, сопровождающихся образованием цвета в готовых масложировых продуктах. Исследования показали, что медь является самым опасным в этом отношении металлом, за ней следует железо, марганец, хром и никель. Влияние прооксидантов можно снизить путем использования комплексообразующих агентов до и после дезодорации. Наиболее часто используемыми комплексообразователями являются лимонная и фосфорная кислоты и лецитин. Лимонная кислота дозируется в масло в виде водного или спиртового раствора в количестве 50–100 мг/кг. Лимонная кислота разлагается при 175 °C, поэтому при дезодорации ее обычно добавляют на стадии охлаждения. Лимонная кислота, добавленная перед дезодорацией, при температурах дезодорации разлагается, но частично защищает от следовых количеств кислорода, присутствующих в масле на стадии предварительного подогрева. В случае использования фосфорной кислоты она вносится в дезодоратор в виде водного раствора при дозировке не более 10 мг/л, поскольку излишек может привести к появлению привкуса в некоторых маслах (например, к привкусу арбуза в соевом масле). Лецитин используется для связывания металлов в комплексы при дозировке 5 мг/кг.
- **Полировочное фильтрование масла.** Заключительной стадией дезодорации должно быть фильтрование масла. Дезодорированное масло обычно прокачивается через закрытый полирующий фильтр в целях удаления любых мелких частиц мыла, солей металлов, ржавчины, вспомогательного порошка для фильтрования, полимеризованного масла или любых других твердых примесей. Для дезодорированных масел в качестве полирующих долго использовались горизонтальные пластинчатые фильтры. Эти фильтры хорошо приспособлены для такого применения, поскольку обеспечивают высокую чистоту масла при небольшом количестве удаляемых твердых частиц. Недостатками этого типа

фильтров является необходимость трудозатрат на очистку и восстановление, а также требования к наличию пространства, поэтому приобрели популярность небольшие фильтры со сменным фильтрующим элементом или рукавные фильтры. Эти полировочные фильтры относительно недороги, требуют минимального пространства и намного менее трудоемки, сменные рукава также относительно недороги.

- Условия производства.** Технологические параметры, такие как температура, давление, скорость отгонки с паром и продолжительность воздействия пара влияют на качество конечного продукта. Требуемая температура пара пропорциональна абсолютному давлению. Время, требующееся для эффективной дезодорации, зависит от скорости пропускания пара через масло и ограничивается моментом, после которого начинается значительный механический унос вещества паром. Более низкое давление в системе при определенном давлении паров или температуре и количестве впрыскиваемого пара ускоряет снижение содержания свободных жирных кислот. Поскольку давление паров свободных жирных кислот и других летучих компонентов прямо пропорционально температуре, повышение как температуры, так и расхода барботирующего пара ус-

Таблица 2.7. Типичные условия дезодорации

Параметры дезодорации	Интервал
Вакуум, абсолютное давление, мбар	2–4
Температура дезодорации, °С	210–260
Время выдержки при температуре дезодорации:	
периодические дезодораторы, ч	3–8
полунепрерывные дезодораторы, мин	15–120
непрерывные дезодораторы, мин	15–120
Барботажный пар, % от массы масла:	
периодические дезодораторы	5–15
полунепрерывные дезодораторы	1,0–2,0
непрерывные дезодораторы	0,5–2,0
Температура орошающего масла, °С:	
жидкие масла	37,8–54,4
тугоплавкие жиры (выше точки плавления)	5,5–8,5
Содержание свободных жирных кислот, %:	
в исходном сырье	
после каустической рафинации	0,05–0,1
после физической рафинации	1,0–5,0
в дезодорированном продукте	0,02–0,03
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг	
в исходном сырье	Не более 2,0
в дезодорированном продукте	0
Запах и вкус продукта, не менее	Слабо выраженный

корят снижение содержания свободных жирных кислот, однако максимально возможная температура ограничена вследствие отрицательного влияния на стабильность масла и образования *транс*-изомеров жирных кислот.

Типичные параметры работы трех типов дезодораторов, применяемые в США, показаны в табл. 2.7 [91]. В большинстве спецификаций на дезодорированное масло предусмотрено максимальное содержание свободных жирных кислот 0,05%, однако большинство производителей дезодорируют масло до содержания свободных жирных кислот не более 0,03%. Указанные выше пределы учитывают внесение антиоксидантов или других добавок, которые повышают содержание свободных жирных кислот.

2.15.5. Дистилляты дезодорации

Как правило, для получения в дезодораторах вакуума, характеризующегося абсолютным давлением 1–6 мбар, используют трех- или четырехступенчатую систему пароструйных эжекторов с прямотактными промежуточными конденсаторами. Острый пар для перегонки вводится в масло при температуре от 210 до 260 °С. Одорирующие соединения, свободные жирные кислоты, моно- и диглицериды, побочные продукты окисления, токоферолы, стеролы, пестициды, другие органические вещества и малые количества триглицеридов отгоняются с паром через пароэжектор первой ступени вакуум системы и, наконец, конденсируются с барботирующим и рабочим паром внутри барометрического конденсатора. Зачастую перед барометрическим конденсатором устанавливают скруббера-охладители, позволяющие удалить как можно больше дистиллята для предупреждения его попадания в рециркулирующую охлаждающую воду. Компоненты дистиллята, отгоняемого из пищевых масел, можно разделить на три группы. Первая группа конденсируется между температурами дезодорации и их затвердевания, вторая группа включает те вещества, которые конденсируются и затвердевают после охлаждения до более низкой температуры при контакте с конденсирующейся водой вакуумной системы, и последняя группа состоит из тех компонентов, которые остаются летучими даже при более низкой температуре [101].

Первоначально в дезодораторах использовали водные системы прямоточного охлаждения, которые сбрасывали отработанные воды в реки, озера, резервуары или на станции водоочистки. Замкнутые водные системы были внедрены после ограничения государственными органами сброса органических отходов. В этих системах предусмотрена рециркуляция одной и той же воды через градирни обратно в конденсаторы. Быстрое отложение осадка на всех контактирующих с водой поверхностях, таких как трубопроводы, насосы, поверхности градирни, отверстия распылителя и т. д., приводило к загрязнению или засорению оборудования, следовательно, к повышению эксплуатационных расходов, а также к возникновению неприятного запаха, вызывающего недовольство окружающих.

Процесс охлаждения при прямом контакте получил дальнейшее развитие в последние 1950-е гг. В усовершенствованном процессе нагнетаемый пар из дезодоратора и бустеров направляли в градирню, где он охлаждался при прямом контак-

те с потоком циркулирующего дистиллята. В башне для регенерации дистиллята должно было осуществляться охлаждение нагнетаемого пара дезодоратора, позволяющее конденсировать как можно больше дистиллята. Расположение скруббера-охладителя в системе вакуумирования и параметры его работы подбирались таким образом, чтобы обеспечить максимальную регенерацию дистиллята, перекачивание жидкости в градирне и предотвращение конденсации пара в системе вакуумирования. Системы регенерации дистиллята позволили существенно сократить проблемы, связанные с техническим обслуживанием и образованием запаха, однако некоторое количество органических веществ проходило через эту систему и попадало в коллектор конденсата, что отрицательно сказывалось на работе градирни. Эта проблема была решена путем применения систем рециркуляции конденсаторной воды. Основной концепцией этих систем было сохранение градирни в чистом состоянии за счет охлаждения грязной воды, поступающей из коллектора конденсата, в теплообменнике, тогда как через градирню пропускают воду перед обратным использованием в барометрических конденсаторах системы вакуумирования. В этой системе отсутствует прямой контакт между этими двумя потоками воды, что позволяет сохранять воду, проходящую через градирню, чистой [94].

Одорирующие низкокипящие соединения, которые остаются летучими при низких температурах, проходят вместе с паром через барометрический конденсатор и выходят с нагнетаемым паром на конечной стадии вакуумирования. Летучие соединения растворяются в воде коллектора конденсата и либо переходят в воздух градирни, либо скапливаются в коллекторе конденсата, вызывая распространение запаха вокруг дезодоратора.

Для устранения запаха неконденсирующихся веществ используются смачивающие скруббера, угольные фильтры и термическое прокаливание (дожигание). Угольные фильтры не нашли применения при обработке пищевых масел в связи с тепловой нагрузкой пара, нагнетаемого из системы вакуумирования дезодоратора, и проблем регенерации самих фильтров. Термическое прокаливание не получило распространения при дезодорации из-за высокой стоимости. Смачивающие скруббера являются оптимальным решением для удаления неконденсирующихся одорирующих соединений. Смачивающий скруббер представляет собой устройство, в котором жидкость контактирует с газом и поглощает из него растворимые компоненты или захватывает твердые частицы. Смачивающие скруббера обычно состоят из двух частей: первая секция является контактной зоной, в которой улавливается пар или частицы, а вторая секция является зоной разделения, где жидкость отделяется от очищенного газа [101].

Дистиллятом дезодорации называют вещества, полученные при перегонке пищевых масел с водяным паром. Как правило, количество дистиллята, полученного на типичном предприятии, производящем пищевые жиры и масла, составляет 0,5% от исходного сырья. Состав дистиллята зависит от исходного масла, используемой методики рафинирования и режимов работы дезодоратора. Дистиллят, полученный при дезодорации физически рафинированных масел, состоит главным образом из свободных жирных кислот с небольшой примесью неомываемых компонентов. Дистилляты химически рафинированных масел имеют более высокую экономиче-

скую ценность благодаря более высокому содержанию в них стеролов и токоферола, которые являются источниками природного витамина Е, природных антиоксидантов и других фармацевтических препаратов [96]. Использование дистиллятов дезодорации в кормах по законодательству США запрещается, поскольку пестициды, содержащиеся в исходных маслах, отгоняются вместе с другими органическими соединениями. Дистиллят может использоваться в качестве сырья при производстве жирных кислот или смешиваться с мазутом, используемым для топки паровых котлов; до 10% дистиллята успешно используется в виде добавки к топливу. Другими альтернативными способами утилизации дистиллятов является их вывоз на свалку отходов или сжигание в печи с псевдоожженным слоем [102, 103].

2.16. Окончательная обработка жиров и масел

Последним этапом переработки масел, на котором можно влиять на стабильность вкуса и запаха пищевых жиров и масел, является дезодорация. Если технологические параметры предшествующей обработки и качество сырья были удовлетворительными, готовый продукт представляет собой слабоокрашенные жиры и масла без вкуса и запаха, не содержащие перекисей и загрязнений. Процессы дальнейшей обработки и хранения этих продуктов должны обеспечивать сохранение достигнутого качества до упаковки или использования в готовых пищевых продуктах. Дезодорированные жиры и масла нужно защищать от попадания посторонних вкусов и запахов, примесей, других жиров и масел, от гидролиза, термического разложения и окислительной порчи.

2.16.1. Предупреждение окислительной порчи

Жиры и масла, содержащие ненасыщенные жирные кислоты, подвергаются окислению — химической реакции, протекающей при воздействии воздуха, приводящей к появлению неприятного для потребителей вкуса. Это химическое воздействие происходит в местах двойных связей, имеющихся в ненасыщенных жирных кислотах. Скорость окисления приблизительно пропорциональна степени ненасыщенности: линоленовая кислота ($C_{18:3}$), имеющая три двойных связи, более восприимчива к окислению, чем олеиновая ($C_{18:1}$), у которой только одна двойная связь. Линолевая кислота ($C_{18:2}$) является промежуточной, но в два раза более восприимчивой, чем олеиновая. Порча при окислении приводит к образованию гидроперекисей, которые распадаются на карбонильные соединения, димеризуются и полимеризуются. Эти процессы ускоряются при повышении температуры, давления кислорода, при более высокой концентрации продуктов окисления (перекисей и альдегидов), в присутствии металлов-катализаторов, липоксидаз, соединений гематина, при снижении количества антиоксидантов и отсутствии дезактиваторов металлов, при увеличении продолжительности хранения и облучении ультрафиолетовым или видимым светом [100]. Глубокое окисление может привести к разложению каротиноидов (провитамина А), эссенциальных жирных кислот (линолевой и линоленовой)

и токоферолов (витамин Е), содержащихся в большинстве масел. Предотвращение окисления является основным фактором, который нужно учитывать при хранении и обработке всех пищевых жиров и масел.

2.16.1.1. Атмосфера азота

Многие из существующих способов хранения, обработки и стабилизации пищевых жиров и масел разработаны на основе результатов исследования стабильности вкуса. Поскольку существует корреляция между определяемым количеством перекисей и оценкой вкуса, это говорит о том, что можно предотвратить ухудшение вкуса путем удаления воздуха из жиров и масел. Обычный способ заключается в замене кислорода азотом. Готовое масло, освобожденное от газов, перемещают из дезодоратора в резервуар для хранения, полностью заполненный азотом, полученным из газогенерирующей установки или из жидкого азота. Атмосфера азота поддерживается нагнетающей системой, управляемой регулировочным клапаном. При заполнении резервуара маслом создается давление, и газ сбрасывается в атмосферу. Наоборот, когда масло выкачивают из резервуара, давление падает, и замещающий газ входит в резервуар. Хорошим способом предупреждения повреждения резервуара под воздействием вакуума является установка предохранительного клапана или предохранительной заглушки с разрывной мембранный на каждом резервуаре. Типичная система находится под давлением азота 1–2 кг/см². Это давление изменяется по мере загрузки и разгрузки резервуара, регулирующие давления клапаны устанавливаются для предупреждения увеличения давления свыше 2 кг/см².

Другим способом защиты с использованием азота является барботирование его через масло на выходе из дезодоратора или в резервуаре с атмосферой азота. Принцип состоит в насыщении масла азотом до полного деаэрирования. Барботеры впрыскивают крошечные пузырьки азота прямо в поток масла. По мере закачивания потока масла в незащищенный резервуар выделяющийся газ заполняет свободное пространство над продуктом, вытесняя основную часть кислорода из резервуара. Этот способ особенно полезен для защиты масла при транспортировании наливом в цистернах и грузовиках [104].

Контакт с кислородом можно уменьшить, проводя весь процесс обработки жиров и масел под защитой инертного газа. При окончательной обработке масла его, как правило, защищают азотом в резервуарах для хранения и при транспортировке наливом, а также при расфасовке. Эффективная защита расфасованных продуктов от окисления заключается в откачивании воздуха из масла и свободного пространства над продуктом и последующей замене его защитным газом, например, азотом.

2.16.1.2. Контроль температуры

Температуру жиров и масел при обработке необходимо поддерживать как можно более низкой, поскольку при нагревании реакция окисления ускоряется. Перед выходом из дезодоратора все еще находящийся под вакуумом продукт следует охладить: жидкые масла до 38–55 °С, тугоплавкие продукты – до температуры на 5,5–8,5 °С выше точки плавления. После полирующего фильтра жидкые масла могут охлаждаться далее. Скорость окисления для области температур от 20 до 60 °С возрастает

в два раза на каждые 15 °С. Это означает, что масло можно хранить при 20 °С в четырех раза дольше, чем при 50 °С, прежде чем окисление достигнет той же степени.

Гидрогенированные и тугоплавкие жиры и масла следует хранить в жидкому состоянии, позволяющем проводить перекачивание насосом. Температуру выдержки продукта необходимо строго контролировать, чтобы предотвратить окисление. С другой стороны, скорость перекачивания и работа систем измерения объема зависит от вязкости продукта, которая, в свою очередь, зависит от температуры. Оптимальным является, как указано выше, выдержка продукта при температуре не выше требуемой для облегчения перекачивания, или на 5,5–8,5 °С выше точки плавления. Системы бестарной транспортировки должны предусматривать возможность хранения продукта при низкой температуре и сводить к минимуму локальный перегрев, для чего использовать короткие теплоизолированные трубопроводы, предусматривать наличие в резервуарах мешалок, автоматических терморегуляторов и систем подогрева паром низкого давления или горячей водой, а также использовать резервуары оптимального размера, правильно размещать температурные датчики и т. д.

2.16.1.3. Контроль освещения

Выдержка на свету способствует ухудшению вкуса всех пищевых жиров и масел. Даже ограниченное воздействие солнечного света или ультрафиолетового излучения люминесцентных ламп на масло приводит к увеличению перекисного числа и снижению органолептической оценки. Обычно ухудшение качества под воздействием света не связано с технологическим процессом, поскольку все стадии производства, обработки и хранения протекают в закрытых системах, однако беспокойство вызывают два объекта:

- пробы при отборе и проведении лабораторного анализа;
- жидкые масла, расфасованные в прозрачные бутылки для розничной торговли.

Для отбора проб, предназначенных для лабораторного определения перекисного числа и органолептических свойств, не следует использовать прозрачную тару или открытые емкости с широкой горловиной. При хранении масла в коричневых стеклянных бутылках ухудшение качества происходило лишь немного быстрее, чем при хранении в металлической или другой непрозрачной таре, но потребители отдают предпочтение салатным маслам, расфасованным в прозрачные емкости.

2.16.1.4. Продолжительность хранения

Качество всех масложировых продуктов ухудшается даже при идеальных условиях обработки и хранения. Масла, которые находятся в жидкому состоянии без нагревания, более устойчивы, чем тугоплавкие продукты. Не допускается затвердевание тугоплавких продуктов и их повторное разогревание для использования, за исключением случаев вынужденного простоя. Большинство шортенингов и подобных им продуктов сохраняют приемлемый вкус и окислительную стабильность в расплавленном виде в течение 2–3 нед. при соответствующем контроле. Поэтому оборот продукта в системе хранения пищевых жиров и масел должны происходить менее чем за 2–3 нед. или в пределах установленного срока хранения продукта. Кроме

того, свежий продукт не следует добавлять к остатку от предыдущих партий. Более старые продукты будут содержать некоторое количество продуктов окисления, ускоряющих окисление свежего продукта.

2.16.1.5. Внесение антиоксидантов

Антиоксиданты являются химическими соединениями, которые обеспечивают более высокую окислительную стабильность и более длительный срок годности пищевых жиров и масел, задерживая появление окислительной прогорклости. Окисление протекает в несколько стадий и зачастую называется **свободнорадикальным окислением**, потому что начальная стадия состоит в образовании свободного радикала в жирнокислотной части молекулы жира. Свободный радикал химически очень активен и образует пероксиды (перекиси) и гидропероксиды (гидроперекиси) при реакции с кислородом. Эти свободные радикалы инициируют дальнейшее окисление, приводя к образованию других свободных радикалов. Наконец, гидропероксиды расщепляются на более низкомолекулярные органические соединения, такие как альдегиды, кетоны, спирты и кислоты. Эти соединения придают окисленным маслам неприятные запахи и привкусы [105]. Функцией антиоксидантов является ингибирование или прерывание самоокисления глицерива, протекающего по свободнорадикальному механизму. Их способность к такому воздействию основана на их фенольной структуре или наличии фенольной конфигурации в их молекулярной структуре. Антиосиданты или фенольные соединения действуют как акцепторы свободных радикалов, прерывая окисление на начальной стадии. К счастью, образующийся свободный радикал антиоксиданта устойчив и не расщепляется на другие соединения, которые придают продукту не свойственный вкус и запах, также он не участвует в цепной реакции окисления глицерива [106].

Продовольственные товары при торговле между штатами США попадают под действие Закона о пищевых продуктах, лекарственных препаратах и косметических средствах (*Food, Drug, and Cosmetic Act*); Закона об экспертизе мяса (*Meat Inspection Act*) и Закона об экспертизе птицы (*Poultry Inspection Act*). Эти законы устанавливают ограничения на использование антиоксидантов и других пищевых добавок в продовольственных продуктах. Антиоксиданты, разрешенные этими правовыми документами, приведены ниже [105–112]¹.

2.16.1.6. Токоферолы и токотриенолы

Эти природные жирорастворимые антиоксиданты существуют в четырех изомерных формах: альфа, бета, гамма и дельта. Витамин Е (α -изомер, E307) широко ис-

¹ В России применение антиоксидантов регламентируется СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». В соответствии с этим документом применение токоферолов (E306–E309) разрешено в соответствии с ТИ во всех масложировых продуктах; пропилгаллаты (E310) – до 200 мг/кг в жирах для жаренья (фритюрные, кулинарные и кондитерские жиры), лядре, говяжьем, бараньем, рыбьем, птичьем жире; бутилгидроксинализола (E320), бутилгидрокситолуола (E321), трет-бутилгидрохинона (E319) по отдельности или в комбинации – до 200 мг/кг в жирах животных, топленых и маслах растительных для использования в производстве пищевых продуктов с применением высокой температуры. – Примеч. ред.

пользуется в качестве пищевой добавки. Концентрация β -изомеров слишком низка, чтобы иметь какое-либо практическое значение. Токоферолы в виде γ - и δ -изомеров (E308 и E309 соответственно) известны прежде всего своими антиокислительными свойствами и широко используются в тех случаях, когда требуются природные антиоксиданты. Интересно, что синтетические антиоксиданты содержат такую же фенольную структуру, за счет которой токоферолы являются эффективными антиоксидантами.

Для большинства продуктов доза внесения токоферола 0,02–0,06% достаточна для обеспечения хорошего антиокислительного воздействия. Министерством сельского хозяйства США установлена максимальная доза внесения токоферолов – не более 0,03% для лярда или топленого свиного жира и топленого жира домашней птицы. Но Управление по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (*Food and Drug Administration – FDA*) допускает при производстве большинства продуктов использование токоферолов в количестве, требуемемся для достижения запланированного технического эффекта. Антиокислительные свойства токоферолов могут усиливаться при добавлении кислотного синергиста, например лимонной или аскорбиновой кислоты. Внесение токоферола чаще всего применяют для стабилизации пищевых жиров животного происхождения в связи с отсутствием природных антиоксидантов в этих продуктах. Растительные масла являются источником токоферолов, и после рафинирования, отбеливания и дезодорации в них остается достаточное количество природных антиоксидантов, чтобы обеспечить оптимальную стабильность за счет токоферолов. Для соевого масла сохранение токоферолов на уровне 500 мг/кг считается достаточным для предупреждения окисления масла. Проведение испытаний показало, что токоферол при содержании выше обычного остаточного количества не улучшает устойчивость к окислению, но фактически действует как прооксидант.

2.16.1.7. Пропилгаллат

Пропилгаллат (E310), или *n*-пропиловый эфир 3,4,5-триоксибензойной кислоты, является эффективным антиоксидантом, применяемым для увеличения срока годности растительных масел при дозировке 100–200 мг/кг или в соответствии с нормативами Управления по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (*FDA*) и Министерства сельского хозяйства США. Однако его использованию препятствуют такие свойства, как растворимость, возможность изменения цвета и низкая термостабильность. Пропилгаллат довольно хорошо растворим в воде и в системах вода–жир стремится перейти в водную фазу, что снижает эффективность антиоксиданта и дает возможность образовываться комплексным соединениям с железом, вызывающим изменение цвета продукта. Появление сине-черного цвета при приготовлении омлета в железной сковороде на масле, стабилизированном пропилгаллатом, является проявлением этого нежелательного свойства. Кроме того, пищевые масла, стабилизированные пропилгаллатом, могут темнеть при хранении в емкостях из черной жести, при упаковке в металлические контейнеры или при контакте с металлическим технологическим оборудованием. Наконец, пропилгаллат может легко инактивироваться в щелочных системах и особенно при повышенных температурах.

Эти недостатки ограничили использование пропилгаллата в пищевых жирах и маслах в США, и в качестве эффективного альтернативного антиоксиданта для растительных масел был одобрен трет-бутилгидрохинон (ТБГХ, Е319).

2.16.1.8. Бутилгидроксианизол (БОА)

Особенностью БОА (Е320) по сравнению с другими антиоксидантами является способность выдерживать температуры, применяемые при производстве пищевых продуктов, например, при выпекании и жарке во фритюре. БОА характеризуется как пространственно затрудненный фенол в связи с наличием тетрабутиловой группы в *ортос*- или *мета*-положении к гидроксильной группе. Это пространственная конфигурация, вероятно, отвечает за низкую эффективность БОА в растительных маслах, однако та же пространственная конфигурация, по всей видимости, обуславливает его действие на окончательной стадии приготовления выпеченных или жареных пищевых продуктов. БОА имеет сильный фенольный запах, который особенно заметен при первоначальном нагревании фритюрных жиров или масел, стабилизированных БОА, и может описываться как химический запах. Другой проблемой является появление розового цвета, образующегося в результате реакции БОА с достаточно высокими концентрациями ионов щелочных металлов, таких как натрий или калий.

2.16.1.9. Бутилгидрокситолуол (БОТ)

БОТ (Е321) является другим пространственно затрудненным фенолом с молекулярной структурой, подобной БОА. Бутилгидрокситолуол также сходен с БОА своей относительно слабой антиокислительной активностью, устойчивостью при температурах жарки и выпекания и способностью сохраняться в готовых пищевых продуктах. Как БОТ, так и БОА очень хорошо растворимы в пищевых жирах и маслах и практически нерастворимы в воде. БОТ может давать некоторое потемнение в присутствии железа, но в незначительной степени.

2.16.1.10. Трет-бутилгидрохинон (ТБГХ)

ТБГХ (Е319) относительно недавно добавлен к списку антиоксидантов, разрешенных в Соединенных Штатах, во многих других странах он не получил одобрения. ТБГХ является наиболее эффективным антиоксидантом для ненасыщенных растительных масел, при этом обладает рядом других преимуществ:

- не вызывает изменений цвета в присутствии железа;
- не придает никакого заметного запаха или привкуса жирам и маслам;
- обладает хорошей растворимостью в жирах и маслах;
- проявляет такую же эффективность в животных и птичьих жирах, как и в растительных маслах;
- продолжает оказывать защитное действие в выпеченных и жареных продуктах;
- повышает устойчивость токоферолов.

Применение ТБГХ для защиты от окисления пищевых жиров и масел как сырых, так и дезодорированных, эффективно предотвращает образование вторичных про-

дуктов окисления, содержание которых характеризуется анидиновым числом. Это защитное действие полностью устраняется в результате перегонки с водяным паром, поэтому в дезодорированные продукты нужно вносить дополнительные количества ТБГХ, чтобы предупредить окисление готовых масел. Антиоксиданты ТБГХ, БОА и БОТ улетучиваются при дезодорации примерно в одинаковой степени, но масла, стабилизированные путем введения в качестве антиоксиданта соответствующего количества ТБГХ, имеют более высокую окислительную стабильность и лучше сохраняются в жареных пищевых продуктах. Единственной проблемой, связанной с использованием ТБГХ, является розовый цвет, который может образовываться при щелочном pH в присутствии некоторых белков или натриевых солей.

2.16.1.11. Синергетические смеси антиоксидантов

Успешное действие антиоксидантов в значительной мере зависит от химического взаимодействия с продуктом, который они предохраняют от окисления, поэтому в большинстве случаев в пищевых продуктах используются композиции, содержащие различные сочетания антиоксидантов и комплексообразователей, а не индивидуальные соединения с антиокислительным действием. Использование таких композиций не только более удобно, поскольку проще работать с разбавленными антиоксидантами, но оно также позволяет воспользоваться преимуществом синергетического действия различных сочетаний антиоксидантов. Например, БОА и БОТ, применяемые совместно, обеспечивают более значительное антиокислительное воздействие, чем при использовании по отдельности. Растворителями для композиций антиоксидантов обычно служат пропиленгликоль (Е1520) и растительные масла. В состав композиций могут входить лецитин (Е322), цитраты (Е331–333), цитрат моноглицерида (Е472c) иmono- и диглицериды (Е471) в качестве эмульгаторов.

Синергизм является свойством, общим для многих смесей антиоксидантов. Смесь, составленная из синергистов, оказывает более сильное воздействие, чем отдельные компоненты в сумме. Такой синергист, как лимонная кислота, в композициях антиоксидантов выполняет две важных функции:

- увеличивает эффективность антиоксидантов в композициях;
- связывает или маскирует следовые количества металлов, являющихся катализаторами процесса окисления жира, путем образования с ними устойчивых комплексных соединений.

Другие соединения, действующие как синергисты и комплексообразователи, включают в себя изопропил-цитратную смесь (Е384), стеарилцитрат (Е484), ортофосфорную кислоту (Е338), двузамещенный фосфат натрия (Е339ii), пирофосфорную кислоту и ее соли (Е450), метаfosфорную кислоту и ее соли, этилендиаминтетраацетат кальция-натрия (ЭДТА, Е385) и двунатриевую соль ЭДТА (Е386).

2.16.2. Предупреждение загрязнения

Загрязнителем является любое нежелательное вещество, которое может попасть в продукт случайно, в результате порчи или разложения, при контакте или поглощении. Пищевые жиры и масла необходимо защищать от загрязнения на всех стадиях.

ях обработки и особенно после дезодорации, поскольку эта стадия очистки является последней возможностью удалить нежелательные вкусы, запахи, цвет и некоторые химические соединения. Ниже указаны те загрязняющие примеси в дезодорированных пищевых жирах и маслах, которые наиболее вероятно обнаружить в количествах, требующих повторной обработки или снижения категории качества.

Влага. Обеспечение низкого содержания влаги в масле после дезодорации будет гарантировать отсутствие гидролиза. Гидролизом называется реакция воды с жиром (триглицеридом), приводящая к разложению его на диглицерид и свободную жирную кислоту. Протекание гидролитических реакций в жирах и маслах можно предотвратить, соблюдая требование отсутствия воды в окружающей продукт среде. Некоторыми возможными источниками попадания влаги в жиры при их хранении и обработке являются поврежденные обогревающие или охлаждающие змеевики, негерметичные охладители, недостаточно высушенные после мойки резервуары, конденсация, запотевание трубопроводов и т. д.

Механические примеси. Посторонние частицы в конечном продукте обычно появляются в результате сбоев в работе полирующего фильтра, осаждения солей металлов, полимеризации масла в застойных зонах трубопроводов, недостаточной очистки резервуара и т. д. Рекомендуется проводить полировочное фильтрование всех готовых продуктов при каждом перемещении, причем полировочный фильтр желательно устанавливать как можно ближе к пункту назначения.

Смешивание. Непредумышленное смешивание двух различных жиров или масел приводит к серьезным последствиям. Все готовые жиры и масла имеют особые свойства, соответствующие предполагаемому применению. При смешивании с другим продуктом может измениться состав, консистенция, функциональные свойства и устойчивость загрязненного продукта при окислении. Получившийся продукт в большинстве случаев требует повторной переработки в продукт с другим наименованием вследствие возможных изменений маркировки и функциональных свойств, а также в связи с религиозными ограничениями. Смешивание двух продуктов обычно является результатом ошибки персонала или сбоя в работе оборудования. Закон Мэрфи гласит, что обычно самый дорогой продукт смешивается с наименее ценным.

Поглощение запахов. Жиры и масла легко поглощают запахи и привкусы других пищевых продуктов, специй, растворителей, газов, химикатов, красок и любых других веществ с сильным запахом или привкусом. Поэтому необходимо уделять особое внимание постоянной защите жиров и масел после дезодорации от этого вида загрязнения, включая хранение, обработку и транспортировку жидких масел наливом или продуктов в упаковке.

2.17. Пластификация

Этот вид обработки гораздо чаще используется в процессе изготовления шортенингов и маргаринов, предназначенных для фасовки или последующего использования в качестве ингредиентов, или спредов, чем просто понижение температуры, вызы-

вающее затвердевание жиров. Например, при медленном охлаждении пищевых жиров и масел получается зернистая, пастообразная, неоднородная масса. Более насыщенные триглицериды кристаллизуются в первую очередь, затем кристаллы увеличиваются в размере, что приводит к образованию продукта, имеющего нетоварный внешний вид, мажущуюся консистенцию и с трудом поддающегося обработке, у которого отсутствуют многие основные функциональные свойства, необходимые для изготовления маргарина или шортенинга. Достижение необходимых органолептических качеств, внешнего вида, стабильности, текстуры, функциональности, однородности и воспроизводимости продуктов, состоящих из затвердевших жиров и масел, является целью пластификации, представляющей собой управляемую кристаллизацию.

2.17.1. Пластичность пищевых жиров и масел

Пищевые жиры и масла внешне выглядят как однородные твердые вещества мягкой консистенции, однако при изучении под микроскопом можно рассмотреть множество очень мелких сросшихся кристаллов, которые захватывают идерживают за счет поверхностного натяжения большое количество жидкого масла. Кристаллы представляют собой дискретные частицы, способные перемещаться независимо друг от друга, когда к общей массе прикладывают достаточное усилие сдвига. Поэтому шортенинг, маргарин и другие твердые жиры и масла обладают типичной структурой пластичного твердого тела. Отличительной особенностью пластичного вещества является способность вести себя как твердое тело, полностью сопротивляясь малым напряжениям, но сразу же переходя в пластичное состояние и растекаясь подобно жидкости при деформирующих нагрузках выше определенного значения. Стабильное пластичное вещество не будет течь или деформироваться под действием своего собственного веса, однако при небольшом давлении оно может легко принимать любую необходимую форму.

Функциональные свойства пластичных твердых веществ обусловлены уникальной природой их структуры. Для наличия пластичности существены три условия [113]:

- Вещество должно состоять из двух фаз, одна из которых твердая, другая — жидккая.
- Твердая фаза должна быть достаточно хорошо диспергирована, чтобы удерживать всю массу вместе за счет внутренних сил сцепления.
- Две фазы должны содержаться в надлежащей пропорции. Твердая фаза должна быть способна удерживать жидкость, в то же время жидкость должно быть достаточно для хорошей текучести при приложении нагрузки.

Пластичность и консистенция пищевых жиров и масел зависит от количества, размера, формы частиц и равномерности распределения твердого вещества, а также от образования зародышей кристаллизации, способных выдержать высокотемпературное воздействие и послужить началом нового необходимого роста кристаллов. Факторы, влияющие на эти характеристики, рассмотрены ниже [114, 115].

2.17.1.1. Состав продукта

Фактором, непосредственно влияющим на консистенцию пластичного шортенинга, является количество вещества, находящегося в твердой фазе, — продукт становится тверже по мере увеличения содержания твердого вещества. Содержание твердых веществ зависит от вида масла и предшествующей обработки, что подразумевает степень гидрогенизации, переэтерификацию, фракционирование или использование в качестве сырья натуральных твердых жиров, например, лярда, твердых животных жиров, пальмового или кокосового масла. При затвердевании жиров и масел структура, достаточная для хорошего удерживания формы, начинает образовываться при содержании твердых веществ не менее 5%. Продукт приобретает жесткую консистенцию и теряет пластичность, когда содержание твердых веществ достигает 40–50%. При разработке типичных универсальных шортенингов для выпечки, имеющих хорошую взбиваемость, намазываемость и удобных в работе, стараются обеспечить содержание твердых жиров от 15 до 25% в как можно более широком интервале температур. Однако для каждого продукта имеется приемлемая область пластичности, которая представляет собой температурный интервал, в котором отдельные жиры и масла могут использоваться с запланированным результатом.

2.17.1.2. Размер кристаллов

При повышенных температурах в жирах сохраняется активное движение молекул, препятствующее образованию устойчивых кристаллических структур, однако пищевые жиры и масла при охлаждении проходят ряд все более и более организованных кристаллических фаз, пока не достигается наиболее стабильная кристаллическая форма. Все жиры кристаллизуются из жидкой фазы в α -форме и более или менее быстро переходят в β' и далее в промежуточную или β -модификацию, если они способны к полиморфным модификациям более высокого порядка. Эта последовательность необратима; после перехода к стабильным формам полиморфные структуры более низкого порядка можно получить только при плавлении продукта и повторении процесса. Формирование кристаллической структуры может происходить за долю секунды или за месяцы. Тип образовавшихся кристаллов определяет структуру и функциональные свойства большинства продуктов на жировой основе. Каждая кристаллическая форма обладает специфическими физическими свойствами, например, они различаются по температуре плавления, растворимости, удельной теплоемкости и диэлектрической проницаемости. Кристаллическая решетка, образующаяся в начале затвердения, относительно рыхлая. По мере протекания кристаллизации молекулы имеют тенденцию упаковываться ближе друг к другу. Со временем молекулы в кристаллической решетке сдвигаются настолько близко, насколько позволяет их структура, поэтому молекулы в самой устойчивой кристаллической решетке занимают меньше всего пространства. Консистенция и функциональность пластичных жиров и масел в значительной степени зависит от размеров кристаллов, образующихся при затвердевании. Продукт становится тверже по мере уменьшения среднего размера кристаллов и приобретает все более мягкую консистенцию по мере увеличения. Расплавленный жир, который медленно кристаллизуется в статичных условиях, будет содержать много больших кристаллов, явно видимых невооруженным глазом. Кристаллы, образован-

ные этим же жиром при быстром охлаждении, будут микроскопического размера. Быстро охлажденный жир с очень мелкими кристаллами будет тверже, его диапазон пластичности будет намного шире, чем у медленно кристаллизующегося. Медленно кристаллизующийся жир также будет мягче, чем быстро охлажденный.

2.17.1.3. Переохлаждение

Очень важным и сложным фактором в процессе пластификации пищевых жиров и масел является способность триглицеридов к переохлаждению. Жиры могут оставаться жидкими при охлаждении ниже температуры плавления. По этой причине и с учетом того, что жиры полиморфны и могут кристаллизоваться в двух или более формах, процесс затвердевания и пластификации требует тщательного контроля. Степень переохлаждения и температура, при которой переохлажденному продукту дают возможность достичь равновесной кристаллизации, непосредственно связана с интервалом температур, выше которого масло поддается обработке. На практике выбирают такое значение температуры, до которой продукт переохлаждают, а также температуры обработки и расфасовки, которое позволяет получить наиболее широкую область пластической деформации для продукта данного состава. Степень переохлаждения жира может влиять не только на консистенцию, но и на температуру плавления затвердевшего продукта.

2.17.1.4. Механическая обработка

При отверждении переохлажденного жира без механической обработки или перемешивания образуется продукт с твердой консистенцией и узкой областью пластической деформации. Такой продукт будет иметь недостаточно гладкую текстуру и неоднородный внешний вид. Отверждение без перемешивания позволяет кристаллам жира срастаться с образованием более прочной кристаллической решетки, чем в том же самом продукте, кристаллы которого разрушены до отдельных мелких частиц. Поэтому для достижения оптимальной пластичности переохлажденный продукт необходимо подвергать механической обработке в течение всего периода образования кристаллов до тех пор, пока основная часть скрытой теплоты кристаллизации не рассеется.

Интенсивность обработки, которую необходимо прилагать к маргарину или шортенингу, различается в зависимости от требующейся консистенции конечного продукта. Традиционный столовый маргарин, расфасованный в 200- и 500-граммовые твердые бруски, должен быть достаточно твердым, чтобы его можно было фасовать на формующем и обертывающем оборудовании. Шортенинг и мягкий маргарин при фасовке должны быть в полужидком состоянии. Традиционный брусковый маргарин должен достичь равновесной кристаллизации с минимальной обработкой гомогенизированной смеси. Важной мерой предосторожности при пластификации как брикетов, так и наливного маргарина является предупреждение слишком тонкого диспергирования водной фазы, вызывающего образование более крупных кристаллов. Такой прием помогает предотвратить ощущение салистости во рту и способствует выделению в свободном состоянии соленой водной фазы, которая участвует в образовании вкуса.

2.17.1.5. Насыщение газом

Для некоторых продуктов применяют насыщение газом (аэрирование). Для этого в жир вводят газ, предпочтительно инертный, например, азот, а не воздух, в следующих количествах: в большинство обычных шортенингов – 12–14%, в обычные мягкие наливные маргарины – 4–8%, во взбитые наливные маргарины – 30–35%, в предварительно взбитые шортенинги для домашней кулинарии – 18–25%. Насыщение этих продуктов газом позволяет добиться нескольких положительных изменений:

- продукт превращается в белую кремообразную массу;
- его поверхность становится яркой и блестящей;
- продукт становится менее плотным, его легче обрабатывать;
- улучшается текстура;
- повышается гомогенность;
- увеличивается объем;
- снижается калорийность порции;
- уменьшается количество жира с высоким содержанием насыщенных жирных кислот в порции.

Брусковый, жидкий и большинство производственных маргаринов не насыщают газом в процессе кристаллизации. Водная фаза маргариновой эмульсии оказывает такое же влияние на внешний вид, как и аэрирование.

2.17.2. Развитие оборудования для отверждения

Большинство первых шортенингов на основе растительных масел были зернистыми, неоднородными и напоминали топленый свиной жир. Эти продукты фасовали двумя способами: либо в расплавленном виде заливали в емкости и выдерживали для охлаждения и затвердевания, либо охлаждали в резервуарах, пока не начиналась кристаллизация, затем заливали в емкости для фасовки, где завершался процесс кристаллизации и происходило отверждение. При этом типе производства скорость и степень охлаждения, влияющие на степень кристаллизации перед расфасовкой, могли варьироваться, что приводило к получению продуктов с неоднородной текстурой и консистенцией [46, 116–118].

Вероятно, самой первой широко применяемой установкой для быстрого охлаждения жиров и масел был холодильный барабан, который представлял собой полый чугунный цилиндр с закрытыми торцами, установленный на подшипниках так, чтобы он мог вращаться. Барабан охлаждался или путем прокачивания сквозь него рассола, или в результате расширения аммиака непосредственно внутри барабана. Холодильный барабан вращался и при вращении погружался в лоток, содержащий расплавленный жир, или подхватывал струю жира. На поверхности барабана за счет охлаждения образовывалась пленка затвердевшего жира. Затвердевший слой жира соскабливали с поверхности барабана скребком непосредственно перед точкой захвата жира после одного оборота. Затвердевший жир сваливался с барабана в горизонтальный поддон или сборный желоб с продольным валом, снабженным

множеством лопастей или шипов. Сборный желоб (месильная машина) выполнял три функции:

- насыщение продукта воздухом, что улучшало его внешний вид и текстуру;
- накопление продукта в процессе протекания кристаллизации;
- рассеивание теплоты кристаллизации.

Хотя слой жира, снятый с барабана, обычно был уже затвердевшим, он оставался в переохлажденном состоянии, и в основном кристаллизация происходила после удаления жира с поверхности барабана. Из сборного желоба загустевший жир под давлением подавали через гомогенизирующую дроссельную заслонку в упаковочную емкость. Давление и дросселирование приводили к гомогенизации шортенинга, улучшая его текстуру и вид, равномерно распределяя воздушные пузырьки внутри жира и разрушая любые большие агломераты кристаллов. Применение холодильного барабана позволило получать после фасовки достаточно однородный продукт. Изменяя скорость вращения барабана и температуру хладагента, можно было контролировать скорость охлаждения и температуру охлаждения жира.

В начале 1930-е гг. работы по улучшению теплообменников для фризерования мороженого привели к разработке усовершенствованного закрытого кристаллизатора непрерывного действия, который вскоре стал применяться для пластификации шортенингов. Жидкий жир, который следует охладить, закачивается в относительно узкий кольцевой зазор между большим приводным валом и внешней охлаждающей рубашкой. Поскольку шортенинг контактирует со стенкой, за которой циркулирует холодная жидкость, он застывает и сразу же соскабливается скребками, присоединенными к быстро вращающемуся приводному валу. Эта повторяющаяся последовательность скоростного застывания и соскабливания обеспечивает исключительно высокую степень теплопередачи и гомогенность продукта. Приводной вал может быть полым и слегка нагреваться циркулирующей теплой водой, чтобы предотвратить налипание закристаллизовавшегося жира.

При закачивании расплавленного шортенинга в скребковый теплообменник (переохладитель или вататор) в поток вводится азот в качестве инертного газа и растворяется в жидком жире под давлением, создаваемым рабочим насосом. После выхода из вататора продукт подают в обрабатывающую установку (декристаллизатор), которая в некоторой степени воспроизводит обработку в сборном желобе с холодильным барабаном. Декристаллизатор представляет собой закрытый цилиндр с неподвижными штифтами (бильями), которые спирально расположены на внутренних стенках и входят в зазоры между штифтами, прикрепленными к вращающемуся валу установки. Цель этой обработки состоит в рассеивании теплоты кристаллизации при обработке шортенинга для образования мелких кристаллов. Обработанные шортенинги проходят через экструзионную или дроссельную установку для гомогенизации продукта и поступают на участок фасовки, где еще раз проходят через экструзионный дроссель и расфасовываются.

Производство маргарина развивалось примерно так же, как и производство шортенингов, за исключением того, что в первых вариантах его охлаждали непрерывным вливанием или впрыскиванием расплавленной эмульсии в бак с холодной проточной водой или соленым раствором. Эмульсия вводилась с одного конца бака

и затвердевала прежде, чем достигала другого конца. Затвердевшее вещество всплывало в виде хлопьевидной массы, которую снимали с поверхности. Из затвердевшей эмульсии удаляли воду, затем ее обрабатывали для формирования желательной текстуры и внесения вкусовых наполнителей. Этот технологический процесс уступил место холодильным барабанам, которые, в свою очередь, были заменены скребковыми теплообменниками. Общепринятый технологический процесс заключается в приготовлении эмульсии, содержащей жир, влагу, соль, вкусовые вещества, эмульгаторы, необходимые красители и т. д., которую затем охлаждают в переохладителе (вататоре). Другими отличиями по сравнению с пластификацией шортенингов являются более низкие температуры охлаждения, отсутствие аэрирования при производстве большинства маргаринов и использование кристаллизатора (так называемой трубы покоя), в котором происходит окончательное формирование структуры продукта, вместо сборного желоба или обработчика, что позволяет получить твердый продукт, удобный для упаковки в 200-, 250- или 500-граммовые брикеты. Кроме того, оборудование для производства маргарина следует изготавливать из коррозионно-стойких металлов из-за наличия в эмульсиях соли, влаги и кислот.

В то время как в США была разработана замкнутая система пластификации маргарина непрерывного действия, в Европе стал популярным периодический метод. В этом процессе кристаллизация достигается при поступлении эмульсии на охлаждаемые изнутри вращающиеся валки. После кристаллизации продукт темперируют, затем снова пропускают сквозь ряд рабочих валков. Затем его передают на прессующее (уплотняющее) оборудование, разрезают на пластины и далее по конвейеру направляют к смесителям, где нормализуют по содержанию влаги. После смешивания маргарин помещают в большие лотки для охлаждения до $4,5^{\circ}\text{C}$. Охлажденный продукт затем формуют и упаковывают. Сторонники европейского технологического процесса утверждают, что он обеспечивает желательную консистенцию и текстуру продукта, наиболее близкую к сливочному маслу. Структура маргарина при непрерывном процессе, который распространен в США, более мелкокристаллическая, с более прочной эмульсией, которая не отделяет влагу, но, вероятно, маскирует вкус и аромат в большей степени, чем европейский процесс.

2.17.3. Процесс пластификации шортенинга

Окончательная полиморфная структура пластичного шортенинга определяется триглицеридным составом, но скорость образования наиболее устойчивой кристаллической формы зависит от количества подводимой механической и тепловой энергии. В связи с этим общепринятой практикой является обработка пластичных шортенингов в теплообменниках разнообразных конструкций для того, чтобы отвести теплоту кристаллизации и фазового перехода.

На предприятиях США типичный процесс пластификации шортенинга, схема которого приведена на рис. 2.10, начинается после того, как дезодорированная животная основа шортенинга перемещена в бак-накопитель на участке фасовки, смешана со всеми используемыми добавками и проверена по всем необходимым показателям службой контроля качества.

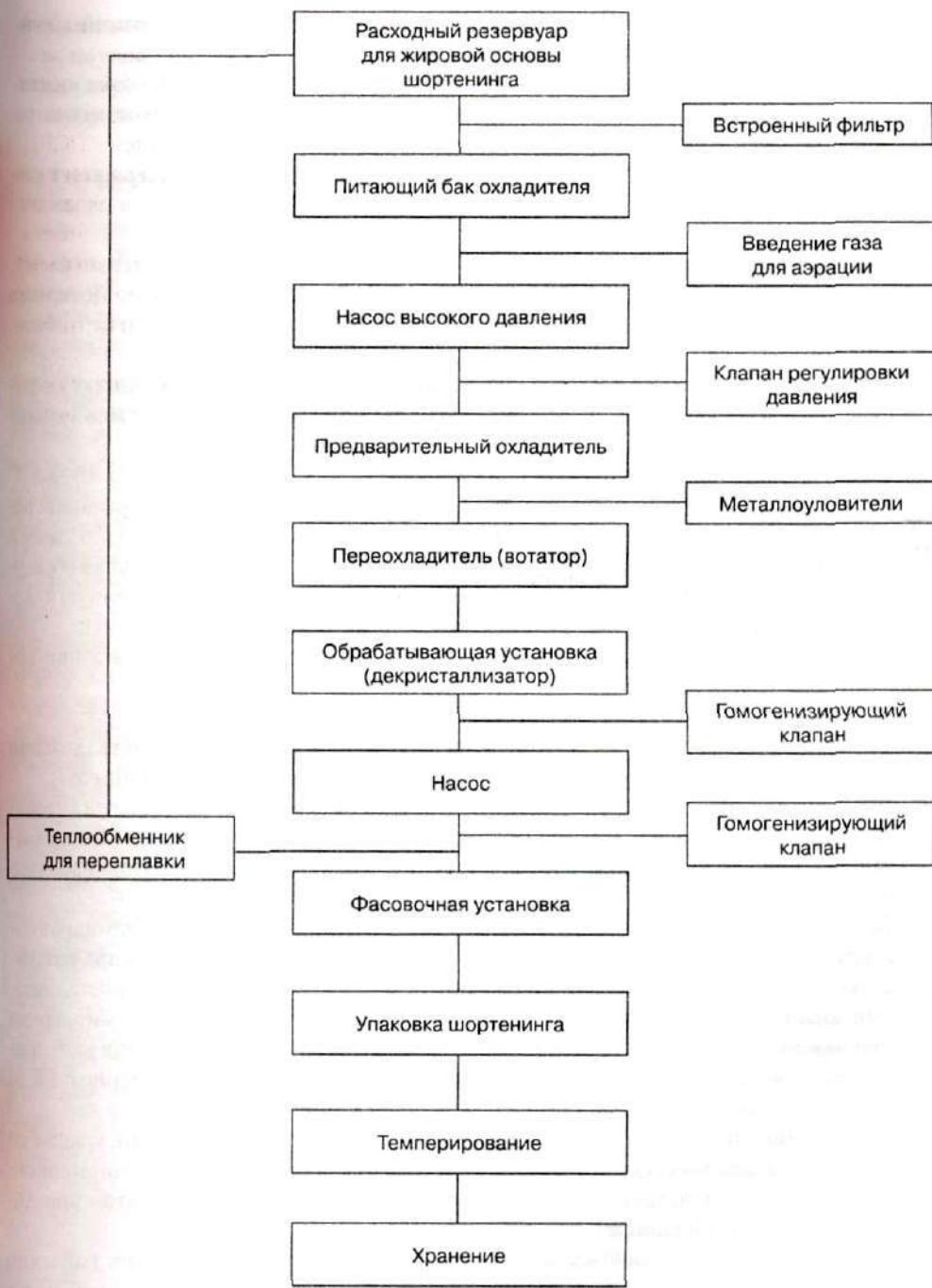


Рис. 2.10. Типичная схема технологического процесса пластификации шортенинга

Процесс пластификации шортенингов состоит из нескольких операций, выполняемых в следующей последовательности [46, 114–120]:

1. Дезодорированная жировая основа шортенинга перемещается из бака накопителя участка фасовки в маленький расходный резервуар с поплавковым контролем заполнения, соединенный с системой охлаждающих аппаратов.
2. Продукт перекачивается шестеренчатым насосом, который поддерживает давление в некоторых системах 20–26,7 бар, в других – до 66,7 бар, в охлаждающую систему.
3. Азот как инертный газ вводится во всасывающую часть шестеренчатого насоса, как правило, в количестве $(13,0 \pm 1,0)\%$ для обычных шортенингов. Дозировка аэрирующего газа может варьироваться от 0 до 30,0% в зависимости от требований, предъявляемых к продукту.
4. Давление по всей системе отверждения поддерживается при помощи регулирующего давление клапана, размещенного на технологической линии между насосом и холодильником предварительного охлаждения.
5. Смесь жира и азота предварительно охлаждается до температуры на 5,5–8,5 °С выше точки плавления продукта. Важно, чтобы жировая основа шортенинга оставалась полностью расплавленной, чтобы исключить образование зародышей кристаллизации до начала быстрого охлаждения. В противном случае образуются крупные кристаллы, которые не обеспечивают хорошую гомогенную кристаллическую структуру. Целью предварительного охлаждения является:
 - гарантия постоянной температуры жировой основы шортенинга при поступлении в скребковый теплообменник;
 - снижение нагрузки на скребковый теплообменник;
 - обеспечение образования большого количества зародышей кристаллизации в продукте в процессе его охлаждения в скребковом теплообменнике.
6. Предварительно охлажденная жировая основа шортенинга поступает в переохладитель (вотатор), где быстро охлаждается (обычно менее чем за 30 с пребывания в нем) до температуры от 15,5 до 25,5 °С в зависимости от типа продукта и желательной твердости.
7. Переохлажденный продукт затем проходит через один или более цилиндров обрабатывающей установки (декристаллизатора), где на кристаллы жира воздействует усилие сдвига при одновременном рассеивании теплоты кристаллизации. Вал в рабочем цилиндре вращается со скоростью около 125 об/мин, время пребывания охлажденного продукта в этой установке обычно составляет примерно 3 мин. За это время температура продукта повышается примерно с 5,6 до 8,3 °С благодаря выделению теплоты кристаллизации.
8. Обработанный продукт затем прдавливают через экструзионный клапан со щелью или зазором другой формы, что способствует получению гомогенного продукта за счет разрушения оставшихся кристаллических агрегатов при интенсивном усилии сдвига.
9. Роторный насос перемещает в основном затвердевший продукт при давлении около 20,0–26,7 бар на второй экструзионный клапан, расположенный перед фасовочной установкой.

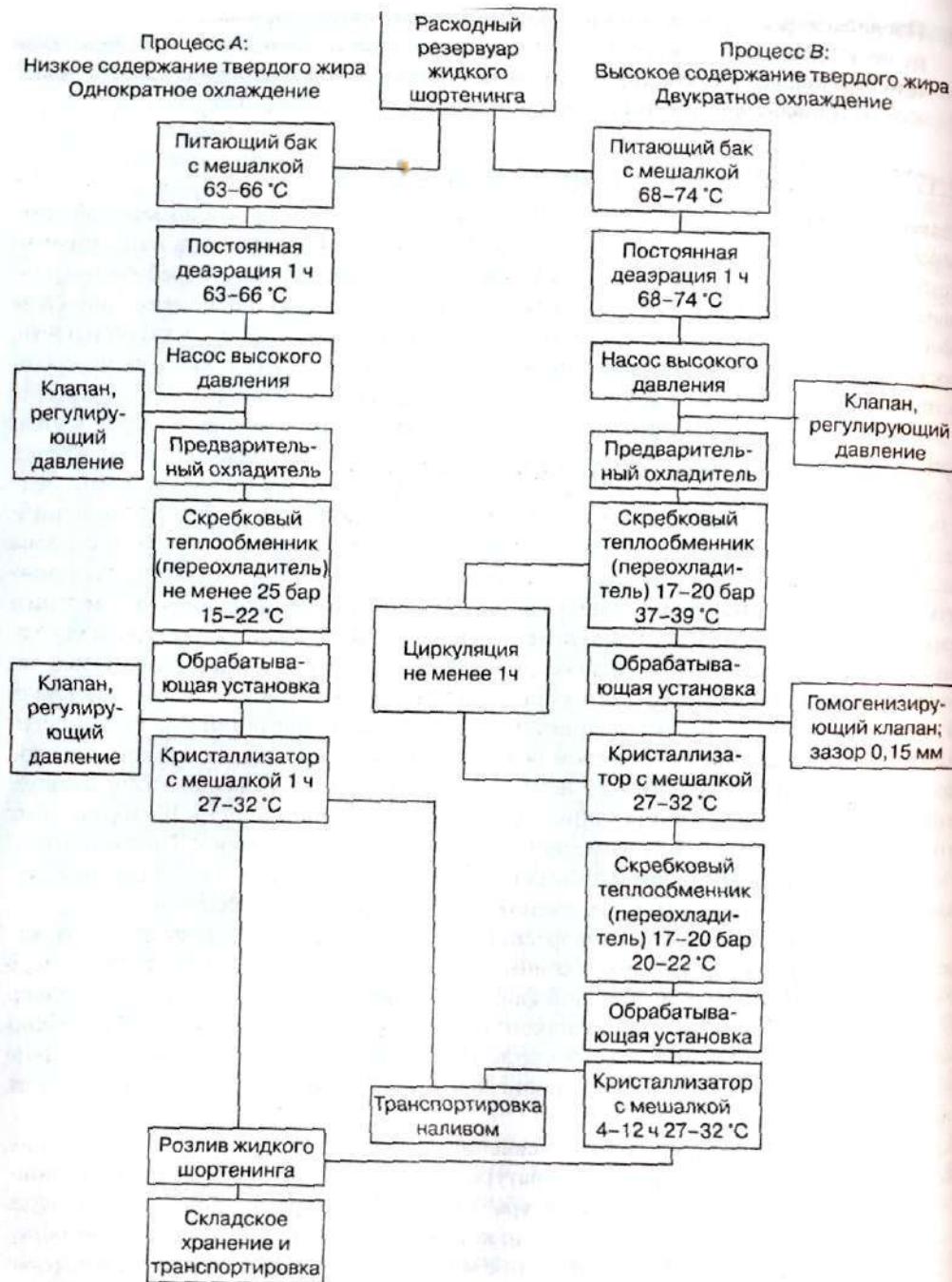
10. После затвердевания шортенинг можно фасовать. Повышение температуры в таре не должно превышать 0,6–1,1 °С. Более значительное повышение свидетельствует о существенной кристаллизации в статических условиях, что приводит к формированию более твердой консистенции, чем требуется.

2.17.4. Кристаллизация жидкого шортенинга

Главным свойством жидких шортенингов является текучесть при комнатной температуре. Жидкие шортенинги легко можно разливать, перекачивать и отмеривать при обычных условиях, что уменьшает проблемы их переработки потребителем. Изготовленные должным образом жидкие шортенинги не требуют перемешивания для обеспечения однородности. Кроме того, повышается окислительная стабильность, поскольку большинство жидких шортенингов не требует нагревания для перевода в текучее состояние при низких температурах помещения (около 10 °С). Продукты имеют молочно-белый цвет в связи с диспергированием твердых жиров в виде микрокристаллических частиц, которые остаются во взвешенном состоянии за счет особенностей процесса кристаллизации. Жидкие шортенинги состоят из компонентов, устойчивых в β -кристаллической форме. Затравкой для кристаллизации жидких шортенингов являются твердые жиры в β -кристаллической форме с низким йодным числом. Количество твердого жира, которое может входить в состав продукта, ограничивается желательной текучестью шортенинга и органолептическими характеристиками готовых продуктов. В изготовленной должным образом устойчивой текучей системе, содержащей твердый жир в β -кристаллической форме, не будет повышаться вязкость или образовываться гель. Твердые жиры, имеющие β' -кристаллическую форму, непригодны для жидких шортенингов, потому что плотная упаковка кристаллической решетки вызывает изменение вязкости в процессе кристаллизации вплоть до исчезновения текучести. Способность к аэрированию, обычно обусловленная присутствием мелких кристаллов в β' -форме, в их отсутствие достигается путем внесения подходящих эмульгаторов. Помимо этого, эмульгаторы, входящие в некоторые рецептуры, замедляют черствение хлебобулочных изделий, что приводит к увеличению срока годности этих изделий.

При производстве жидкого шортенинга большое значение имеет скорость перехода жира в устойчивую кристаллическую форму, потому что перед расфасовкой он должен находиться в устойчивой форме во избежание отверждения в упаковке. С учетом этого преобразование жидкого шортенинга в устойчивую форму должно завершаться в течение нескольких часов. Наиболее быстрое образование устойчивой кристаллической формы жира происходит при следующей последовательности обработки.

1. Нагревают жир до полного расплавления.
2. Быстро охлаждают жир до температуры, немного ниже точки плавления α -кристаллов. Теоретически температура плавления α -кристаллов очень близка к нижнему пределу температуры, до которой жиры можно охлаждать без образования кристаллов. В соответствии с методом AOCS Cc 6–25 [34], ее определяют как температуру, при которой происходит помутнение жира за счет начальной стадии кристаллизации.



3. Нагревают жир чуть выше температуры плавления β' -формы кристаллов, но ниже температуры плавления β -формы. Температура плавления β -кристаллов или наиболее тугоплавкой формы может быть приравнена к температуре плавления, определенной капиллярным методом AOCS Cc 1-25 [34].

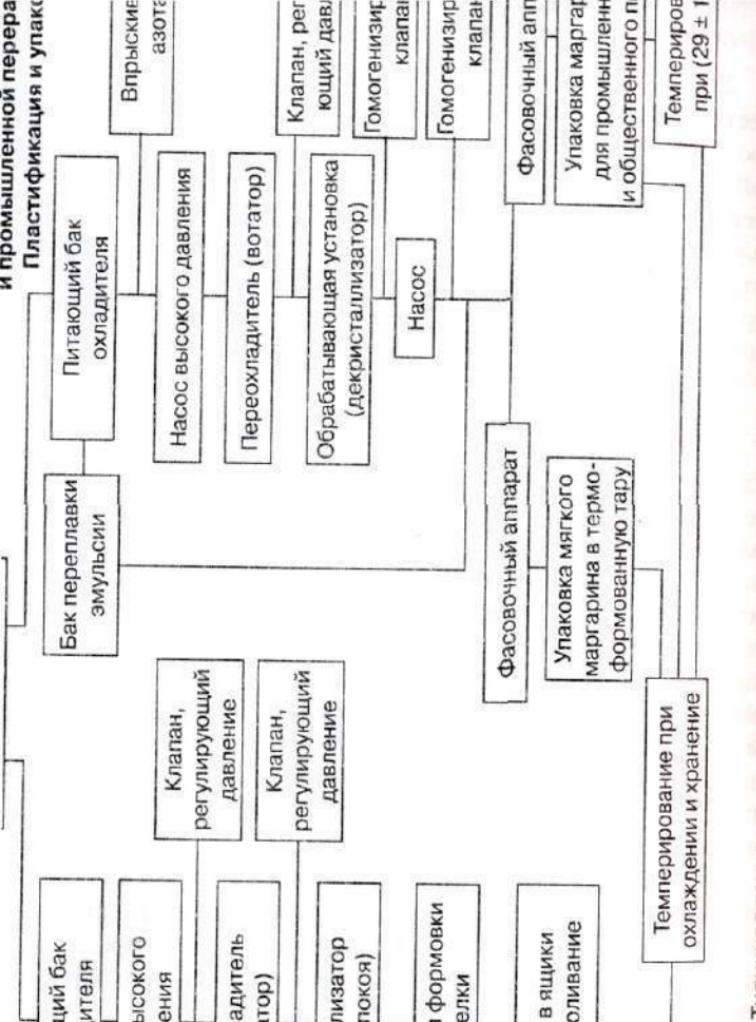
Для изготовления жидких шортенингов было предложено и запатентовано множество различных процессов. Большинство методов требуют быстрого охлаждения продукта в скребковом теплообменнике (переохладителе) с последующей выдержкой в сосуде с мешалкой в течение периода кристаллизации. Схемы двух технологических процессов, позволяющих получать приемлемые жидкие шортенинги, изображены схематически на рис. 2.11. Процесс А используют при производстве жидких шортенингов с содержанием твердого жира менее 5%. Процесс В более длительный; его применяют для продуктов с содержанием твердого жира выше 5% или при наличии в их рецептуре эмульгатора.

2.17.5. Процесс пластификации маргарина

На Североамериканском рынке маргаринов и спредов для розничной торговли, общественного питания и промышленного использования присутствуют несколько различных типов этих продуктов. Технологические параметры и рецептуры должны обеспечивать получение конечного продукта с соответствующими характеристиками. В связи с присутствием влаги и соли материалами для изготовления канализационной и внутренней трубопроводной арматуры на линиях производства маргарина и всех контактирующих с продуктом частей оборудования являются нержавеющая сталь, технически чистый никель или хром с гальваническим покрытием. Четырьмя основными производимыми типами маргарина являются брусковый, мягкий наливной, жидкий маргарин и маргарин для переработки в промышленности и общественном питании. Схемы технологического процесса производства этих типов маргарина показаны на рис. 2.12.

Производство всех типов маргарина начинается с приготовления водно-масляной эмульсии. Жидкую эмульсию можно получать, используя либо периодический, либо непрерывный процесс. При периодическом процессе ванна или бак для смешивания эмульсии называется смесителем. Его изготавливают из нержавеющей стали, как и все оборудование для производства маргарина, чтобы он был коррозионностойким. Кроме того, смеситель оснащен пароводяной рубашкой для регулирования температуры и высокоскоростной мешалкой с лопастями, врачающимися навстречу друг другу. Приготовление эмульсии заключается во взвешивании или отмеривании теплой жировой смеси для маргарина, ее поступлении в смеситель, внесении отдельно взвешенных жирорастворимых ингредиентов при постоянном перемешивании. Одновременно готовят пастеризованную водную фазу путем смещивания всех водорастворимых ингредиентов в отдельной емкости. Поскольку маргарин представляет собой эмульсию воды в масле, водную fazу добавляют в емкость с жировой fazой. Жидкую эмульсию тщательно перемешивают при нагревании, обеспечивающем температуру эмульсии на 5,5–8,5 °C выше температуры плавления жировой основы маргарина. Эмульсия должна непрерывно перемешиваться,

Рис. 2.11. Схема технологического процесса кристаллизации жидкого шортенинга



Типичная технологическая схема производства маргаринов или спредов

цию перемещают в питающий ресивер охладителя. В нем необходимо продолжать перемешивание и поддерживать постоянную температуру, чтобы обеспечить поступление на кристаллизацию однородного продукта.

Альтернативный непрерывный процесс приготовления эмульсии состоит из системы дозирующих насосов, предназначенных для дозирования отдельных ингредиентов водной фазы с последующим смешиванием, а также компонентов жировой фазы. Для смешивания отдельных фаз применяются встроенные статические смесители, затем фазы смешиваются в потоке и эмульгируются в другом статическом смесителе. После смешивания в потоке жидкую эмульсию непрерывно подают в систему кристаллизации.

Затвердевание различных типов маргарина осуществляют с применением переохладителя (вотатора), представляющего собой скребковый теплообменник для быстрого охлаждения, но другие стадии обработки шортенинга и разных типов маргарина несколько отличаются. Процессы затвердевания или пластификации четырех основных типов маргарина описаны ниже.

2.17.5.1. Брусковый маргарин

Температура эмульсии большинства столовых брусковых маргаринов, которые плавятся ниже температуры человеческого тела, устанавливают и поддерживают до поступления в переохладитель (вотатор) на уровне 37,8–40,6 °C. В переохладителе эмульсия быстро (менее чем за 30 с) охлаждается до 4,4–7,2 °C. Для брускового маргарина требуется более плотная консистенция, чем для шортенинга, что достигается при использовании кристаллизатора (трубы покоя), расположенного сразу после переохладителя. Кристаллизатор представляет собой цилиндр с водной рубашкой, который внутри может быть оснащен перегородками или перфорированными тарелками для предотвращения сквозного протекания продукта через центральную часть цилиндра. Длина цилиндра может быть различной, что позволяет добиться увеличения или уменьшения продолжительности кристаллизации в зависимости от состава продукта. Переохлажденная смесь проходит напрямую в кристаллизатор (для созревания структуры) и затем на формующее оборудование. При использовании наполняющего оборудования перед кристаллизатором можно установить

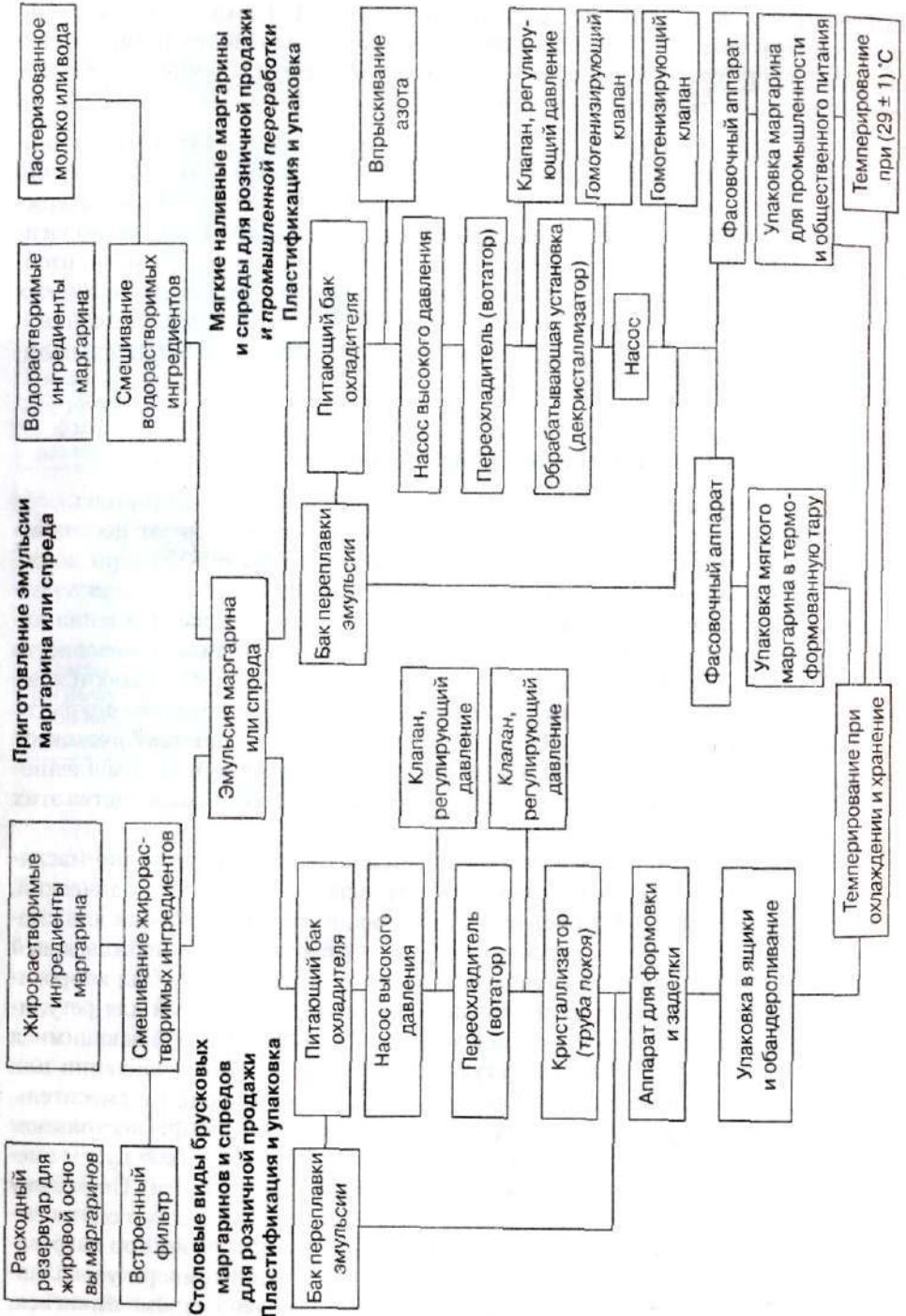


Рис. 2.12. Типичная технологическая схема производства маргаринов или спредов

поскольку она в расплавленном виде неустойчива и сразу же начинает расслаиваться при прекращении перемешивания. Хорошо перемешанную, однородную эмульсию перемещают в питающий резервуар охладителя. В нем необходимо продолжать перемешивание и поддерживать постоянную температуру, чтобы обеспечить поступление на кристаллизацию однородного продукта.

Альтернативный непрерывный процесс приготовления эмульсии состоит из системы дозирующих насосов, предназначенных для дозирования отдельных ингредиентов водной фазы с последующим смешиванием, а также компонентов жировой фазы. Для смешивания отдельных фаз применяются встроенные статические смесители, затем фазы смешиваются в потоке и эмульгируются в другом статическом смесителе. После смешивания в потоке жидкую эмульсию непрерывно подают в систему кристаллизации.

Затвердевание различных типов маргарина осуществляют с применением переохладителя (вотатора), представляющего собой скребковый теплообменник для быстрого охлаждения, но другие стадии обработки шортенинга и разных типов маргарина несколько отличаются. Процессы затвердевания или пластификации четырех основных типов маргарина описаны ниже.

2.17.5.1. Брусковый маргарин

Температура эмульсии большинства столовых брусковых маргаринов, которые плавятся ниже температуры человеческого тела, устанавливают и поддерживают до поступления в переохладитель (вотатор) на уровне 37,8–40,6 °C. В переохладителе эмульсия быстро (менее чем за 30 с) охлаждается до 4,4–7,2 °C. Для брускового маргарина требуется более плотная консистенция, чем для шортенинга, что достигается при использовании кристаллизатора (трубы покоя), расположенного сразу после переохладителя. Кристаллизатор представляет собой цилиндр с водной рубашкой, который внутри может быть оснащен перегородками или перфорированными тарелками для предотвращения сквозного протекания продукта через центральную часть цилиндра. Длина цилиндра может быть различной, что позволяет добиться увеличения или уменьшения продолжительности кристаллизации в зависимости от состава продукта. Переохлажденная смесь проходит напрямую в кристаллизатор (для созревания структуры) и затем на формующее оборудование. При использовании наполняющего оборудования перед кристаллизатором можно установить маленький смеситель, что позволяет добиться оптимальной консистенции при фасовке и немного более мягкого конечного продукта. Линия возврата продукта необходима в связи с тем, что во всех закрытых системах, заполненных продуктом, нужно поддерживать несколько избыточную подачу, обеспечивающую управление массой на фасовочном оборудовании. Избыток перекачивают в резервуар для переплавки и затем повторно вводят в поточную линию.

Для фасовки брускового маргарина в США применяют два типа формования и упаковки: прессование и наполнение. В системе прессования первоначально применялась открытая воронка, в которую продукт в форме лапши выдавливался из кристаллизатора через перфорированную пластину. Маргариновая «лапша» подавалась на шnek, затем в прессующую головку и на устройство, оберывающее

полученный бруск пергаментной бумагой, в конце продукт укладывали в картонную коробку. В закрытой системе прессования брусков, используемой в настоящее время, вместо цилиндра созревания и механизма с открытой воронкой применяют кристаллизатор, который заполняет пресс-форму под давлением. В систему фасовки из кристаллизатора поступает маргарин с пластичной консистенцией. Им заполняют пресс-форму, выложенную пергаментом или оберткой из фольги. Обертку задельвают, затем извлекают продукт из пресс-формы и передают его на упаковку в картонную тару.

2.17.5.2. Мягкий наливной маргарин

Жировые смеси для мягких наливных маргаринов имеют более низкое содержание твердых жиров по отношению к жидким, чем смеси для брускового маргарина, что обеспечивает получение продукта, легко намазывающегося сразу после холода или морозильной камеры. Способ проведения кристаллизации также влияет на консистенцию, но этот вид маргарина имеет слишком мягкую консистенцию для формования в брикеты, поэтому используется упаковка в пластиковые банки или лотки с фиксирующимися крышками.

Для должного заполнения емкости маргарин мягкой консистенции должен находиться в полужидком состоянии, подобно шортенингу, поэтому процесс его кристаллизации больше напоминает пластификацию шортенинга, чем получение брускового маргарина. Температуру типичной эмульсии мягкого маргарина устанавливают и поддерживают до закачивания насосом высокого давления в вататор на уровне 35,0–40,6 °С. Аэрирующий газ или азот, вводимый для дальнейшего улучшения намазываемости, подается во всасывающую часть насоса в количестве 8,0% для наиболее легко намазывающихся продуктов и в более низкой дозировке для более твердых продуктов. Продукт быстро охлаждается в вататоре до температуры на выходе 8,9–11,1 °С. Переохлажденная эмульсия маргарина затем проходит через обрабатывающую установку (декристаллизатор) для рассеивания теплоты кристаллизации. Вал в декристаллизаторе вращается со скоростью примерно 35–50 об/мин, время пребывания маргарина в установке около 3 мин. После обработки продукт попадает в наполняющую установку, где он продавливается через гомогенизирующий клапан при давлениях от 20 до 27 бар. Для заполнения упаковок маргарином может применяться либо роторный, либо линейный наполнитель. Избыток продукта, необходимый для его равномерной подачи на наполняющую установку, поступает в бак для переплавки и в конечном итоге повторно попадает в систему отверждения.

2.17.5.3. Взбитый маргарин в термоформуемой таре

Оборудование, используемое для изготовления, кристаллизации и упаковки обычного мягкого маргарина, может использоваться и в производстве взбитых наливных маргаринов. Разница заключается во введении в процесс кристаллизации 33% (по объему) азота для достижения 50%-ной взбитости продукта. Азот вводят непрерывно через расходомер во всасывающую часть насоса. Поскольку для упаковки продукта, имеющего повышенный объем, требуется тара большего размера, соот-

вествующие детали наполняющего, укупоривающего крышками и упаковочного оборудования нуждаются в замене.

2.17.5.4. Жидкий маргарин

Жидкий маргарин как для розничной торговли, так и для промышленного использования может кристаллизоваться с использованием того же оборудования и технологического процесса, которые применяют при изготовлении мягкого наливного маргарина в зависимости от состава и требований к стабильности супензии. В состав жировой основы для жидкого маргарина обычно входят жидкие растительные масла, стабилизированные добавлением β- или β'-формы твердого жира. Жидкий маргарин, стабилизированный β'-кристаллической формой, можно производить с использованием ускоренного процесса кристаллизации, применяемого для изготовления мягкого наливного маргарина, за исключением введения аэрирующего газа. Эти продукты в готовом виде необходимо хранить в холодильнике, чтобы обеспечить стабильность супензии.

Жидкие маргарины, содержащие β-кристаллическую форму твердых жиров, и некоторые, имеющие в составе β'-форму, в целях повышения текучести и стабильности супензии подвергаются кристаллизации или темперированию. Стадия кристаллизации включает в себя период выдержки в сосуде с мешалкой, снабженной ручкой, в течение которого рассеивается теплота кристаллизации. Продукт можно фасовать в контейнеры, после того как его температура стабилизировалась. Некоторые жидкие маргарины с более высоким соотношением твердое вещество / жидкость проходят дальнейшую обработку, направленную на стабилизацию жидкой супензии, с использованием либо гомогенизации, либо повторным пропусканием через вататор перед заполнением тары. Дополнительная обработка, позволяющая добиться более стабильной кристаллизации, повышает текучесть и стабильность супензии, но возросшие издержки производства могут не оправдывать себя.

2.17.5.5. Маргарин для промышленного использования

Маргарин для общественного питания или использования в промышленности может быть либо идентичным продукту для розничной торговли, но расфасованным в крупную тару, либо разработанным для специального применения. Из всех специальных маргаринов производство продуктов для пресного или дрожжевого слоеного теста вызывает наибольшие затруднения, связанные с кристаллизацией. Типичными свойствами маргарина для слоеного теста являются пластичность и плотность. Пластичность необходима, поскольку маргарин должен образовывать неповрежденные слои при повторяющихся операциях складывания и раскатки теста. Плотность также важна, поскольку мягкий и маслянистый маргарин частично поглощается тестом и перестает играть роль барьера между слоями теста. Как и для шортенингов, окончательная полиморфная форма кристаллов в маргарине для слоеного теста определяется составом триглицеридов, но на скорость формирования наиболее устойчивой формы можно оказывать влияние, изменяя количество переданной механической и тепловой энергии. Поэтому традиционным процессом кристаллизации для маргарина для слоеного теста и маргарина для хлебопечения

является процесс, аналогичный пластификации шортенинга, представленный на рис. 2.10, за исключением того, что маргарин, содержащий воду или молоко в виде эмульсии, обычно не аэрируется. Водная фаза маргариновой эмульсии оказывает влияние на внешний вид и свойства, аналогичное введению газа. Маргарин для промышленного использования обычно упаковывают в ящики из гофрированного картона по 22,5 кг (50 фунтов), в пластмассовые ведра по 19 л (5 галлонов), барабаны по 208 л (55 галлонов) или в специальные упаковки, разработанные для отдельных случаев.

2.17.6. Темперирование

Условия темперирования зависят от типа продукта и применяются для достижения определенной консистенции и пластичности жира. Столовые и бутербродные маргарины не требуют никакой температурной обработки после упаковки, их темперируют при температурах холодильника в целях получения рыхлой, структурированной или хрупкой консистенции. Однако пластифицированные шортенинги или маргарины, требующие пластичной консистенции, сразу после фасовки должны пройти темперирование в течение 40 ч или дольше, находясь в состоянии покоя при температуре немного выше температуры наполнения тары. Во время темперирования кристаллы преобразовываются в полиморфную форму, характерную для них при обычных условиях. Фактически выдержка при 29,5 °C в течение 24–72 ч или до формирования устойчивой кристаллической формы является допустимым компромиссом. Главной целью темперирования является улучшение твердого шортенинга, позволяющее ему выдерживать значительный перепад температур при последующем хранении и сохранять однородную консистенцию при отеплении до 21–24 °C – общепринятой температуре использования большинства пластифицированных шортенингов и маргаринов [108]. Медленная кристаллизация при темперировании благоприятна для роста кристаллов, что способствует повышению пластичности и, следовательно, улучшению взбиваемости и функциональных свойств, важных для выпечки.

Темперирование подразумевает взаимосвязь между температурой и временем. При темперировании теплота фазового превращения должна быть рассеяна как можно быстрее. Если жирам дают возможность сохранить это тепло благодаря свойственной им теплоизолирующей способности, заметная часть кристаллов может расплавиться, и последующее постепенное охлаждение при обычных условиях хранения будет способствовать превращению оставшейся части кристаллов в нежелательную β-форму.

Влияние темперирования на пластифицированный продукт лучше всего проявляется при проверке их функциональных свойств. Темперированные продукты имеют прекрасную взбиваемость и более широкий диапазон пластичности и могут использоваться как при высоких, так и при низких температурах. В некоторых случаях при темперировании в некоторой степени изменяются показатели твердости продукта, свидетельствуя о более мягкой консистенции шортенинга после отепления по сравнению с нетемперированным. Влияние темперирования можно также

определить по внешнему виду — темперированный продукт будет более однородным, с лучшей консистенцией, тогда как нетемперированный продукт будет более хрупким и быстро раскрошится в процессе обработки. Продукты в β'-кристаллической форме, сразу после охлаждения и обработки помещенные в условия пониженной температуры, приобретают твердую и хрупкую консистенцию, и попытки улучшить ее путем темперирования были безуспешными [120]. После завершения перехода к более устойчивой кристаллической форме снова получить более ранние полиморфные структуры можно только путем плавления продукта, кристаллизации в α-форме и повторения последовательности полиморфных переходов.

2.17.6.1. Быстрое темперирование

Проблемы дополнительных издержек и логистики, наряду с необходимостью оборудования камер для темперирования, имеющих постоянную температуру, склонили некоторых изготовителей оборудования к разработке механических систем, позволяющих исключить темперирование. Большинство этих установок претендуют не на полное исключение данного этапа обработки, а на уменьшение продолжительности темперирования на 50% и более. В большинстве процессов быстрого темперирования обычные системы охлаждения и обработки, используемые в сочетании с темперированием, дополнительно оснащают установками для дополнительного охлаждения при перемешивании и для механической обработки. Теоретически действие этих систем основано на том, что при форсированной быстрой кристаллизации жидкого жира в нем образуются новые мелкие и устойчивые кристаллы, в отличие от кристаллизации вокруг уже существующих кристаллов, вызывающей увеличение их размеров или агломерацию, что имеет место при обычном темперировании. Для кристаллизации продукта в устойчивой полиморфной форме за счет его механической обработки были разработаны две основные системы, использующие для уменьшения продолжительности темперирования дополнительное охлаждение. Сравнительные схемы технологического процесса с использованием этих систем приведены на рис. 2.13. В обеих системах вязкое кристаллическое вещество после переохлаждения в вататоре и обработки в декристаллизаторе повторно охлаждают для удаления теплоты кристаллизации, выделяющейся в декристаллизаторе. Одна из систем использует еще один декристаллизатор после второго цикла охлаждения, тогда как в другой предусмотрена подача продукта на фасовку сразу же после второго вататора. Наиболее высокое качество продукта при темперировании путем повторного охлаждения достигается, когда температура выгрузки продукта из второго вататора равна или немного ниже, чем температура на выходе из первого вататора. Большинство шортенингов и маргаринов, изготавливаемых с использованием быстрого темперирования, при фасовке имеют температуру в диапазоне от 18 до 29 °C.

Показатели нормально темперированных шортенингов были достигнуты при выдержке быстро темперированных продуктов только в течение 24 ч [121]. Многие производители пищевых жиров выбрали для себя системы быстрого темперирования, но другие производители пластичных шортенингов и маргаринов продолжают использовать традиционные процессы темперирования. Во многих случаях для получения различных специальных шортенингов и маргаринов используются

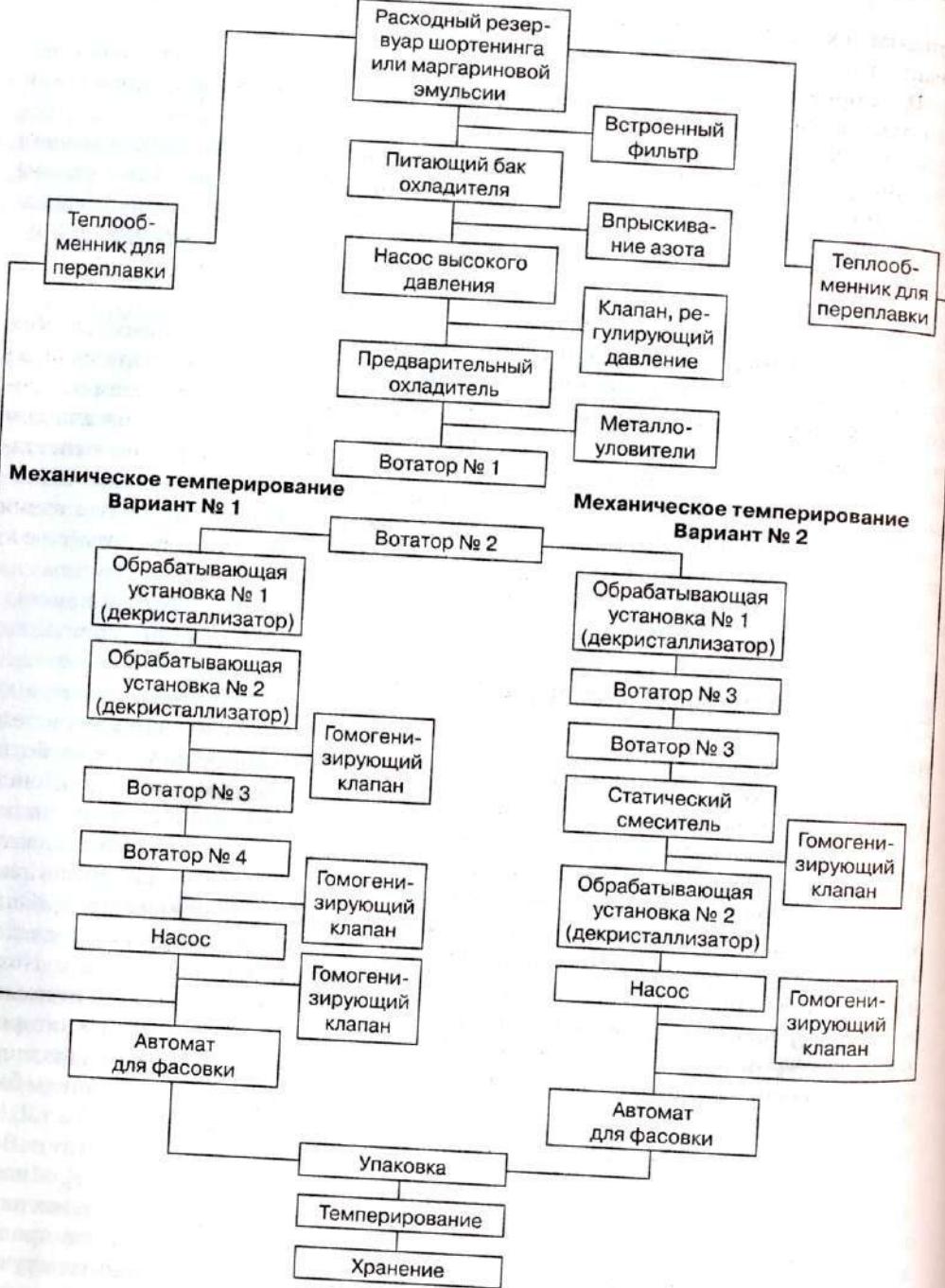


Рис. 2.13. Варианты механического темперирования

варианты технологических процессов как с обычным, так и с быстрым темперированием:

- Фритюрные жиры, не требующие пластичной консистенции, получают с использованием обычного процесса в режиме повышенной производительности и темперируют только для отверждения.
- Универсальные шортенинги, требующие широкой области пластичности, пластифицируют стандартным способом и темперируют с использованием либо обычного, либо быстрого процесса темперирования.
- Продукты для сдобного теста или твердые шортенинги пластифицируют с использованием одной из двух специализированных систем, темперируют сокращенным обычным способом выдержки в состоянии покоя.

Другой процесс, разработанный для мгновенной кристаллизации жировых продуктов до желательной конечной формы, использует дополнительную энергию вместо охлаждения. Было найдено, что темперирование шортенинга путем микроволновой обработки позволяет добиться существенного улучшения продукта при экспозиции от 0,25 до 10 мин [122]. В патенте США № 3 469 996 описано темперирование путем микроволновой обработки, осуществляемой перед упаковкой непрерывным способом или после упаковки периодическим способом. Типичное время экспозиции для микроволновой обработки составляло 2 мин при температуре выхода продукта 35,0–39,5 °C.

2.18. Шортенинги в виде хлопьев

Шортенинги в виде хлопьев представляют собой пищевые жиры с высокой температурой плавления, затвердевшие в форме тонких хлопьев, что делает их более удобными в обращении, позволяет ускорить плавление или придать особые свойства пищевым продуктам. При производстве шортенинга в виде хлопьев продолжают применяться холодильные барабаны, использовавшиеся для охлаждения шортенинга и маргарина до внедрения скребковых теплообменников (вотаторов). Холодильные барабаны были адаптированы для получения нескольких видов хлопьев, что обеспечивает придание различных свойств специальным пищевым продуктам наряду с традиционной зависимостью свойств от температуры плавления. Появление таких специальных жировых продуктов было обусловлено потребительским спросом на них. Для продуктов различного назначения были разработаны специальные тугоплавкие жировые хлопья, различающиеся по температуре плавления:

Вид продукта	Диапазон плавления, °C
Твердые жиры с низким йодным числом	52–66
Твердые эмульгаторы	60–66
Стабилизаторы глазури	43–54
Шортенинг в виде хлопьев	43–46
Кондитерские жиры	36–44

2.18.1. Холодильные барабаны

Существуют холодильные барабаны, различающиеся по размерам, конфигурации, обработке поверхности, механизмам подачи сырья и т. д., но большинство из них представляют собой полые металлические цилиндры диаметром 1,22 или 2,75 м, длиной 3,66 м, с отшлифованной поверхностью. Цилиндры или вальцы, охлаждаемые изнутри орошающими или распылительными системами непосредственного охлаждения, медленно вращаются вокруг продольной горизонтальной оси. Подача расплавленного жира на холодильный барабан может осуществляться несколькими способами:

- с каретки, установленной на разном уровне верхней четверти вала;
- из глубокого поддона, в который погружается нижняя часть барабана;
- подачей сверху в просвет между холодильным барабаном и малым распределительным барабаном;
- путем установки сдвоенного барабана или двух барабанов, смонтированных с очень узким зазором между ними, куда впрыскивается расплавленный жир, распределяемый по поверхности обоих цилиндров.

Тонкая пленка жидкого жира наносится на поверхность барабана, по мере его вращения жир частично затвердевает. Во всех моделях оборудования затвердевший жир снимается с барабана лезвием скребка, установленного перед устройством подачи жира.

2.18.2. Кристаллизация хлопьев

При охлаждении часть жира значительно переохлаждают для обеспечения очень быстрой кристаллизации. Скрытая теплота, выделяющаяся при кристаллизации жира, поглощается охлаждающей средой (хладагентом) в барабане. При кристаллизации гидрогенизованных пищевых масел физическая теплота жидкости отводится до достижения продуктом температуры плавления. Для обеспечения кристаллизации продукта при температуре плавления необходимо удалять излишнее тепло. Количество тепла, выделяемое в ходе этого явления, называется **теплотой кристаллизации**. Теплосодержание или удельная теплоемкость большинства твердых жиров составляет 0,27 кал/г · град, а теплота кристаллизации – 27,8 кал/г. Таким образом, количество тепла, которое необходимо отвести для кристаллизации гидрогенизированного масла с низким йодным числом, в 100 раз больше той теплоты, которую нужно удалить для охлаждения продукта на 1 °С. Температуры хладагента, позволяющие отводить эту теплоту при образовании жировых хлопьев, приведены ниже.

Продукт	Температура хладагента, °С
Твердые жиры с низким йодным числом	Не выше 21,1
Твердые эмульгаторы	Не выше 21,1
Стабилизаторы глазури	Не выше -1,1
Шортенинг в виде хлопьев	Не выше -15,0
Кондитерские жиры	Не выше -1,1

2.18.3. Условия образования хлопьев

Параметры работы холодильного барабана и необходимость дополнительной обработки до и после фасовки зависят от вида хлопьевидного продукта, который планируют изготавливать. Однако можно сделать некоторые обобщения относительно взаимосвязи технологических параметров охлаждения на барабане и качества продукции.

- **Кристаллическая структура.** Для каждого вида жировых хлопьев подбирают особые условия кристаллизации в зависимости от исходного масла, температуры плавления, степени насыщения и требуемых физических показателей.
- **Толщина хлопьев.** Этот показатель в основном зависит от четырех контролируемых параметров:
 - температура масла, подаваемого на барабан;
 - температура холодильного барабана;
 - скорость вращения барабана;
 - механизм подачи.

Для многих хлопьевидных продуктов стандартная толщина хлопьев составляет 0,75 мм, но для большинства хлопьев шортенинга она возрастает до 1,25 мм.

- **Температура в упаковке.** Кристаллизация жира не завершается на холодильном барабане, поэтому теплота продолжает выделяться и после снятия с него хлопьев. Теплота кристаллизации вызывает нагревание расфасованного продукта, если ее не отвести до фасовки. Температура продукта может возрасти настолько, что начнется его частичное плавление, вследствие чего под действием давления верхних слоев упакованный продукт сплавится в один большой ком.
- **Условия образования хлопьев.** Блестящая или влажная поверхность хлопьев является результатом наличия пленки жидкого масла в связи с неполным затвердеванием жира. Такой дефект внешнего вида возникает при слишком низкой или слишком высокой температуре холодильного барабана. Повышенная температура барабана не может обеспечить достаточно глубокое охлаждение для полного затвердевания хлопьев. Излишне низкая температура барабана может вызвать шоковое охлаждение пленки масла, что приводит к ее отделению от поверхности барабана до окончания процесса затвердевания ее наружной части. И в том и в другом случае влажные хлопья в упаковке будут сплавляться в большой ком.

2.19. Порошкообразные и гранулированные жиры

Порошкообразные (сухие) и гранулированные жиры являются особыми продуктами, разработанными в целях облегчения их дозирования, обработки, плавления, равномерной подачи при использовании вибрационных систем внесения и т. д. Такие продукты можно изготавливать на основе только гидрогенизированного жира, только твердого эмульгатора, смеси гидрогенизованных жиров и эмульгаторов, или жиров или эмульгаторов в сочетании с другими компонентами, например, обез-

жиренным молоком, сухой кукурузной патокой, казеинатом натрия, яичным порошком, крахмалом и другими носителями. Рецептура смешанных продуктов разрабатывается с учетом их функций в молочных системах, начинках, готовых смесях, конфетах, соусах и других готовых пищевых продуктах. Порошкообразные твердые эмульгаторы используют в тех же целях, что и хлопьевидные, но они быстрее плавятся и могут вноситься в некоторые конечные продукты без предварительной подготовки. Твердые эмульгаторы, гидрогенизированные жиры или смеси этих двух ингредиентов служат стабилизаторами арахисового масла и других жировых продуктов, используются в качестве ускорителей кристаллизации, смазки для панировочных смесей, в составах для смазывания противней, в фармацевтических препаратах, косметических средствах, для регулирования температуры плавления и т. д.

В США используются три основных метода получения порошкообразных или гранулированных жиров:

- распылительное охлаждение;
- измельчение хлопьев;
- образование хлопьев при распылении и измельчение.

Продукты специального назначения сложного состава, содержащие жиры, эмульгаторы, сухое молоко и т. п., обычно получают путем распылительного охлаждения. Твердые жиры и твердые эмульгаторы также изготавливают этим способом, но в этом случае возможны затруднения при подаче или точном смешивании. Частицы сферической формы, из которых состоят порошки распылительного охлаждения, могут действовать как шарикоподшипники, вызывая неравномерную подачу сырья вибрационным питателем или расслоение в смесях сухих веществ. Гранулированные продукты, полученные измельчением хлопьев или образованием хлопьев при распылении и их измельчением, имеют зернистую форму, что обеспечивает равномерную скорость подачи вибрационными или шнековыми питателями и предупреждает расслоение или разделение смесей с другими сыпучими ингредиентами.

2.19.1. Распылительное охлаждение

Как правило, этот процесс представляет собой распыление расплавленного жира в зоне кристаллизации, в которой поддерживаются температурные условия, обеспечивающие контакт очень тонкого аэрозоля расплавленного жира с охлажденным воздухом или газом. Это вызывает кристаллизацию жира без заметного переохлаждения. Управляя температурными условиями и временем пребывания продукта в холодильной камере, добиваются того, что все выделяемое тепло и фактически вся скрытая теплота кристаллизации удаляются с образованием множества центров кристаллизации при быстром образовании зародышей. Это сопровождается оптимальным ростом кристаллов вокруг этих зародышей кристаллизации. При росте кристаллов в отсутствие заметного переохлаждения и при почти полном рассеивании теплоты кристаллизации равновесное состояние достигается практически мгновенно. Это состояние равновесия достигается равномерно как в меж-, так и во внутрикристаллической структуре жира, что обеспечивает получение свободно перемещающихся, темперированых частиц.

2.19.2. Измельчение хлопьев

Твердые жиры в виде хлопьев, имеющие низкое йодное число, и твердые моно- и диглицериды могут быть измельчены с использованием мельниц фрикционного типа. Этот тип оборудования основан на соударении частиц как друг с другом в воздухе, так и о плиту. Для перемещения измельченных жиров через оборудование может использоваться поток воздуха. Требующийся поток воздуха меньше, чем используемый в распылительном охлаждении, но измельченные хлопья необходимо отделить от воздушного потока. Для достижения стабильной скорости следует использовать предварительное охлаждение хлопьев или добавление сухого льда, чтобы обеспечить охлаждение продукта перед измельчением до температуры ниже 4,4 °С. Процесс измельчения вызывает повышение температуры, в результате чего хлопья могут стать слишком липкими для размалывания. Измельчение хлопьев может быть успешным лишь в случае их глубокого охлаждения перед началом измельчения, что осуществляется путем внесения сухого льда или циркуляции воздуха, имеющего достаточно низкую температуру, чтобы рассеять выделяющееся тепло.

2.19.3. Образование хлопьев при распылении и измельчение

Этот защищенный патентом процесс непрерывного производства порошкообразных жиров основан на использовании холодильного барабана и позволяет сразу же размалывать жир в порошок без чрезмерного охлаждения на барабане или последующего охлаждения продукта. Этот процесс состоит из следующих стадий [123]:

- Набрызгивание на холодную поверхность холодильного барабана жидких капелек расплавленного жира, которые затем быстро затвердевают.
- Удаление затвердевших капелек с поверхности барабана лезвием скребка.
- Сортировка затвердевших капель жира по размеру вибрационным сортирующим ситом. Частицы больших размеров отводят на дробилку, тогда как мелкие частицы направляют прямо на фасовку.
- Возврат измельченного продукта на вибрационное сито и сортировка повторяются до достижения приемлемого для фасовки размера частиц.
- Темперирование продукта при повышенной температуре для перехода кристаллов в устойчивую полиморфную форму.

2.20. Упаковка салатных и кулинарных масел

Прозрачные салатные и кулинарные жидкые масла не требуют никакой последующей обработки после дезодорации перед фасовкой за исключением регулирования температуры для сохранения вкуса, консистенции и контроля массы, а также азотной защитной атмосферы для обеспечения окислительной стабильности. Жидкие масла в настоящее время упаковывают в прозрачную пластиковую тару вместимостью 8, 16, 24, 32, 48 и 64 унций (225, 450, 680, 900, 1360 и 1810 г соответственно), а также в непрозрачную пластиковую тару вместимостью 1 галлон (3,8 л) для

розничных продаж. Эти же масла и некоторые другие продукты с добавками, например, пеногасителями и антиоксидантами, упаковывают в пластиковые бутыли вместимостью 35 фунтов или 5 галлонов (16 кг или 19 л), а также закрытые бочки вместимостью 425 фунтов (193 кг) для поставок на предприятия общественного питания и пищевой промышленности. Пластиковая тара вытеснила стеклянную и металлическую вследствие более благоприятных экономических показателей. Более низкая стоимость упаковки в сочетании с ее легкостью обусловили снижение цен на упакованный продукт.

Салатные и кулинарные масла чувствительны к свету, который катализирует окисление, вызывающее появление неприятных привкусов. Сенсибилизирующие вещества, такие как хлорофилл, могут ускорять фотоокисление. Порчу масел могут вызывать как искусственно освещение, так и солнечный свет. Промышленная упаковка защищает масла от воздействия света, но прозрачная пластиковая тара, используемая при фасовке продуктов для розничной торговли, также как и стекло, оказывает очень слабую защиту после перемещения из складских помещений в торговые залы.

Контакт с кислородом также способствует разложению масла и является наиболее критичным фактором, влияющим на стабильность вкуса. Кислород может попадать в упакованное масло несколькими способами:

- атмосферный кислород может попадать в масло в процессе фасовки;
- кислород может находиться в свободном пространстве над продуктом внутри тары;
- кислород может проникать сквозь стенки пластиковой тары;
- загрязненный азот может содержать кислород.

Жидкие масла необходимо защищать как от перегрева, так и от переохлаждения. При высоких температурах ускоряется ухудшение вкуса, а пониженные температуры вызывают кристаллизацию и помутнение, поэтому салатные и кулинарные масла не следует хранить в холодильных камерах для шортенинга или маргарина. Хранение и транспортировка должны осуществляться при температуре 21,1–23,9 °C.

2.21. Транспортировка наливом

Производители пищевых продуктов, использующие пищевые жиры и масла в больших количествах, зачастую закупают их наливом. Все фасуемые жиры и масла можно транспортировать в качестве наливного груза в цистернах или автоцистернах, за исключением маргаринов и спредов. В этом случае транспортироваться заказчику может жировая основа маргарина. Для гарантии приемлемого качества продукта при использовании и потреблении необходимо правильное обращение с ним при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировке, и хранении в резервуарах заказчика. Системы бестарной транспортировки для транспортировки жиров и масел должны проектироваться и эксплуатироваться, исходя из трех основных принципов обеспечения качества:

- предупреждение загрязнения;
- отсутствие перегрева;
- сведение воздействия воздуха к минимуму.

2.21.1. Загрязнение

Загрязнителем является любое нежелательное вещество, которое может привести к заражению, разложению, изменению или порче продукта при контакте или связывании. При транспортировке наливом наиболее вероятно воздействие следующих загрязняющих примесей:

- **Влага.** Для предупреждения гидролиза жиров и масел и образования свободных жирных кислот необходимо принимать определенные меры предосторожности. Источниками влаги могут быть влажные цистерны или танки, трубопроводы с паром, повреждения паровых змеевиков вагона-цистерны, протечки в охладителях, конденсация, дождь во время погрузки и т. д.
- **Посторонние примеси.** Наличие посторонних веществ в масле, которое транспортируют наливом, обычно вызвано нарушением в работе фильтра, установленного в линии отгрузки, недостаточно тщательной очисткой или мойкой танков и цистерн, открыванием крышки люка и т. д. Очистка железнодорожных цистерн достаточно сложна в связи с использованием в качестве материала при их изготовлении черного чугуна, наличием греющих змеевиков, на которых может образовываться слой окисленного и полимеризованного масла.
- **Смешивание.** Случайное смешивание двух различных жиров и масел является серьезным загрязнением. Все жиры и масла имеют свои специфические свойства в зависимости от области их применения, и попадание примесей других жиров обычно существенно снижает функциональные свойства продукта. Смешивание продуктов обычно является результатом неисправности насоса для удаления из цистерны остатков перед загрузкой свежего продукта или неисправности клапана.

2.21.2. Перегрев

Большинство транспортируемых наливом жиров и масел для перекачивания в танках и автоцистернах поддерживают в жидком виде путем нагревания, при транспортировке жиров в железнодорожных цистернах нагрев повторяется перед разгрузкой цистерны при достижении места назначения. При этом температура продукта не должна превышать необходимого уровня. Скорость окисления жиров и масел имеет температурный коэффициент, равный 3, т. е. возрастает в три раза при повышении температуры на каждые 10 °C. Обычно для сохранения жиров и масел в жидком состоянии для перекачивания достаточно поддерживать температуру на 5,5–8,5 °C выше точки плавления. Для перевода продукта, доставленного заказчику в твердом или полутвердом состоянии, в однородное жидкое состояние перед перекачиванием его следует медленно нагреть. Перегрев содержимого железнодорожных цистерн может происходить при использовании пара высокого давления или при непра-

вильном использовании пара низкого давления. Нагревание нужно начинать заранее, рассчитав время таким образом, чтобы достичь необходимой температуры при скорости нагрева не выше 5,5 °С за 24 ч. При использовании пара его давление не должно превышать 1,5 кг/см², чтобы предотвратить локальное перегревание.

2.21.3. Воздействие воздуха

Окисление является результатом контакта жиров и масел с воздухом, что снижает их стабильность и вызывает появление неприятного привкуса. Воздействие воздуха можно почти полностью исключить путем проведения всех стадий обработки после дезодорации в атмосфере азота, однако в большинстве автомобильных и железнодорожных цистерн не предусмотрено создание дополнительного давления, обеспечивающего постоянное наличие азотного защитного слоя. Впрыскивание азота в поток масла в процессе загрузки приведет к насыщению масла и введению некоторого избыточного количества газа. Этот избыток высвобождается после загрузки масла в танк и вытесняет воздух из пространства над продуктом. Подобная практика требует расхода около 30 дм³ азота на 100 кг масла. Кроме того, выходное отверстие загрузочной линии должно располагаться около дна резервуара, что сводит к минимуму аэрирование продукта. Заливание нагретых жиров и масел с большой высоты и их падение в резервуар через слой воздуха может привести к разбрызгиванию и аэрированию продукта.

Литература

1. Lusas, E. W., Rhee, K. C. Animal and vegetable fats, oils and waxes // *Riegel's Handbook of Industrial Chemistry* / Kent, J. A., ed. – 9th ed. – New York: Van Nostrand-Reinhold, 1992. – P. 288–297.
2. Carr, R. A. Oilseeds processing // *Technology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleum Oils* / Wan, P. J., Wakelyn, P. J., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1997. – P. 101–112.
3. Johnson, L. A. Recovery of fats and oils from plant and animal sources // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. A., Wan, P. J., eds. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 108–135.
4. Carlson, K. F., Scott, J. D. Recent developments and trends in oilseeds and fats and oils processing // *INFORM*, 1991, 2, 1034–1060.
5. Norris, F. A. Extraction of fats and oils // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* – Swern, D., ed. – New York: John Wiley & Sons, 1982. – P. 175–201, 245–246.
6. Brueske, G. D. Oil/meal separation processes // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* – Applewhite, T. A., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1993. – P. 126–135.
7. O'Brien, R. D., Wan, P. J. Cottonseed oil // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, T. E., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2001. – P. 106.
8. Fedeli, E. Miscellaneous exotic oils // *JAOCS*, 1983, 60, 404.
9. Eng, T. G., Tat, M. M. Quality control in fruit processing // *JAOCS*, 1985, 62, 278.
10. Weidermann, L. H. Degumming, refining and bleaching soybean oil // *JAOCS*, 1981, 58, 159–165.
11. Swoboda, P. A. T. Chemistry of refining // *JAOCS*, 1985, 62, 287–291.
12. Segers, J. C. Pretreatment of edible oils for physical refining // *JAOCS*, 1983, 60, 262–264.
13. Tandy, D. C., McPherson, W. J. Physical refining of edible oil // *JAOCS*, 1984, 62, 1253–1261.

14. Carlson, K. Acid and alkali refining of canola oil // *INFORM*, 1993, 4, 273–281.
15. List, G. R. et al. Steam refined soybean oil: effect of refining and degumming methods on oil quality // *JAOCS*, 1978, 55, 277–279.
16. Brian, R. Soybean lecithin processing unit operations // *JAOCS*, 1976, 53, 27.
17. Carr, R. A. Refining and degumming systems for edible fats and oils // *JAOCS*, 1978, 55, 765–771.
18. Young, F. V. K. Physical refining // *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices, World Conference Proceedings* / Erickson, D. F., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1990. – P. 124–135.
19. Dijkstra, A. J. Degumming, refining, washing and drying fats and oils // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* / Applewhite, T. H., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1993. – P. 138–151.
20. Ringers, H. J., Segers, J. C. Degumming Process for Triglyceride Oils // U.S. Patent No. 4 049 686, 1977.
21. Munch, W. M. Practical experience of enzymatic degumming // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. F., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2001. – P. 17–20.
22. Dijkstra, A. J., van Opstal, M. Process for Producing Degummed Vegetable Oils and Gums of High Phospholipids Acid Content // U.S. Patent No. 4 698 185, 1987.
23. Grace Davison The Amazing Characteristics of Trisyl Silica [brochure] – Columbia, MD.
24. Sullivan, F. E. Refining of oils and fats // *JAOCS*, 1968, 45, 564A–582A.
25. Erickson, D. R. Optimum and adjusted refining practices for soybean oil // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Processing and Utilization* / Wilson, R. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2001. – P. 74–79.
26. Braae, B. Degumming and refining practices in Europe // *JAOCS*, 1976, 53, 353–357.
27. Hoffmann, Y. Experiences in refining rapeseed oil by the zenith process // *JAOCS*, 1973, 50, 260A–267A.
28. Crauer, L. S. Continuous refining of crude cottonseed miscella // *JAOCS*, 1964, 41, 656–661.
29. Cavanagh, G. C. Miscella refining // *JAOCS*, 1976, 53, 361–363.
30. Hendrix, W. B. Current practices in continuous cottonseed miscella refining // *JAOCS*, 1984, 61, 1369–1372.
31. Norris, F. A. Refining and bleaching // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* // Swern, D., ed. – Vol. 2, 4th ed. – New York: John Wiley & Sons, 1982. – P. 259, 273–276, 285, 290.
32. Erickson, D. R. Batch or kettle refining // *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* / Erickson, D. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press and the United Soybean Board, 1995. – P. 186–187.
33. Farr, W. E. Refining of fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D. et al., eds. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 152–154.
34. American Oil Chemists Society, *The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* – 4th ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1994.
35. Carr, R. A. Degumming and refining practices in the U.S. // *JAOCS*, 1976, 53, 347–352.
36. Levin, H., Swearingen, J. S. An inexpensive soap stock conversion plant // *JAOCS*, 1953, 30, 85–86.
37. Hong, W. M. Quality of byproducts from chemical and physical refining of palm oil and other oils // *JAOCS*, 1983, 60, 316–321.
38. Beal, P. E. et al. Treatment of soybean oil soapstock to reduce pollution // *JAOCS*, 1972, 49, 447–449.
39. Woerfel, J. B. Processing and utilization of by-products from soy oil processing // *JAOCS*, 1981, 58, 188–191.
40. Ohlson, R., Swensson, C. Comparison of oxalic acid and phosphoric acid as degumming agents for vegetable oils // *JAOCS*, 1976, 53, 8–11.
41. Szuhaj, B. F. Lecithin production and utilization // *JAOCS*, 1983, 60, 308.
42. Ziegelitz, R. Lecithin processing possibilities // *INFORM*, 1995, 6, 1226.

43. Rich, A. D. Major factors that influence bleaching performance // *JAOCs*, 1967, 44, 298A–300A, 323A–324A.
44. Richardson, L. L. Use of bleaching clays in processing edible oils // *JAOCs*, 1978, 55, 777.
45. Morgan, D. A. et al. The function of bleaching earths in the processing of palm, palm kernel, and coconut oils // *JAOCs*, 1985, 62, 292–299.
46. Rini, S. J. Refining, bleaching, stabilization, deodorization, and plasticization of fats, oils, and shortening // *JAOCs*, 1960, 37, 515–520.
47. Goebel, E. H. Bleaching practices in the U.S. // *JAOCs*, 1976, 53(6), 342–343.
48. Rich, A. D. Some basic factors in the bleaching of fatty oils // *JAOCs*, 1964, 41, 315–321.
49. Butterworth, E. R. Separation methods in processing edible oils // *JAOCs*, 1978, 55, 781–782.
50. Latondress, E. G. Oil-solids separation in edible oil processing // *JAOCs*, 1983, 60, 259–260.
51. Patterson, H. B. W. Bleaching practices in Europe // *JAOCs*, 1976, 53, 341.
52. Ong, J. T. Oil recovery from spent bleaching earth and disposal of the extracted material // *JAOCs*, 1983, 60, 314–315.
53. Hong, W. M. Quality of byproducts from chemical and physical refining of palm oil and other oils // *JAOCs*, 1983, 60, 316–318.
54. Svensson, C. Use or disposal of byproducts and spent material from vegetable oil processing industry in Europe // *JAOCs*, 1976, 53, 443–444.
55. Allen, R. R. Hydrogenation // *JAOCs*, 1960, 37, 521–523.
56. Allen, R. R. Hydrogenation, principals and catalyst // *JAOCs*, 1968, 45, 312A–314A, 340A–341A.
57. Allen, R. R. Principles and catalyst for hydrogenation of fats and oils // *JAOCs*, 1978, 55, 792–795.
58. Allen, R. R. Theory of hydrogenation and isomerization // *Hydrogenation: Proceedings of an AOCS Colloquium* / Hastein, R., ed. — Champaign, IL: AOCS, 1987. — P. 1–10.
59. Haumann, B. F. Tools, hydrogenation, interesterification // *INFORM*, 1994, 5, 668–678.
60. Beckmann, H. J. Hydrogenation process // *JAOCs*, 1983, 60, 286–288.
61. Hastein, R. C. The partial hydrogenation of edible oils // *American Oil Chemists' Society Short Course* — Phoenix, AZ, 1988.
62. Lantondress, E. G. Formulation of products from soybean oil // *JAOCs*, 1981, 58, 185.
63. Wiederman, L. H. Versatility of fats and oils utilization // *Military Food and Package Systems Activities Report*, 1975, 21, 100–103.
64. Lanning, S. J. Chemical interesterification of palm, palm kernel, and coconut oils // *JAOCs*, 1985, 62, 400–404.
65. Sreenivasan, B. Interesterification of fats // *JAOCs*, 1978, 55, 796–805.
66. Norris, F. A. A new approach to the glyceride structure of natural fats // *JAOCs*, 1947, 24, 275.
67. Going, L. H. Interesterification products and processes // *JAOCs*, 1967, 44, 414A–422A, 454A–456A.
68. Young, F. V. K. Palm kernel and coconut oils: analytical characteristics, process technology and uses // *JAOCs*, 1967, 60, 378, 196.
69. Hawley, H. K., Holman, G. W. Directed interesterification as a new processing tool for lard // *JAOCs*, 1956, 33, 29–35.
70. Macrae, A. R. Lipase-catalyzed interesterification of oils and fats // *JAOCs*, 1983, 60, 291–294.
71. Quinlan, P., Moore, S. Modification of triglycerides by lipases, process technology and its application to the production of nutritionally improved fats // *INFORM*, 1993, 4, 580–585.
72. Weiss, T. J. Salad oil manufacture and control // *JAOCs*, 1967, 44, 146A–148A, 186A.
73. Puri, P. S. Winterization of oils and fats // *JAOCs*, 1980, 57, 848A–850A.
74. Stirton, A. J. Fractionation of fats and fatty acids // *Bailey's Industrial Oil and Fat Product* / Swern D., ed. — 3rd ed. — New York: Wiley-Interscience, 1964. — P. 1008–1009.
75. Cavanagh, C. C. Seed to salad oil in 18 hours // *Food Process.*, 1961, 22(4), 38–45.
76. Neumunz, G. M. Old and new in winterizing // *JAOCs*, 1978, 55, 396A–398A.
77. Haraldsson, G. Degumming, dewaxing and refining // *JAOCs*, 1983, 60, 259.
78. Leibovitz, Z., Ruckenstein, C. Winterization of sunflower oil // *JAOCs*, 1984, 61(5), 870–872.
79. Kreulen, H. P. Fractionation and winterization of edible fats and oils // *JAOCs*, 1976, 53, 393–396.
80. Rossell, J. B. Fractionation of lauric oils // *JAOCs*, 1985, 62, 385–390.
81. Kellens, M., Hendrix, M. Fractionation // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 205.
82. Defense, E. Fractionation of palm oil // *JAOCs*, 1985, 62, 376–385.
83. Thomas, A. E., Paulicka, R. R. Solvent fractionated fats // *Chem. Industry*, 1976, Sept., 774–779.
84. Birnbaum, H. The monoglycerides, manufacture, concentration, derivatives and applications // *Bakers Dig.*, 1981, 55, 6–16.
85. Rice, E. E. Materials of construction in the fatty acid industry // *JAOCs*, 1979, 56, 754A–758A.
86. Feuge, R. O. Derivatives of fats for use as foods // *JAOCs*, 1962, 39, 525–526.
87. Van Haften, J. L. Fat-based emulsifiers // *JAOCs*, 1967, 56, 833A.
88. Nash, N. H., Knight, G. S. Polyfunctional quality improvers: polyglycerol esters // *Food Eng. Mag.*, 1967, May, 79–82.
89. McIntyre, R. T. Polyglycerol esters // *JAOCs*, 1997, 56, 835A–840A.
90. Wrenn, L. B. Pioneer oil chemists: Allbright, Wesson // *INFORM*, 1995, 6, 98–99.
91. Morris, C. E. Mechanics of deodorization // *JAOCs*, 1949, 26, 607–610.
92. White, F. B. Deodorization // *JAOCs*, 1956, 33, 495–506.
93. Zehnder, C. T. Deodorization 1975 // *JAOCs*, 1976, 53, 364–369.
94. Gavin, A. M. Deodorization and finished oil handling // *JAOCs*, 1981, 58(3), 175–184.
95. Durdow, F. A. Deodorization of edible oils // *JAOCs*, 1983, 60, 272–274.
96. Kellens, M., De Greyt, W. Deodorization // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 235–268.
97. Ahrens, D. Comparison of tray, film deodorization // *INFORM*, 1998, 9, 566–576.
98. Bernardini, M. Deodorization // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* / Applewhite, T. H., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1993. — P. 186–193.
99. Reeves, R. M. Thermal heating fluids // *INFORM*, 1998, 9, 549–551.
100. Johansson, G. M. R. Finished oil handling and storage in Europe // *JAOCs*, 1976, 53, 410–413.
101. Gilbert, W. J., Tandy, D. C. Odor control in edible oil processing // *JAOCs*, 1979, 56, 654A–658A.
102. Watson, K. S., Meiehofer, C. H. Use or disposal of by-products and spent material from the vegetable oil processing industry in the U.S. // *JAOCs*, 1976, 53, 437–442.
103. Svensson, C. Use of disposal of by-products and spent material from the vegetable oil processing industry in Europe // *JAOCs*, 1976, 53, 443–445.
104. Wright, L. M. Finished oil handling and storage in the U.S. // *JAOCs*, 1976, 53, 408–409.
105. Buck, D. F. Antioxidants in soya oil // *JAOCs*, 1981, 58, 275–278.
106. Sherwin, E. R. Antioxidants for vegetable oils // *JAOCs*, 1976, 53, 430–436.
107. Eastman Chemical Company // *Tenox Natural Tocopherols* — Technical Data Bulletin ZG–263, 1990.
108. Chahine, M. H., MacNeill, R. F. Effect of stabilization of crude whale oil with tertiary butylhydroquinone and other antioxidants upon keeping quality of resultant deodorized oil // *JAOCs*, 1974, 51, 37–41.
109. Sherwin, E. R. Antioxidants for food fats and oils // *JAOCs*, 1972, 49, 468–472.
110. Luckadoo, B. M., Sherwin, E. R. Tertiary butylhydroquinone as antioxidant for crude sunflower seed oil // *JAOCs*, 1972, 49, 95–97.
111. Sherwin, E. R., Luckadoo, B. M. Studies on antioxidant treatment of crude vegetable oils // *JAOCs*, 1970, 47, 19–23.
112. Kraybill, H. R. et al. Butylated hydroxyanisole as an antioxidant for animal fats // *JAOCs*, 1949, 26, 449–453.
113. Mattil, K. F. Plastic shortening agents // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. — 3rd ed. — New York: Wiley-Interscience, 1964. — P. 272–281.

114. Joyner, N. T. The plasticization of edible fats // *JAOCS*, 1953, 30, 526–538.
115. McMichael, C. E. Finishing and packaging of edible fats // *JAOCS*, 1956, 33, 512–516.
116. Slaughter, Jr., J. E. Plasticizing and packaging // *Proceedings of a Six-Day Short Course in Vegetable Oils / The American Oil Chemists' Society – Conducted by The University of Illinois, Urbana, IL, 1948.* – P. 119–131.
117. Brown, L. C. Emulsion food products // *JAOCS*, 1949, 26, 634.
118. Fincher, H. D. General discussion of processing edible oil seeds and edible oils // *JAOCS*, 1953, 30, 479–481.
119. Hoerr, C. W., Ziemba, J. V. Fat crystallography points way to quality // *Food Eng. Mag.*, 1965, 37(5), 90.
120. Weiss, T. J. Basic processing of fats and oils // *Food Oils and Their Uses – 2nd ed.* – Westport, CN: AVI Publishing, 1983. – P. 96–97.
121. Reigel, G. W., McMichael, C. E. The production of quick-tempered shortenings // *JAOCS*, 1966, 43, 687–689.
122. Endres, J. G., Wrobel, R. J., Rendek, R. B. – U.S. Patent No. 3 469 996, 1969.
123. Campbell, Jr., R. L., Wood, C. H., Brust, A. E. – U.S. Patent No. 3 514 297, 1970.

Глава 3

Исследование жиров и масел

3.1. Введение

До начала XIX века применение жиров и масел основывалось на практических знаниях, медленно накапливавшихся в течение многих столетий. В настоящее время производство масложировых продуктов хорошо развито, современные технологии основаны на знании состава, структурных и функциональных свойств жиров и масел, а также на прогнозировании их изменений путем применения результатов научных исследований. Прогресс в области применения жиров и масел при производстве пищевых продуктов зависит от полноты знаний о характеристиках сырья и воздействии каждого вида обработки, а также от требований, предъявляемых к отдельным продуктам питания. Контроль физических, химических показателей продукта технологических параметров можно рассматривать как инструмент, используемый производителями жиров и масел при закупке сырья, разработке новых продуктов и при оценке готовой продукции.

Исследования жиров и масел необходимы по разным причинам, начиная с купли-продажи товаров. На каждом заводе по производству жиров и масел существуют определенные требования к процессу контроля качества. Так, при рафинации определение содержания свободных жирных кислот в масле необходимо для расчетов при обработке каустической содой, для проверки правильности проведения дезодорации; этот показатель служит индикатором качества масла и в других случаях. Температура плавления, содержание твердых триглицеридов и другие физические показатели позволяют оценить функциональные свойства жиров. В конечных пищевых маслах и жирах для гарантии сохранения требуемого слабовыраженного вкуса определяют органолептические характеристики, перекисное число, содержание свободных жирных кислот и другие показатели. Одним из способов прогнозирования срока годности масел является метод определения устойчивости к окислению МАК (метод активного кислорода).

Для указания состава и пищевой ценности на этикетках пищевых продуктов необходим точный анализ ингредиентов, позволяющий определить содержание

насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, холестерина, витаминов и других показателей. Важным показателем также является содержание следовых количеств некоторых веществ, таких как пестициды или металлы, определение которых требуется рядом правительственныйых документов.

В процессе производства жиров и масел зачастую требуется применение исследовательских методов. Для переработки некондиционного продукта, который получается при сбое в работе насосов или некоторых других неполадках, требуются идентификация масел и определение их физических показателей. Исследовательские методы испытаний также необходимы для определения причины дефектов продукта, выявленных при оценке качества готовых продуктов или в результате претензий заказчика.

Для специальных и изготовленных на заказ жиров установлены определенные требования к аналитическим характеристикам, что требует измерения химических, физических, функциональных показателей, а также характеристик консистенции, пищевой ценности и других свойств, важных для использования продукта в соответствии с предусмотренным назначением. Разнообразие продуктов и направлений их использования усиливает потребность в аналитической информации и возможности интерпретировать полученные результаты.

Следует применять аналитические методы, которые являются общепринятыми как в производстве, так и для поставщиков сырья и потребителей готовых продуктов. Традиционно разработкой аналитических методов исследования жиров и масел занимались производители, профессиональные объединения, конечные потребители, научные круги и спонсируемые правительством исследовательские учреждения. Разработка аналитических методов являлась одной из главных причин образования Общества аналитиков хлопковой продукции (*Society of Cotton Products Analysts*), которое было преобразовано в Американское химическое общество производителей пищевых масел (*American Oil Chemists' Society – AOCS*). Стандартизация методов испытаний является главной целью деятельности *AOCS*, и методы, широко применяемые или вызывающие большой интерес, становятся частью «Официальных методов и рекомендуемых методических указаний *AOCS*». Методы *AOCS* непрерывно обновляются — не используемые или не удовлетворяющие современным требованиям методы отменяются, а новые добавляются. Другие стандартные методы, которые также могут применяться в масложировой отрасли, публикуются Ассоциацией официальных химиков-аналитиков (*Association of Official Analytical Chemists – AOAC*), Американским обществом по испытанию материалов (*American Society for Testing Materials – ASTM*) и Американским обществом зерновых химиков (*American Association of Cereal Chemists – AACC*).

3.2. Нежировые примеси

Присутствующие в жирах и маслах примеси являются загрязнителями, которые необходимо удалять в процессе обработки в целях предотвращения протекания неблагоприятных реакций или нежелательных изменений внешнего вида. В боль-

шинстве торговых правил для пищевых масел и жиров установлены определенные нормативы содержания различных нежировых веществ. Определение этих веществ в ходе переработки масел является частью надлежащего контроля технологического процесса, и производители высококачественной продукции предъявляют строгие требования к перевозкам готовых продуктов для предупреждения попадания к заказчикам загрязненных продуктов. Методы анализа нежировых примесей выбираются, исходя из вида загрязнителя, преобладающего в большинстве случаев.

3.2.1. Определение влаги

Влага может попадать в жир или масло множеством различных способов: при конденсации, из поврежденных змеевиков, в результате преднамеренного внесения в ходе производственного процесса и т. д. Длительное присутствие влаги вызывает гидролиз, обусловливающий образование свободных жирных кислот и появление нежелательного привкуса. Аналитическое обнаружение и определение влаги включают в себя следующие методы¹:

- **Метод нагревания на плите.** Одним из наиболее распространенных методов определения влаги в жире или масле является Метод *AOCS Ca 2b–38* для измерения содержания влаги и летучих примесей [1]. Около 10 г представленной пробы нагревают в химическом стакане при осторожном перемешивании на плите до начала пенообразования и появления дыма. Содержание влаги и летучих веществ рассчитывают по разности массы стакана с пробой в начале и конце анализа.
- **Метод высушивания в сушильном шкафу.** Результаты, полученные методом высушивания в сушильном шкафу (*AOCS Ca 2c–25*) [1], точнее и достовернее, но метод требует больше времени, чем высушивание на плите. Для определения влаги данным методом примерно 5 г представленной пробы взвешивают в высушенной, тарированной чашке для определения влаги и высушивают в сушильном шкафу в течение 30 мин при $(101 \pm 1)^\circ\text{C}$. Эту процедуру повторяют до достижения постоянной массы чашки с пробой. Содержание влаги и летучих веществ рассчитывается по уменьшению массы.
- **Метод высушивания под вакуумом.** Метод *AOCS Ca 2d–25* [1] обеспечивает более точные результаты, чем высушивание на плите и в сушильном шкафу и особенно применим при анализе продуктов, в которых влага находится глубоко внутри и в основном должна дифундировать через капилляры. Методика проведения испытаний аналогична методу высушивания в сушильном шкафу, за исключением того, что высушивание проводится под вакуумом. В шкафу должно поддерживаться остаточное давление, не превышающее 100 мм рт.ст.,

¹ В России для определения влаги в жирах и маслах используют методы регламентированные ГОСТом 11812–66 «Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ», ГОСТом Р 50456–92 «Жиры и масла животные и растительные. Определение содержания влаги и летучих веществ» и ГОСТом Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.8. — Примеч. ред.



температура должна быть на 20–25 °С выше точки кипения воды при используемом давлении. Высушивание проводят в течение 1 ч, процедуру повторяют до получения постоянной массы. Содержание влаги и летучих веществ также рассчитывается по уменьшению массы.

- **Метод Карла Фишера.** Этот метод применим для определения влаги в различных веществах; во многих лабораториях его используют в качестве стандартного метода испытаний на влагу. Объемный метод измерения влаги по Карлу Фишеру может проводиться как обычное титрование с визуальным определением конечной точки или как электрометрическое титрование. В первом случае точкой эквивалентности является изменение цвета с желтого на коричневый. Электрометрический метод титрования влаги более точен при использовании для окрашенных растворов, и позволяет менее опытному технику правильно определять конечную точку титрования. Автоматическое титрование позволяет существенно ускорить анализ одновременно с повышением его точности. Метод AOCS Ca 2e-84 [1] указывает, что точность определения содержания влаги по Карлу Фишеру одним и тем же аналитиком составляет 0,6% (относительных).
- **Метод определения влаги в тигле.** Этот простой качественный метод позволяет очень быстро определить наличие влаги. Небольшое количество масла сливают в предварительно нагретый тигель до начала дымообразования. Отсутствие влаги проявляется в отсутствии реакции, тогда как любое вспенивание или разбрызгивание указывает на присутствие влаги. По этой качественной оценке обычно можно судить о наличии или отсутствии влаги, метод применяют для определения необходимости проведения количественного анализа.

3.2.2. Определение примесей

Примеси, имеющиеся в поступающих сырых пищевых маслах или попадающие в них в процессе переработки, должны удаляться путем фильтрации или другим видом обработки, обеспечивающим получение приемлемого готового продукта. Для обнаружения данной проблемы или подтверждения эффективности удаления примесей перед последующей обработкой или отгрузкой успешно применяют следующие методы¹:

- **Определение нерастворимых примесей.** Примесями, определяемыми методом AOCS Za-46 [1], являются жмы, грязь, кусочки семян и другие вещества, нерастворимые в керосине или петролейном эфире. Обычно их определение предусмотрено торговыми правилами для сырых растительных масел. В этом методе используется остаток после определения влаги и летучих примесей или проба, подготовленная аналогичным способом. Ее растворяют в 50 см³ керосина и затем фильтруют через тигель Гуча. После промывки теплым керосином и петролейным эфиром тигель высушивают и взвешивают. После взвешивания

определяют увеличение массы тигля и рассчитывают содержание нерастворимых примесей в процентах.

- **Определение фильтрующихся примесей (стандартный метод на бумажном фильтре).** В процессе обработки в масло могут попадать небольшие количества нерастворимых примесей из осадка полимеризованных масел, обуглившихся веществ, солей, образующихся в ходе реакции, фильтровальных присадок, отбеленных глин или других примесей. Эти вещества необходимо удалять с использованием в технологическом процессе одной или более систем фильтрования, при этом необходимо предусмотреть процедуру оценки, гарантирующую правильную работу системы и надлежащий подбор размера фильтров, обеспечивающий полное удаление примесей перед отгрузкой потребителю. Предложенная методика определения фильтрующихся примесей состоит в фильтровании стандартного количества (500 г) нагретой до 70–90 °С пробы масла через бумажный фильтр № 2 с помощью воронки для фильтрования под вакуумом. После фильтрования следует промыть воронку и бумажный фильтр подходящим растворителем. Полученный фильтр с осадком сравнивают с образцами стандартных заранее приготовленных фильтров с примесями и определяют приемлемость очистки.
- **Определение примесей турбидиметрически.** Количество нерастворимых примесей в масле можно быстро определить с применением турбидиметра (измерителя мутности). Пробы продукта обычно нагревают до (70 ± 1) °С, помещают в кюветы прибора и выдерживают 5–10 мин в сушильном шкафу с регулируемой температурой для удаления пузырьков воздуха. Показания турбидиметра можно с помощью калибровочной кривой пересчитать в содержание примесей, выраженное в мг/кг. Практика показала, что этот метод нельзя использовать для животных жиров и продуктов, содержащих эмульгаторы, поскольку в них мутность возникает за счет других веществ, не определяемых данным методом.

3.2.3. Определение следовых количеств металлов

При обработке пищевых жиров и масел можно столкнуться с присутствием в них металлов, многие из которых снижают эффективность процесса или вызывают ухудшение качества продукта. Это особенно касается таких металлов, как медь, железо, кальций, магний, натрий, свинец, цинк и никель. Для определения точного количества металлов в пищевых маслах и жирах применяют различные методы. Существует несколько качественных методов обнаружения железа и никеля, но чувствительность этих методов ограничена. Эти методы могут применяться лишь в тех случаях, когда необходимо подтвердить, что содержание металлов в продукте ниже установленного предела обнаружения данного метода. Первоначально для контроля качества применялись только методы мокрого химического анализа, но затем были внедрены более современные методы определения металлов: атомно-абсорбционная спектроскопия была усовершенствована при замене пламени на графитовую печь, недавно была введена плазменная эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (*inductive coupled plasma – ICP*). Ранее эти методы применялись

¹ В России для определение примесей в жирах и маслах используют методы, регламентированные ГОСТом 5481–89 «Масла растительные. Методы определения нежировых примесей и отстоя». — Примеч. ред.

только в научно-исследовательских лабораториях или центральных лабораториях контроля качества, однако теперь рекомендуют использовать эти чувствительные аналитические методы определения металлов на каждом рафинировочном заводе 24 ч в день, 7 дней в неделю. Это требует наличия хорошо подготовленных лаборантов, но достоверная информация по содержанию металлов необходима для обеспечения производительности рафинировочных заводов и улучшения качества продукции [2].

3.2.4. Определение мыла

При щелочной рафинации в масло вводится гидроксид натрия, реагирующий со свободными жирными кислотами с образованием мыла. Незначительные количества мыла, остающиеся в масле после рафинации и отбеливания, отправляют катализаторы гидрогенизации и оказывают вредное воздействие на окислительную стабильность дезодорированных масел при содержании ниже 5 мг/кг. Для определения мыла применяют два метода AOCs [1]: Cc 15–60 – кондуктометрический метод, и Cc 17–79 – титриметрический метод¹. Определение мыла может служить также полезным инструментом при изучении причин раннего расщепления фритюрных жиров. Следы щелочных моющих средств, остающиеся во фритюрницах, будут реагировать с присутствующими в жире свободными жирными кислотами с образованием мыла, которое сокращает продолжительность использования жира, что проявляется в виде вспенивания, появления нежелательного привкуса, повышения впитывания жира и т. д.

3.3. Характеристики плавления, затвердевания и консистенции

Все данные, полученные при определении температур плавления, содержания твердого жира и других характеристик затвердевания, применяются для прогнозирования консистенции готового продукта. Для пищевых жиров и масел соотношение жидких и твердых триглицеридов при различных температурах может служить хорошим показателем разжевываемости, вязкости, технологичности и поведения жиров при низких, естественных и повышенных температурах. Методики определения характеристик плавления и затвердевания чаще всего используются в лабораториях как при контроле качества, так и в процессе разработки продукта. Они удобны для контроля производства, помогают идентифицировать неизвестные образцы и являются критическими моментами при разработке новых рецептур продуктов.

¹ В России для определения мыла в жирах и маслах используют методы, регламентированные ГОСТом 5480–59 «Масла растительные и натуральные жирные кислоты. Методы определения содержания мыла». — Примеч. ред.

3.3.1. Определение температуры плавления

Температурой плавления обычно называют температуру, при которой вещество из твердого состояния переходит в жидкое, однако натуральные жиры не имеют истинной температуры плавления. Чистые соединения имеют четкую и легко определяемую температуру плавления, но жиры и масла представляют собой сложную смесь соединений, которая проходит через разные степени размягчения перед тем, как стать полностью жидкой. Этот процесс еще более усложняется тем фактом, что кристаллы жира могут существовать в нескольких полиморфных модификациях в зависимости от содержания в них отдельных триглицеридов и предварительной обработки пробы при определенной температуре и продолжительности (темперирования). Различные кристаллические формы зачастую достаточно устойчивы, чтобы обладать характерными температурами плавления, поэтому вместо определенной точки плавления правильнее указывать область температур плавления или интервал плавления. При определении температуры плавления с использованием определенной методики измерений выбирают одну точку в пределах интервала плавления. Температуру плавления можно измерить лишь при четком описании условий предварительной обработки жиров и точной методики испытания. Было разработано множество методов для определения температуры плавления или точки, близкой к ней, причем некоторые из них основаны на непосредственном наблюдении, другие — на косвенном измерении [3]. Преимуществом большинства методов определения температуры плавления является их относительная простота, но зависимость измеряемой величины от предварительной обработки образца и применяемого метода следует рассматривать как недостаток.

Несколько методов определения температуры плавления жиров и масел были утверждены AOCs и другими ассоциациями в качестве стандартных. Методы определения температуры плавления сильно различаются по способу определения окончания процесса, подготовки продукта, по возможности автоматизации, продолжительности анализа, фиксируемой степени плавления и т. д.

- **Капиллярный метод определения температуры плавления.** Метод AOCs Cc 1–25 [1] по существу является методом, применяемым в органической химии для измерения температуры плавления чистых органических соединений. При использовании данной методики стеклянные капилляры (внутренний диаметр 1 мм) заполняют до высоты 10 мм расплавленным жиром, конец закупоривают, затем заполненные жиром капилляры выдерживают в течение 16 ч при 4–10 °C. После темперирования капилляры нагревают в водяной бане со скоростью 0,5 °C в минуту, начиная с 8–10 °C ниже ожидаемой температуры плавления до достижения полной прозрачности жира. Данная методика имеет низкую воспроизводимость результатов в связи с субъективным определением окончания процесса, соответствующего моменту наступления полной прозрачности столбика жира.
- **Метод определения температуры плавления в открытых капиллярах.** Разновидностью капиллярного метода измерения температуры плавления является метод с использованием открытых капилляров (метод AOCs Cc 3–25) [1],

отличающийся тем, что капилляр не закупоривается, и момент окончания процесса определяют по физическому перемещению столбика жира при установленном гидростатическом давлении¹. Такой способ визуального определения обуславливает более высокую воспроизводимость результатов.

- **Определение температуры плавления методом скольжения.** Метод AOCS Cc 4–25 [1] основан на том же принципе, что и предыдущие, за исключением того, что пластифицированными или затвердевшими образцами жира заполняют металлические трубы, которые затем помещают в химический стакан вместимостью 600 дм³, содержащий концентрированный раствор соли, и нагревают со скоростью 0,5 °С в минуту. Точкой окончания плавления в данном методе считается температура, при которой жир начинает подниматься на поверхность. Этот метод удобен для анализа конечных продуктов, момент окончания процесса определяется объективно, но в лаборатории не проводят предварительную подготовку образцов, поэтому на результаты измерения может повлиять предыдущая нестандартная обработка продукта.

- **Определение температуры плавления по Вилею.** Одно время метод AOCS Cc 2–38 [1] был наиболее популярным методом определения температуры плавления жиров в Северной Америке. Анализируемый жир при охлаждении затвердевает в форме таблетки в углублениях металлической плиты в течение 2 ч или более. Полученную таблетку жира затем помещают в водноспиртовую смесь и медленно нагревают при перемешивании, которое производится путем вращения термометра. Точкой плавления по Вилею считается температура, при которой плоский диск жира принимает форму сферы. Субъективная интерпретация конечной точки также является главным недостатком данного метода, кроме того, небольшие вариации процесса темперирования или скорости нагревания образца влияют на воспроизводимость результатов. Другим важным недостатком является необходимость постоянного внимательного наблюдения, что требуется для определения конечной точки.

- **Температура каплепадения по Меттлеру.** В методе AOCS Cc 18–80 [1] используется комплект оборудования, выпускаемый промышленной корпорацией по производству оборудования «Меттлер» (Mettler), состоящий из управляющего устройства и печи для измерения каплепадения. Чашка для пробы, предназначенная для печи, заполняется приблизительно 17-ю каплями пробы расплавленного жира и темперируется в морозильной камере в течение 15 мин. Затвердевшую на холоде пробу нагревают в печи с программируемым изменением температуры до перехода в текучее жидкое состояние. Когда проба начинает течь, она размыкает фотоэлектрическую цепь, в результате чего в этот момент на цифровом индикаторе регистрируется температура. Данный метод стал стандартным для большинства лабораторий масложировой отрасли. Это произошло

¹ Данный метод широко применяется как в международной практике (стандарт ISO 6321:2002 «Масла и жиры животные и растительные. Определение точки плавления в открытых капиллярных колонках (промежуточная температура плавления)»), так и в России (ГОСТ Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.15). — Примеч. ред.

благодаря преимуществам, которыми он обладает по сравнению с другими методами определения температуры плавления:

- полностью автоматизированное определение конечной точки;
- хорошая корреляция результатов с результатами определения температуры плавления по Вилею;
- малая продолжительность анализа: для получения окончательных результатов требуется менее часа времени;
- возможность анализировать продукты с низкой температурой плавления.

3.3.2. Определение содержания твердых и жидких фракций жира

Соотношение твердого и жидкого жира в шортенинге, маргарине или в специальных жирах при определенной температуре тесно взаимосвязано с функциональными свойствами продукта при этой температуре. Это соотношение нельзя определить по анализу показателей плавления в одной точке или по любому другому анализу физических свойств. Определение содержания твердой и жидкой фазы при различных температурах ниже области плавления можно производить с использованием калориметрического, дилатометрического метода или метода ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В течение прошедших 40 лет дилатометрический метод определения содержания твердых жиров (твердых триглицеридов) был наиболее широко применяемым методом при измерении данного показателя. В настоящее время для определения этого показателя разработаны и стандартизированы методы ЯМР и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) [4]¹.

Чаще всего содержание твердого жира определяют при температурах 10,0; 21,1; 26,7; 33,3 и 37,8 или 40,0 °С. Как правило, кривая плавления соотносится с физическими свойствами масложировых продуктов за пределами области используемых температур [5]. Например, для жировых основ маргарина обычно определяют содержание ТТГ при трех температурах, что позволяет оценить следующие свойства:

- 10,0 °С — показатель способности к формированию и намазываемости при температурах холодильной камеры;
- 21,1 °С — показатель термоустойчивости продукта при комнатной температуре и отсутствия выделения жидкого жира;
- 33,3 °С — показатель вкусовых характеристик или таяния во рту.

Определив содержание твердого жира при различных температурах, охватывающих область перехода жира из твердого в жидкое состояние, можно начертить кривую плавления, иллюстрирующую этот процесс. Анализ кривой плавления позволяет выявить ряд функциональных характеристик.

- **Область пластической деформации.** Консистенция масложировых продуктов считается оптимальной для смешивания с другими ингредиентами и обработки

¹ В России измерение массовой доли твердых триглицеридов (ТТГ) в жировых продуктах дилатометрическим методом и методом ЯМР регламентируется ГОСТ Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.26 и Приложением Б соответственно. — Примеч. ред.

при содержании ТТГ от 15 до 25%; этот диапазон обычно указывает на область пластической деформации.

- Температура плавления.** Дилатометрическая точка плавления является температурой, при которой кривая содержания твердых веществ пересекается с линией жидкого состояния, т. е. самая низкая температура, при которой содержание ТТГ равно нулю. Эта точка плавления получается при экстраполяции кривой плавления до нуля либо графически, либо математически.
- Пологая кривая плавления.** При слабом наклоне кривой продукт обычно имеет более широкую область пластической деформации, поскольку содержание твердой фазы остается в соответствующих пределах при более широком диапазоне температур.
- Крутая кривая плавления.** Способность к быстрому плавлению обычно сопровождается высокой стабильностью при окислении и характеризуется крутым наклоном кривой. Жиры, имеющие такую форму кривой плавления, обладают преимуществами при использовании в качестве фритюрных жиров, в начинках для печенья и немолочных продуктах. Эти направления использования требуют круглого профиля плавления в сочетании с высокой стабильностью вкуса, тогда как пластичность и взбиваемость не обязательны.

С момента своего появления в начале 1930-х гг. дилатометрическое определение содержания твердого жира стало одним из наиболее важных анализов, выполняемых в лабораториях масложировой отрасли, предоставляя наиболее важный критерий для разработки спецификаций, определяющих свойства плавления и кристаллическую структуру. Несмотря на свою важность, этот метод является длительным и трудоемким, требует более высоких расходов на техническое обслуживание, чем большинство других применяемых методов. В связи с этим масложировая промышленность долго стремилась разработать менее длительный, более автоматизированный, менее дорогой метод, который бы давал сопоставимые результаты [2]. Дилатометрический метод определения содержания твердого жира остается предпочтительным в США, тогда как европейские и азиатские производители жиров и масел для определения содержания твердого жира внедрили методы ЯМР¹.

3.3.2.1. Дилатометрический метод определения ТТГ

На дилатометрии основан наиболее широко применяемый в США метод измерения содержания твердого жира. Метод AOCS Cd 10-57 [1], описывающий методику выполнения измерений, широко использовался при разработке продуктов и составлении спецификаций на масложировые продукты, в контроле технологического процесса. Полученные результаты измерений являются эмпирическим показателем содержания твердого жира. Содержание ТТГ рассчитывается из удельного объема

¹ В связи с разным принципом измерения, используемым в этих методах, и некоторым расхождением в результатах определения за рубежом принято содержание ТТГ, определенное с использованием дилатометрического метода, называть индексом твердого жира (*solids fat index – SFI*), тогда как результаты, полученные методом ЯМР, называют содержанием твердого жира (*solids fat contents – SFC*). — Примеч. ред.

при различных температурах с применением дилатометрической шкалы, отградуированной в единицах измерения $\text{мл} \times 1000$. Нужно признать, что полученные результаты являются условными, поскольку принимается ряд допущений и предположений, имеющих отношение к точности измерения, включая следующие:

- измерение объема вместо гравиметрических измерений;
- применение в качестве жидкости затвора не ртути, а другого раствора;
- предположение, что наклоны линий содержания жидких и твердых жиров аналогичны;
- предположение, что наклон линии содержания жидких жиров одинаков для всех жиров;
- предположение, что расширение при плавлении равно 0,1.

Некоторые допущения делаются, исходя из необходимости, а другие — из соображений удобства, однако даже с учетом принятых предположений и допущений результаты достаточно значимы и связаны с другими свойствами масел и жиров, определяющими их технологические характеристики и направления использования [6].

3.3.2.2. Определение содержания ТТГ методом ЯМР

Метод AOCS Cd 16-81 устанавливает способ измерения количества твердых триглицеридов в жире путем измерения импульсного ЯМР-сигнала жидкого жира [1]. Водородный атом в твердом кристалле не дает этого сигнала, тогда как в жидкости он появляется. Таким образом, ЯМР измеряет точное количество жидкости в образце. Результаты определения ТТГ дилатометрическим и ЯМР-методом коррелируют между собой, но не идентичны. Наиболее значительная разница между результатами измерений этими двумя методами наблюдается при исследовании жиров, имеющих высокое содержание ТТГ при 10,0 и 21,1 °C. Определение содержания твердых жиров с использованием импульсного ЯМР-спектрометра или стационарного ЯМР-спектрометра является прямым измерением, тогда как результаты, полученные дилатометрическим методом, являются эмпирическими показателями, рассчитанными из удельных объемов при различных температурах с использованием дилатометра [5].

3.3.2.3. Определение содержания ТТГ методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК)

Измерение теплоты плавления жира, а не его теплового расширения, выглядит более перспективным для определения содержания твердых жиров. С учетом этого в качестве попытки найти ускоренную методику были разработаны методы измерения содержания твердых жиров в растительных и животных жирах, основанные на дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Эта группа методов основана на измерении теплоты плавления замороженных, полностью твердых образцов жира. Измеряется площадь под кривой плавления, изображенной на ленте самописца, затем площадь выделенных участков выражается как процент от общей площади. Температуры участков, выбранных для измерения площади, обычно совпадают с температурами, используемыми в методе дилатометрии [7].

Методы ДСК для твердых жиров имеют несколько преимуществ по сравнению с дилатометрическими:

- учет предыдущего термического состояния может дать информацию об условиях темперирования и хранения образцов жира;
- сравнение кривых плавления ДСК может помочь различить два жировых продукта с одинаковыми содержаниями ТТГ;
- возможно измерение содержания твердых жиров в диапазоне от -10°C для мягких масел до 70°C для твердых жиров;
- нет необходимости в ограничении твердости образца, что требуется для дилатометрии;
- получение результатов возможно примерно через 1 ч после начала анализа;
- наблюдается хорошая корреляция с результатами, полученными дилатометрическим методом.

Метод имеет некоторые недостатки:

- точное взвешивание небольшой навески (5–10 мг) создает проблему репрезентативности выборки;
- разброс значений содержания твердых жиров не является постоянным и увеличивается при низких температурах [8];
- точность метода ниже, чем стандартного дилатометрического метода.

Анализ твердых жиров методом ДСК никогда не воспринимался как способ контроля качества, заменяющий дилатометрическое определение ТТГ. Первоначально он казался идеальным выбором, поскольку в нем производится измерение изменения поглощения тепла в зависимости от температуры образца при программируемом изменении температуры, позволяющем записать кривую (профиль) плавления образца в зависимости от его нахождения в различном кристаллическом состоянии при переходе от твердой фазы к жидкости. Основным недостатком методики измерений содержания твердой фазы методом ДСК являлся тот факт, что воспроизводимость результатов при повторном анализе того же образца ниже, чем для дилатометрии; кроме того, требуется точное взвешивание очень маленького количества образца, и ДСК дает слишком много информации [2]. По всей видимости, метод ДСК может быть очень полезным инструментом при научных исследованиях, но не подходит для лабораторий контроля качества.

3.3.3. Определение характеристик затвердевания

Затвердевание смеси жирных кислот происходит при достижении равновесия между выделяемым теплом и потерями тепла, что зависит от скорости кристаллизации и степени переохлаждения жидкости. Показатели затвердевания жиров и выделенных из жира жирных кислот представляют собой характеристики, наиболее давно применяемые в контроле жиров и масел.

- **Титр.** При определении титра (метод AOCS Cc 12–59) измеряют температуру затвердевания жирных кислот. Сначала образец жира омыляют, выделяют из него жирные кислоты и перед определением титра высушивают их. Затем тит-

ровальную пробирку заполняют сухими жирными кислотами до отметки 57 мм и закрепляют ее в воздушной бане, которая помещена в водяную баню, имеющую температуру на $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ ниже ожидаемых результатов определения титра. Образец перемешивают до тех пор, пока температура не начнет повышаться или оставаться постоянной в течение 30 с, после чего перемешивание прекращают, регистрируя как результат измерения максимальную температуру, которой достигает жир за счет выделения теплоты кристаллизации [1]. Титр является важной характеристикой технических жиров, применяемых для производства мыла или в качестве сырья для производства жирных кислот. Применительно к пищевым жирам и маслам титр обычно определяют в твердых жирах с низким йодным числом, иногда его называют **титром основы**.

Быстрый титр. Контроль гидрогенизации твердых жиров или титр основы обычно осуществляют путем использования методики определения быстрого титра, поскольку официальный метод (метод AOCS Cc 12–59) слишком длителен для целей производственного контроля. Определение быстрого титра выполняется посредством погружения шарика стеклянного термометра в жидкий образец жира и последующего вращения стержня термометра между пальцами для охлаждения жира при комнатной температуре. Конечным результатом является температура, при которой жир начинает застывать на шарике. Для каждого вида гидрогенизованных масел были установлены коэффициенты, которые следует прибавить к значению быстрого титра, чтобы получить результат, очень близкий к полученному официальным методом значению титра [9]:

Исходный жир или масло	Коэффициент пересчета быстрого титра, $^{\circ}\text{C}$
Хлопковое масло	11,0
Соевое масло	13,0
Арахисовое масло	14,0
Пальмовое масло	9,0
Свиной жир	11,0
Говяжий и бараний жир	12,0

Температура застывания. Эту характеристику процесса отверждения жира иногда называют **температурой затвердевания**; она относится непосредственно к жиру, в отличие от титра, характеризующего выделенные жирные кислоты. Температуру застывания (метод AOCS Cc 14–59) определяют путем охлаждения расплавленного образца при постоянном перемешивании до начала помутнения. Затем образец оставляют на воздухе при 20°C и наблюдают рост температуры в этих условиях. Самое высокое из отмеченных значений представляет собой температуру застывания, которая является температурным показателем процесса затвердевания жира [5]¹.

¹ В России измерение температуры застывания жира с использованием «прибора Жукова» регламентируется ГОСТом Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.16. — Примеч. ред.

- Температура помутнения.** Этот нестандартизированный метод является вариантом определения температуры застывания. Получаемая экспериментально температура помутнения измеряется при охлаждении образца жира с постоянным перемешиванием до тех пор, пока масло не помутнеет настолько, чтобы не пропускать луч света известной интенсивности. Значения температур помутнения или застывания больше зависят от консистенции, чем от температуры плавления. Определенная взаимосвязь существует между содержанием ТТГ при 33,3 °С и температурой застывания или помутнения, особенно для животных жиров.
- Холодный тест.** Способность салатного масла выдерживать хранение в холодильнике характеризуется холодным тестом, определяющим устойчивость масла к кристаллизации путем измерения продолжительности выдержки (ч) при 0 °С, необходимой для помутнения масла. В соответствии со стандартным методом AOCS Cc 11–53 профильтрованное высущенное масло помещают в колбу вместимостью 100 см³, герметизируют ее и погружают в ванну со льдом. Метод AOCS предусматривает исследование масла на прозрачность после выдержки в течение 5,5 ч и определение соответствия масла критериям качества. Альтернативный метод предусматривает выдержку масла до тех пор, пока не наступит помутнение. Видимо, этот метод следует считать нормой, поскольку в большинстве спецификаций на салатные масла холодный тест должен составлять не менее 10 ч. Холодный тест был разработан для оценки пригодности хлопкового масла для производства майонеза и дрессингов для салата. Масло, которое будет частично затвердевать при температурах холодильника, используемых в процессе изготовления этих продуктов, вызовет разрушение эмульсии и ее расслоение. В настоящее время холодный тест применяются также для гарантии сохранения товарного вида расфасованных салатных масел для розничной продажи на полках магазина¹.
- Испытание на охлаждение.** Натуральные винтилизованные масла, содержащие растворимые воски, иногда могут успешно проходить продолжительный холодный тест, но при хранении в розничной торговле давать помутнение. Нестандартное испытание на охлаждение позволяет успешно прогнозировать появление этой проблемы, тогда когда холодный тест не в состоянии этого сделать. Для испытаний на охлаждение отфильтрованное высущенное масло помещают в загерметизированную колбу вместимостью 100 см³, выдерживают при 21,1 °С и спустя 24 ч исследуют на прозрачность. Любая степень помутнения указывает на присутствие восков или твердых загрязнителей масла.

3.3.4. Определение характеристик консистенции

Обычно предполагается, что консистенция является комбинацией тех эффектов, которые создают впечатление упругости. Пластичность связана со способностью

¹ В России методика проведения холодного теста описана в ГОСТе Р 52465-2005 «Масло подсолнечное. Технические условия», Приложение Д. – Примеч. ред.

продукта к размягчению и плавлению. Фактором, наиболее прямо и очевидно влияющим на консистенцию жира, является содержание вещества, находящегося в твердой фазе. Хорошо известно, что жир становится более твердым по мере увеличения содержания твердых триглицеридов.

Размеры кристаллов также имеют значение: чем они меньше, тем тверже жир. Примером является тот факт, что свиной жир зернистой структуры мягче, чем свиной жир однородной структуры после переэтерификации. Устойчивость зародышей кристаллизации также сказывается на консистенции. В результате воздействия на жир колебаний температуры часть его подвергается плавлению и повторному затвердеванию. Способность некоторых жиров сохранять первоначальную кристаллическую форму независимо от колебаний температуры, вероятно, возникает благодаря их способности сохранять неизменными зародыши кристаллизации, которые служат началом для формирования новых кристаллов при охлаждении жира [10].

Некоторые наиболее критичные показатели функциональности масложировых продуктов связаны со свойствами, обычно называемыми **консистенцией и пластичностью**. Качество сливочного масла, маргарина и спредов зависит от консистенции жировой части и способности намазываться на хлеб. Широкая область пластической деформации и однородная консистенция, обязательные для шортенингов и маргаринов для слоенного теста, обеспечивают образование тонких слоев маргарина во время раскатывания при температурах холодильника. Пластичность также важна для обрабатываемости и взбиваемости, что необходимо для шортенингов, применяемых при изготовлении глазурей и аэрировании взбитого теста. Применяются два критерия:

- Оценка консистенции.** Несомненно, первый метод, применяющийся для оценки консистенции масложировых продуктов, состоял во вдавливании пальца в продукт и сжимании продукта в руке. Эти методы оценки, несмотря на свою субъективность, до сих пор применяются и остаются эффективными. Опытный эксперт может выявить тонкие различия или недостатки в конечном продукте легче, чем при инструментальном определении вязкости, твердости или мягкости, а также обнаружить как дефекты консистенции, касающиеся ощущения во рту (например, крупнозернистая, неоднородная, мраморная текстура), так и дефекты внешнего вида (например, выделение жидкого масла, воздушные полости, зернистая структура). Методы численной оценки конечного продукта были разработаны большинством производителей пищевых жиров и масел и лабораторий независимо друг от друга в целях сравнения с органолептической оценкой. Предложенные методы оценки готовых шортенингов и маргаринов представлены в разделе нестандартизированных методов.
- Твердость (пенетрация).** Наиболее широко применяемый метод измерения консистенции пластифицированного шортенинга или маргарина включает определение твердости (пенетрации) на пенетрометре для жиров ASTM (Американского общества по испытанию материалов) или его модификациях. Метод AOCS Cc 16–60, описывающий данный вид испытаний, определяет пенетрометр как механический прибор с зажимным и отключающим устройством для иглы или конуса, фиксацией образца, возможностью регулировать уровень нагрузки

ки и шкалой с ценой деления 0,1 мм. Этим требованиям соответствуют модели пенетрометров ASTM D5, D217 и D937. В большинстве разновидностей данного метода, используемых в разных лабораториях, предусмотрено использование иглы или конуса. При определении твердости измеряют глубину, на которую конус проникает внутрь образца шортенинга или маргарина в течение 5 с входящего конуса. Отсчет начинается с положения, в котором кончик конуса только касается поверхности образца. Результатом измерения пенетрации для каждого продукта является среднее значение четырех параллельных определений, полученных при каждой температуре анализа¹.

Результаты пенетрации в большинстве случаев используются для внутренних испытаний и обычно не включаются в спецификации на масложировые продукты для заказчика. Однако для получения воспроизводимых результатов нужно придерживаться единой методики проведения анализа. Для предупреждения излишнего нагрева и охлаждения исследуемые образцы нужно тщательно темперировать до достижения продуктом заданной температуры; обычно емкости, содержащие 0,5 кг жира, выдерживают в течение 24 ч. Перед испытанием отклонение температуры образца от требуемой не должно превышать 1,0 °С, иначе воспроизводимость результатов будет неудовлетворительной. Неправильная температура на любом этапе обработки может изменить результат определения, даже если температура образца возвращается к заданному уровню, особенно в случае заметного визуально расплавления образца.

Консистенцию продукта следует измерять при нескольких температурах для того, чтобы определить его область пластической деформации — интервал температур, в котором жир размягчается и может легко обрабатываться. Обычно образцы выдерживают при трех—пяти различных температурах в пределах от 4 до 38 °С до тех пор, пока каждый образец не достигнет желательной температуры. При исследовании образцов определяют их относительную мягкость при низкой температуре и твердость при высокой температуре. Продукты с широкой областью пластичности легко поддаются обработке как при высоких, так и при низких температурах. В идеальном случае в области пластической деформации пенетрация была бы одинакова при всех температурах. Оценка результатов пенетрации, полученных автором, показала, что область пластической деформации соответствует значениям пенетрации в диапазоне между 150 и 300 мм/10 г.

Хотя полная продолжительность анализа при измерении пенетрации слишком велика для производственного контроля, этот метод является ценным инструментом для контроля конечной продукции и при разработке новых продуктов. Кривая пенетрации может подтвердить соблюдение надлежащих условий пластификации и темперирования для конкретного продукта, если содержание ТТГ и состав смеси

¹ В России для определения твердости жиров (в г/см) широко используется твердомер Каминского, измеряющий нагрузку, необходимую для разрезания проволокой определенного сечения образца жира, закристаллизованного в стандартных условиях. Метод определения твердости по Каминскому описан в ГОСТе Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.17, 5.18. — Примеч. ред.

находятся в установленных пределах. На рис. 3.1 показано влияние различных температур охлаждения на консистенцию гидрогенизированного соевого масла, измеренную методом пенетрации. Из приведенных данных видна связь мягкости продукта с рабочей температурой при охлаждении в холодильной камере. Кроме того, можно сделать вывод, что консистенцию готового продукта можно предсказать по содержанию твердых жиров при условии правильного проведения пластификации и темперирования.

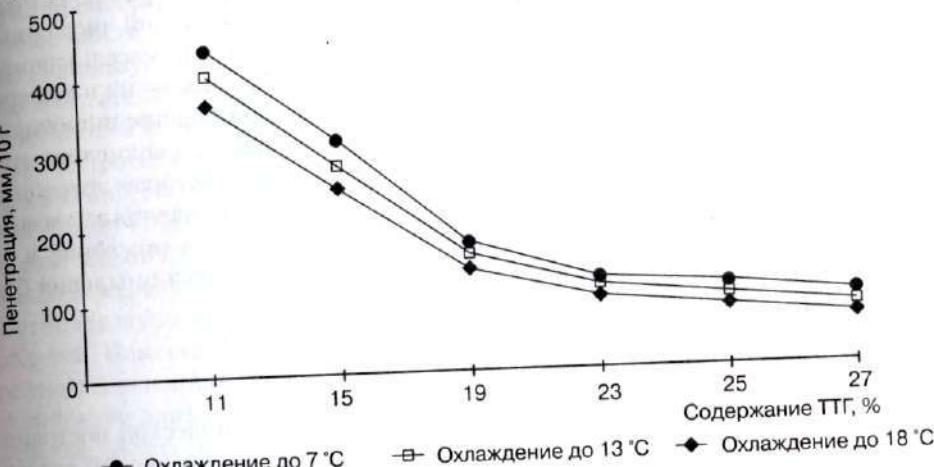


Рис. 3.1. Влияние температуры охлаждения жира на его твердость

3.4. Показатели состава

Знание состава жиров и масел очень важно практически для каждого раздела химии жиров и на каждой стадии технологического процесса, хотя не всегда наблюдается полное осознание важности этой информации. В действительности прогресс в области применения промышленных жиров и масел в качестве сырья для производства пищевых продуктов в значительной степени зависит от знания состава исходного материала и продуктов, полученных из него. Методы определения состава жиров и масел важны не только для исследования жирнокислотного и триглицеридного состава жиров, вырабатываемых растениями и животными, но также вследствие непосредственной связи физических характеристик и технологических свойств жиров и масел с их составом.

Аналитические методы определения состава жиров и масел развивались от химического разделения до инструментальных методов. Инструментальные методы более привлекательны для химиков-аналитиков в связи с их меньшей продолжительностью и трудоемкостью, большей точностью. Однако большинство инструментальных анализов должны опираться на процедуры стандартизации или калибровки, основанные на данных химического анализа.

3.4.1. Число омыления

Число омыления характеризует содержание в жирах и маслах групп, способных реагировать со щелочью, и используется при прогнозировании типа глицеридов в пробе. Глицериды, содержащие низкомолекулярные жирные кислоты, имеют более высокие числа омыления, чем при большой доле высокомолекулярных жирных кислот. Определение числа омыления, наряду с определением йодного числа, используется в процессе предварительных испытаний как при проверке качества, так и при характеристике типа жиров и масел¹. Перекрывание значений числа омыления слишком велико для идентификации отдельных жиров или масел, например, многие растительные масла и животные жиры имеют числа омыления в диапазоне 180–200 мг КОН/г. Определение числа омыления при производстве пищевых жиров и масел было почти полностью заменено определением жирнокислотного состава методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ). Но некоторые потребители могут оговорить определение данного показателя для предотвращения загрязнения жиров лауриновыми маслами. Лауриновые масла имеют числа омыления в диапазоне 240–265 мг КОН/г, что существенно отличается от чисел омыления большинства растительных масел.

3.4.2. Йодное число

Йодное число является простой и быстро определяемой химической постоянной для жиров или масел. Это важный показатель жиров, характеризующий содержание ненасыщенных соединений, но не определяющий отдельные жирные кислоты. Методы определения йодного числа очень точны и обеспечивают получение результатов, очень близких к теоретически рассчитанным, за исключением случаев наличия сопряженных двойных связей или расположения двойной связи рядом с карбоксильной группой. Однако если способ получения или тип жира в продукте неизвестны, йодное число может быть малоинформативным. Например, при сходстве показателей консистенции и функциональных свойств продуктов, изготовленных из животных и растительных жиров, их йодные числа будут значительно отличаться. Более того, даже продукты из растительных масел, имеющие близкие функциональные свойства, но изготовленные из разных исходных масел, не будут иметь одинаковых йодных чисел. Тем не менее при всех своих недостатках йодное число является полезным инструментом для контроля технологического процесса качества конечного продукта. Йодное число является показателем ненасыщенности жиров и масел и выражается в граммах йода, поглощенного 100 г образца. Определение йодного числа по методу AOCS Cd 1–25 осуществляется путем добавления избытка реактива Вийса к навеске образца, выдержке смеси в течение 30 мин при (25 ± 5) °С для протекания реакции, обработке избытка реагента йодидом калия для образования эквивалентного количества йода и титрования тиосульфатом в присутствии индикатора крахмала до исчезновения синего цвета [1]. Методика опреде-

¹ В России метод определения числа омыления регламентирован ГОСТом 5478–90 «Масла растительные и натуральные жирные кислоты. Метод определения числа омыления». — Примеч. ред.

ления йодного числа требует очень точного выполнения всех условий и тщательного контроля продолжительности выдержки, чтобы обеспечить воспроизводимость результатов¹.

3.4.3. Показатель преломления

Контроль процесса гидрогенизации требует экспресс-метода определения окончания процесса. Большинство производителей для измерения изменений степени насыщенности жира по мере его гидрогенизации применяют показатель преломления. Используя предварительно построенную калибровочную кривую, связывающую показатель преломления с йодным числом, можно быстро определить йодное число. Одним из источников ошибок в этом методе является наличие образующихся при гидрогенизации *транс*-изомеров жирных кислот, влияющих на показатель преломления, но не йодное число. Показателем преломления является степень отклонения луча света при его переходе из одной прозрачной среды в другую. Для анализа жиров и масел применяется рефрактометр с регулируемой температурой; обычно измерения проводятся при 25 °С. Тугоплавкие жиры требуют поддерживания температуры на уровне 40 или 60 °С в зависимости от температуры плавления продукта. Изменение температуры влияет на полученные результаты: показатель преломления понижается по мере роста температуры, но в то же время возрастает с увеличением длины углеводородных цепей и количества двойных связей в жирных кислотах. Метод AOCS Cc 7–25 регламентирует способ измерения показателя преломления жиров и масел [1]².

3.4.4. Жирнокислотный состав

Классический метод идентификации жиров и масел был заменен определением жирнокислотного состава методом ГЖХ. Классический метод основывался на идентификации определенного жира или масла при сопоставлении значений его йодного числа, относительной плотности, показателя преломления и числа омыления. Преимущества метода ГЖХ состоят в том, что он позволяет идентифицировать те виды масел, которые нельзя определить классическими методами, а также он дает возможность определять соотношения отдельных видов масла в жировых смесях. Более того, поскольку для определения жирнокислотного состава требуется только один анализ, его можно выполнить быстрее, он одинаково хорошо применим к рафинированным и нерафинированным маслам — для них требуется один набор стандартов³.

¹ В России методы определения йодного числа регламентированы ГОСТом 5475–69 «Масла растительные. Методы определения йодного числа», — Примеч. ред.

² В России метод определения показателя преломления регламентирован ГОСТом 5482–90 «Масла растительные. Метод определения показателя преломления (рефракции)», — Примеч. ред.

³ В России методы определения жирнокислотного состава жиров и масложировых продуктов регламентированы ГОСТом 30418–96 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава», ГОСТом Р 51483–99 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме», ГОСТом Р 52100–2003 «Спреды и смеси топленые. Общие технические условия», — Примеч. ред.

Газовая хроматография включает в себя те хроматографические методы, в которых подвижной фазой является поток газа. Обычно процесс состоит из прохождения сложных метиловых эфиров жирных кислот, полученных при переэтерификации анализируемых триглицеридов, через нагретую колонку при помощи газа-носителя, например, гелия или азота. Компоненты смеси элюируются газом и детектируются на выходе из колонки путем измерения интенсивности соответствующего сигнала. Временем удержания является время, необходимое для прохождения через колонку данного вещества. Сложные эфиры жирных кислот выходят в порядке повышения насыщенности. Время удержания обозначается на горизонтальной оси диаграммы и является качественным показателем вещества, а площадь под пиком, соответствующим определенному компоненту, — количественной характеристикой этого компонента.

Анализ жирнокислотного состава обеспечивает быстрое получение точных значений относительного содержания жирных кислот в масложировых продуктах. Эта информация очень важна для разработки продуктов, технологического контроля и маркетинга, поскольку вид, количественное соотношение жирных кислот и их положение на глицеридном радикале влияют на физические, химические и пищевые показатели жиров и масел. Жирные кислоты по их степени насыщенности делят на три группы:

- **насыщенные жирные кислоты** — жирные кислоты, в которых все атомы углерода в цепи соединены с двумя атомами водорода и поэтому не образуют двойных связей;
- **мононенасыщенные жирные кислоты** — жирные кислоты, которые имеют только одну двойную связь в углеродной цепи;
- **полиненасыщенные жирные кислоты** — жирные кислоты, имеющие две или более двойных связи в углеродной цепи.

Каждая жирная кислота имеет определенную температуру плавления. Температуры плавления насыщенных жирных кислот возрастают с увеличением длины цепи, а при одинаковой длине цепи понижаются по мере повышения степени насыщенности: насыщенные жирные кислоты будут иметь более высокую температуру плавления, чем ненасыщенные. Каприновая ($C_{10:0}$) и другие насыщенные жирные кислоты с более длинной цепочкой при комнатной температуре находятся в твердом состоянии. Ненасыщенные жирные кислоты химически активнее, чем насыщенные в связи с наличием двойных связей, и эта реакционная способность возрастает по мере возрастания количества двойных связей. Двойные связи участвуют в реакциях окисления, полимеризации, гидрогенизации и изомеризации.

Физические характеристики жира или масла зависят от степени ненасыщенности, длины углеродной цепи, изомерных форм жирных кислот и конфигурации молекулы триглицерида. Обычно жиры при комнатной температуре являются жидкими при высоком уровне ненасыщенности и твердыми при низком, однако это правило нарушается в присутствии *транс*-изомеров, характеристики плавления которых могут значительно отличаться от свойств *цис*-изомеров ненасыщенных жирных кислот.

3.4.5. Расчетное йодное число

Йодное число характеризует содержание ненасыщенных соединений или среднее количество двойных связей в жире, поэтому логично, что йодное число можно легко рассчитать, исходя из жирнокислотного состава. Коэффициенты пересчета для наиболее распространенных ненасыщенных жирных кислот, необходимые для вычисления йодного числа триглицеридов, приведены ниже:

Жирная кислота	Коэффициент пересчета
Пальмитолеиновая $C_{16:1}$	0,950
Олеиновая $C_{18:1}$	0,860
Линолевая $C_{18:2}$	1,732
Линоленовая $C_{18:3}$	2,616

Расчетное йодное число вычисляют путем умножения процентного содержания каждой ненасыщенной жирной кислоты на ее коэффициент и сложением результатов. Этот процесс не заменяет стандартного определения йодного числа. Его можно использовать для проверки йодного числа, определенного химическими методами, и как возможность получения двух результатов из одного анализа.

3.4.6. Структура триглицеридов

Химические, физические и биологические свойства жиров и масел зависят не только от вида и количества содержащихся жирных кислот, но также и от положения этих жирных кислот в молекуле триглицерида. Обычно жиры и масла состоят из смешанных глицеридов, а не из смесей простых триглицеридов. Простым называют триглицерид, в молекуле которого все три жирные кислоты идентичны. В смешанном триглицериде к глицерину присоединены жирные кислоты двух или трех различных наименований. Характеристики триглицерида зависят от положения, которое каждая жирная кислота занимает на молекуле глицерина. Как правило, жиры с одинаковыми молекулами триглицеридов в наиболее устойчивом состоянии образуют β -кристаллы. Жиры, устойчивые в β' -кристаллической форме, содержат смеси триглицеридов разного состава, что предотвращает образование крупных кристаллов. Например, полностью гидрогенизованные соевое, кукурузное, рапсовое и арахисовое масла содержат в основном тристеариновые триглицериды вследствие низкого содержания пальмитиновой жирной кислоты, поэтому образуют устойчивые β -кристаллы. Хлопковое и пальмовое масла, имеющие высокое содержание пальмитиновой жирной кислоты, после полной гидрогенизации содержат смесь стеариновой и пальмитиновой жирных кислот, что приводит к образованию β' -кристаллов. Свиной жир и масло какао имеют высокое содержание пальмитиновой жирной кислоты, но кристаллизуются в β -форме в связи с однотипной структурой триглицеридов. В свином жире пальмитиновая жирная кислота всегда находится в *sn*-2 положении молекулы триглицерида, тогда как в триглицеридах масла какао *sn*-2 положение всегда занимает олеиновая жирная кислота [11].

Анализ сложных смесей триглицеридов, присутствующих в натуральных жирах, осуществляют многими методами. Используемые ранее аналитические методы, основанные на кристаллизации и противоточном распределении, обладали крайне низкой воспроизводимостью, требовали проб большого размера и были очень длительными. Значительное усовершенствование хроматографических методов привело к разработке высокоеффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) – аналитического метода, частично удовлетворяющего идеальным требованиям точности, скорости и удобства. Метод ВЭЖХ обеспечил быстрое определение относительных количеств присутствующих в жире глицеридов. Он может применяться для контроля процесса модификации жиров, а также для обнаружения фальсификации и при разработке специальных жиров и масел. Анализ структуры триглицеридов может быть очень полезным в целях исследования и разработки, но практически не применяется в целях проверки качества¹.

3.4.7. Определение эмульгаторов

Быстрый, точный и легкий в выполнении метод определения моноглицеридов в жирах стал важным требованием контроля качества, когда применение моноглицеридов в смесях для шортенинга и маргарина стало широко распространенным. В качестве основы такого метода наряду с другими процессами были исследованы определение гидроксильного числа, измерение поверхностного натяжения и спиртовая экстракция. Эти методы были признаны недостаточно специфичными и чувствительными или же не подходящими для использования при контроле качества. Наиболее удовлетворительным оказался метод определения моноглицеридов и свободного глицерина, основанный на их количественном окислении йодной кислотой. Метод AOCS Cd 11-57, применяемый для определения α -моноглицеридов, представляет собой титриметрический анализ, в котором количество моноглицерида или глицерина определяется по измерению количества использованной йодной кислоты. Свободный глицерин можно также определить титрованием полученной муравьиной кислоты [1].

В целях замены метода окисления йодной кислотой было разработано несколько других методов определения моноглицеридов, основанных на тонкослойной хроматографии (ТСХ), ГЖХ и ВЭЖХ. Эти методы обеспечивают получение воспроизводимых результатов, их метрологические характеристики сравнимы или пре-восходят характеристики метода окисления йодной кислотой. Они легко и быстро выполняются, однако обычно показывают в среднем более высокое общее содержание моноглицеридов, чем полученное титриметрическим методом. Моноглицериды существуют в двух изомерных формах: форма 2 и форма 1. Из них только последняя окисляется йодатами, на чем основан применяемый химический метод определения

¹ В России определение структуры триглицеридов методами ГЖХ и ТСХ регламентированы ГОСТом Р 51484-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения состава жирных кислот в положении 2 в молекулах триглицеридов методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров индивидуальных жирных кислот к их сумме». Метод ВЭЖХ применяется в научно-исследовательских целях, в настоящее время не стандартизован. – Примеч. ред.

содержания α -моноглицеридов [12, 13]. Хроматографические методы применимы также для определения других видов эмульгаторов, особенно ацетилированных моноглицеридов и сложных эфиров пропиленгликоля.

3.4.8. Определение антиоксидантов

Антиоксиданты широко применяются в масложировых продуктах для замедления процесса окислительного разложения, которое приводит к неприятному привкусу. Было выявлено несколько фенольных соединений, которые замедляют окисление жиров и масел, прерывая свободнорадикальный механизм окисления. Наиболее известными синтетическими антиоксидантами являются пропилгаллат (Е310), бутилгидроксанизол (БОА, Е320), бутилгидрокситолуол (БОТ, Е321) и третибутилгидрохинон (ТБГХ, Е319). Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) допускает использование антиоксидантов при дозировке не более 200 мг/кг отдельно или в комбинации в пересчете на содержание жира в пищевом продукте, за исключением антиоксидантов, запрещенных Стандартом идентичности (*Standard of Identity*). Министерство сельского хозяйства США (USDA) ограничивает применение антиоксидантов дозировкой, не превышающей 100 мг/кг при использовании отдельных веществ, но допускает суммарную дозировку 200 мг/кг при комбинированном применении – при условии, что дозировка каждого антиоксиданта не превышает 100 мг/кг для продуктов из животных жиров. Требования к маркировке, установленные как USDA, так и FDA устанавливают необходимость указания в списке ингредиентов используемого антиоксиданта. Эти требования, а также благоприятное воздействие антиоксидантов требуют тщательного аналитического контроля их внесения. Существуют и качественные, и количественные аналитические методы определения различных фенольных антиоксидантов в масложировых продуктах:

- **Качественные методы.** Возможно применение методов быстрого качественного определения, основанных на цветных реакциях пропилгаллата, БОА, БОТ и ТБГХ. Эти методы указывают только на отсутствие или наличие определенного антиоксиданта в масложировых продуктах.
- **Количественные методы.** В настоящее время для измерения количества пропилгаллата, БОА, БОТ и ТБГХ в масложировых продуктах используются методы ВЭЖХ и ГЖХ. Эти методы требуют меньше часа времени для получения точных и воспроизводимых результатов¹.

3.4.9. Определение токоферолов

Растительные масла содержат токоферолы, которые являются природными антиоксидантами, замедляющими процессы окисления и появление прогорклости.

¹ В России стандартизован метод определения антиоксидантов в животных жирах, регламентированный ГОСТом 11254-85 «Жиры животные топленые и мука кормовая животного происхождения. Методы определения антиокислителей». – Примеч. ред.

Содержание токоферолов понижается на каждом этапе обработки и особенно заметно — на этапе дезодорации, поскольку в условиях этого процесса токоферолы становятся достаточно летучими. Исследования показали, что при дезодорации потери токоферолов могут составлять от 19,8 до 51,2% в зависимости от применяемых условий [14]. Количество токоферолов, удаляемых из масла при дезодорации, зависит от времени, температуры и количества барботирующего пара. Важно, чтобы при производстве и очистке масла сохранялось достаточно высокое содержание токоферолов, обеспечивающее устойчивость продукта к окислению. Альтернативой является добавление синтетических антиоксидантов или токоферолов, выделенных из дистиллята дезодорации растительных масел.

Было разработано несколько методов анализа токоферолов в растительном масле и в дистиллятах дезодорации, а также в осадке и масличном фузе соевого масла. Для определения использовали колориметрический анализ, бумажную хроматографию (БХ), тонкослойную хроматографию (ТСХ), колоночную хроматографию (КХ), ГЖХ, ГЖХ в сочетании с масс-спектрометрией (МС), и ВЭЖХ, многие из которых иногда применялись в сочетании. Четыре различных метода определения токоферола были стандартизированы [1]:

- AOCS Ce 3-74 — содержание токоферолов в соевом масличном фузе и осадке методом ГЖХ;
- AOCS Ce 7-87 — общее содержание токоферолов в дистиллятах дезодорации;
- AOCS Ce 8-89 — содержание токоферолов в растительных маслах и жирах методом ВЭЖХ;
- AOCS Ja 13-91 — содержание токоферолов в концентратах лецитина методом ВЭЖХ.

Недостаточно высокая окислительная стабильность в готовых масложировых продуктах может возникать благодаря нестандартному снижению содержания токоферолов, которые действуют как антиоксиданты, обрывающие цепи свободнорадикального окисления. Определение токоферолов в дезодорированном растительном масле или дистилляте дезодорации позволяет выявить возможность возникновения этой проблемы или обнаружить ее причину¹.

3.5. Вкус и запах, окислительная порча и стабильность

Потребители оценивают качество жиров и масел в первую очередь органолептически. Органолептические испытания масложировых продуктов считаются наиболее чувствительным методом оценки качества, но результаты этих испытаний обычно недостаточно точны и воспроизводимы. Чаще всего порча масел и жиров проявляется в виде нежелательного привкуса, характеризуемого как прогоркость, который

¹ В России стандартизован метод определения токоферолов как витамина Е лишь в конечных продуктах, он регламентирован ГОСТом Р 30417-96 «Масла растительные. Методы определения массовых долей витамина А и Е». — Примеч. ред.



ИК-Фурье спектроскопия и ЯМР релаксометрия для Анализа Масла, Жиров и Семян



Bruker Optics предлагает высококачественное, стабильное и точное оборудование для простого и удобного анализа объектов на масложировых комбинатах. Отмеченные наградами анализаторы ближнего ИК-диапазона предназначены для идентификации сырья, количественного анализа конечных и промежуточных продуктов производства, что обеспечивает высочайшее качество Вашей продукции и безопасность потребителей. Стандартные методики определения транс изомеров AOCS Cd 14-99 и ГОСТ Р 52100-2003 реализуются на ИК-Фурье спектрометрах Bruker Optics. ЯМР релаксометры minispec определяют масличность, влажность семян и других объектов, а также содержание твердых триглицеридов в жировых композициях, используя стандартные методики ISO 10565, ISO 10632, AOCS Ak 4-95, USDA/GIPSA, ISO 8292.



За более подробной информацией обращайтесь в представительство фирмы:
www.brukeroptics.com/Russia или www.bruker.ru



СФЕРА

кондитер, хлебопек

Информационно-
аналитический журнал для
руководителей и специалистов
предприятий кондитерской
и хлебопекарной отраслей.
Издается с 2004 года.

Периодичность:
6 раз в год

Тираж: 5000
экземпляров

Объем: 72 полосы

Распространение:
подписка;
крупнейшие
российские и
международные
отраслевые выставки

Редакция: тел.: +7 (812) 337-51-35,
konditer@sfaramagazine.ru

Размещение рекламы: тел.: +7 (812) 337-51-37,
manager@sfaramagazine.ru

Подписка: тел.: +7 (812) 337-51-33,
podpiska@sfaramagazine.ru

Адрес: 190005, Санкт-Петербург,
ул. 3-я Красноармейская, 10, лит. А



BOSSFOR MEDIA
PUBLISHING GROUP

возникает в результате накопления продуктов гидролитического или окислительного разложения. При разработке, оценке и контроле качества пищевых жиров и масел устойчивость продуктов к окислительной и гидролитической порче имеет первостепенное значение. Для измерения степени окислительной порчи было разработано множество химических методов, причем основной целью была корреляция полученных данных с показателями вкуса. В результате этих попыток были получены методы с различной степенью приемлемости, и исследователи продолжают искать идеальный метод испытаний. Однако опыт показал, что при выборе подходящих методов испытания вкуса для оценки качества масложировых продуктов значение химических методов возрастает.

3.5.1. Определение вкуса и запаха

Органолептическая оценка пищевых продуктов является смешанным результатом вкусовых, обонятельных, осязательных и слуховых ощущений. Вкусовые и обонятельные ощущения возникают вследствие контакта стимулирующего вещества с осязательными рецепторными клетками. Органы вкусовых ощущений, называемые *вкусовыми сосочками*, расположены на языке и в меньшей степени на небе, глотке и горлани [15]. Различают четыре основных вкуса: сладкий, кислый, соленый и горький. Известно, что основная часть вкусовых рецепторов реагирует на большинство этих вкусов. Очевидно, подобное общее вкусовое ощущение нельзя заменить анализами, измеряющими только одну характеристику, кроме того, идентичность вкуса в дальнейшем осложняется присутствием других веществ, блокирующих некоторые ощущения [16].

3.5.1.1. Органолептические испытания

Дегустационные испытания являются окончательным методом определения категории качества готового масла. Для определения вкуса 5–10 см³ масла, взятого в рот, полностью распределяют по полости рта, затем выплевывают в емкость для отходов [20]. Дегустационная комиссия, состоящая из опытных дегустаторов, оценивает вкус масла в соответствии с установленной шкалой интенсивности. Обычно применяется 10-балльная система, и члены комиссии выбирают количество баллов, соответствующее интенсивности вкуса, по которым рассчитывают значение оценки вкуса в баллах. Оценка вкуса у подготовленных дегустаторов должна быть согласованной и различаться не более чем на две единицы. Посторонние привкусы описываются с использованием наглядных названий, таких как привкус травяной, кормовой, фруктовый, бобовый, арбузный, ореховый, сырого масла, плесневелый, металлический, окисленный, сливочный, возвратный, рыбный, прогорклый, салистый и т. д. При описании привкусов неквалифицированными дегустаторами обычно получаются плохо согласующиеся результаты по причине личных предпочтений, возраста и влияния внешней обстановки [17].

Органолептические испытания всегда будут необходимы и, вероятно, останутся наиболее важным методом оценки вкуса. Испытания пищевых масел с привлечением дегустационных комиссий проводят с разными целями:



ООО «ОрхусКарлсхамн» – один из мировых лидеров по производству высокотехнологичных специальных растительных жиров для пищевой, кондитерской, молочной и хлебопекарной промышленности

- для использования результатов при проведении экспериментов или исследований;
- для определения степени приемлемости для потребителя;
- для оценки качества обработки.

Выбор членов комиссии в разных случаях может быть различен. Потребительские комиссии обычно представляют собой случайный набор людей, тогда как использование оценок при научно-исследовательских работах требуют обученных членов комиссии, способных квалифицированно оценить вкус масла и его интенсивность. Эксперты-дегустаторы, чьи оценки используются в технологическом контроле, должны быть способны отличить слабовыраженный или приемлемый вкус от привкуса. Метод AOCS Cg 2-83 устанавливает стандартизированную методику органолептической оценки пищевых жиров и масел, которая охватывает стандартную подготовку проб, представление пробы и описание восприятия [1].

3.5.1.2. Определение летучих ароматических веществ

Хотя органолептическая оценка является самым важным и распространенным способом определения качества жира и масла, процесс проведения испытаний достаточно длительный, утомительный, дорогой, оценка разных членов комиссии может различаться, сбор комиссии не всегда возможен. Достижения в развитии аналитического оборудования, используемого в пищевой химии, позволили исследователям заняться разработкой инструментальных методов оценки сенсорного качества жиров и масел. Комитет AOCS по номенклатуре и стандартизации терминов органолептической оценки рассмотрел инструментальные методы, которые могут дополнить субъективную органолептическую оценку масла, и выявили хорошую корреляцию между фактической оценкой вкуса и запаха в баллах и результатами, предсказанными методом ГЖХ. Научная обоснованность коэффициентов корреляции и сходимость результатов лабораторного анализа методом ГЖХ с оценкой в баллах, полученной в других лабораториях, подвергалась некоторыми учеными сомнению. Проведенные впоследствии испытания с привлечением комиссии, состоящей из 94 дегустаторов — представителей восьми различных лабораторий, применяющих такой же инструментальный метод на основе ГЖХ, показали результат, аналогичный полученному членами комиссии из одной отдельной лаборатории [18]. Корреляция содержания летучих компонентов с оценкой вкуса и запаха пищевых масел в баллах привела к разработке методических рекомендаций AOCS Cg 1-83, и в конечном итоге — к стандартизированному методу [1].

3.5.2. Определение показателей порчи

Определение сильно выраженной порчи жира или жирной пищи никогда не составляло проблемы для людей с нормальными обонятельными способностями. Острый едкий запах, смешанный с затхлым и плесневелым, свидетельствует о наличии порчи. Главными причинами этого дефекта являются окисление и гидролиз. Такие факторы, как температура, освещение, присутствие влаги, металлов и кислорода ускоряют появление нежелательного привкуса. Поскольку потребители предпо-

читают масложировые продукты со свежим слабо выраженным вкусом и запахом, необходимо проведение испытаний, позволяющих оценить стабильность при хранении и выявить начинающуюся порчу как при разработке продукта, так и при его промышленном производстве.

3.5.2.1. Перекисное число

Окисление липидов является главной причиной их порчи, и перекиси (пероксиды), образующиеся при реакции кислорода с ненасыщенными жирными кислотами, являются первичными продуктами этой реакции. Перекиси не имеют никакого вкуса или запаха, но быстро разрушаются с образованием альдегидов, имеющих сильный, неприятный вкус и запах. Концентрация перекисей, обычно выражаемые в виде перекисного числа, является мерой окисления или прогорклости на ранних стадиях. Перекисное число (ПЧ) характеризует концентрацию веществ (в ммоль активного кислорода/кг жира), окисляющих йодистый калий до йода¹. Йодометрический метод AOCS Cd 8-531 является эмпирическим, любое изменение в процедуре может вызвать изменение результата. В связи с этим необходимо тщательно контролировать температуру, массу пробы, а также количество, вид и качество реагентов, продолжительность выдержки. Кроме того, отмечается, что при определении низких уровней ПЧ стандартизованным методом довольно сложно определить конечную точку титрования, и он неприменим к продуктам, образующим эмульсии, например, фосфатидам [19].

Определение перекисного числа является одним из наиболее широко применяемых химических методов испытаний для определения качества жиров и масел. Этот показатель проявляет хорошую корреляцию с органолептическими оценками вкуса и запаха в баллах. Так, соевое масло при значении ПЧ 1,0 ммоль О/кг или менее является свежим, ПЧ 1–5 ммоль О/кг свидетельствует о низкой степени окисления, ПЧ 5–10 ммоль О/кг — о средней степени окисления, значение ПЧ выше 10 ммоль О/кг ПЧ означает высокую степень окисления, выше 20 — недопустимый вкус. Эти качественные оценки являются специфичными для соевого масла, для других масел могут быть приемлемы более высокие или более низкие значения ПЧ [20]. Однако определение перекисей не обеспечивает полную и безусловную оценку вкуса и запаха жиров и масел в связи с промежуточной природой перекисей и их разрушением до других продуктов окисления. Хотя на начальных стадиях окисления липидов наблюдалась линейная зависимость между перекисными числами и оценками вкуса и запаха в баллах, этот метод в отдельности не является безошибочным индикатором вкуса и запаха, поскольку при хранении происходит увеличение перекисного числа до максимума и затем понижение по мере увеличения продолжительности хранения. Следовательно, высокие значения перекисных чисел обычно означают низкую оценку вкуса и запаха, но низкое перекисное число не всегда является признаком хорошего вкуса и запаха.

¹ В России для определения перекисного числа используют методы, регламентированные ГОСТом 26593-85 «Масла растительные. Метод измерения перекисного числа» и ГОСТом Р 51487-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа». — Примеч. ред.

3.5.2.2. Анизидиновое число

Анизидиновое число характеризует количество α - и β -ненасыщенных альдегидов, присутствующих в масле. Метод основан на реакции β -анизидина с альдегидами масла, протекающей в присутствии уксусной кислоты, с образованием желтоватых продуктов реакции. Интенсивность цвета зависит не только от количества присутствующих альдегидных соединений, но также от их структуры. Так, выявлено, что двойная связь углеводородной цепи, сопряженная с двойной связью карбонила, усиливает молярное поглощение света при 350 нм в 4 или 5 раз [21]. Анизидиновое число является мерой содержания вторичных продуктов окисления, поэтому его используют при определении качества сырых масел и эффективности процессов их обработки. Определение анизидинового числа регламентируется методом AOCS Cd 18-90 [1]¹.

3.5.2.3. Свободные жирные кислоты и кислотное число

Порча масла, вызванная реакцией гидролиза, возникает в результате расщепления молекулы триглицерида по сложноэфирной связи с образованием свободных жирных кислот, придающих неприятный вкус, запах и ухудшающих другие характеристики. Вкус, появляющийся вследствие образования свободных жирных кислот, зависит от состава жира. Высвобождение жирных кислот с короткой цепью, таких как масляная, капроновая и каприновая, вызывает появление особенно неприятного вкуса и запаха, тогда как жирные кислоты с длинной цепочкой (C_{12} и более) дают «свечной» или, при щелочном рН, мыльный привкус [21]. Как кислотное число, так и содержание свободных жирных кислот является характеристикой содержания свободных жирных кислот в жирах и маслах. Кислотное число представляет собой количество гидроксида калия, необходимое для нейтрализации кислот, тогда как при определении содержания свободных жирных кислот для нейтрализации используется гидроксид натрия. Содержание свободных жирных кислот в процентах может быть пересчитано в кислотное число путем умножения на коэффициент 1,99. Содержание свободных жирных кислот выражается в пересчете на олеиновую кислоту на основании ее содержания в большинстве жиров и масел, хотя для кокосового и пальмоядрового масел оно обычно пересчитывается на лауриновую кислоту, а для пальмового масла — на пальмитиновую. Стандартный метод для определения свободных жирных кислот — AOCS Ca 5a-40, для кислотного числа — Cd 3a-63 [1].²

Свободные жирные кислоты являются важным показателем качества продукта на каждой стадии производства жиров и масел. По этому показателю судят об эффективности дезодорирования, он является контролируемым параметром при контроле технологических процессов на других этапах обработки. Высокое содерж-

¹ В России методика определения анизидинового числа описана в ГОСТе Р 52465-2005 «Масло подсолнечное. Технические условия», Приложение Е. — Примеч. ред.

² В России содержание свободных жирных кислот характеризуется такими показателями, как кислотное число и кислотность жиров. Методы определения этих показателей регламентированы ГОСТом Р 50457-92 (ИСО 660-83) «Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности», ГОСТом Р 52110-2003 «Масла растительные. Методы определения кислотного числа». — Примеч. ред.

жение свободных жирных кислот, сопровождающееся насыщенным цветом и появлением окисленного вкуса в дезодорированных маслах, указывает на низкий вакуум при дезодорировании, недостаточное впрыскивание пара или подсос воздуха. Стандартное для США содержание свободных жирных кислот в дезодорированном масле — не более 0,05%, но большинство внутренних стандартов ограничивают этот показатель значением 0,03%.

Сырые растительные масла могут иметь чрезмерно высокое содержание свободных жирных кислот в том случае, если маслосемена были повреждены на поле или неправильно хранились. Содержащийся в зерне и плодах фермент липаза активизируется в присутствии влаги и инициирует реакцию гидролиза, что приводит к повышению содержания свободных жирных кислот. Более высокое их содержание в сыром масле соответствует более высоким потерям при рафинировании.

Мониторинг содержания свободных жирных кислот во время и по окончании всех процессов, включая хранение, обеспечивает получение результатов, позволяющих выявить потенциальные проблемы и своевременно произвести корректирующие действия. Свободные жирные кислоты являются результатом гидролиза жиров или масел, для протекания которого необходимо присутствие влаги. Эта реакция ускоряется при нагревании и давлении, как и большинство реакций.

При титровании свободных жирных кислот определяются все кислотные соединения, содержащиеся в масле, в том числе кислота, добавленная для связывания металлов, кислота, выделившаяся из отбеленных глин, кислотные антиоксиданты, добавленные эмульгаторы и другие вещества. Дезодорация, представляющая собой последний процесс обработки, должна понизить содержание свободных жирных кислот до уровня, удовлетворяющего всем требованиям спецификаций, даже в том случае, если используемые добавки имеют высокий уровень кислотности.

При обжаривании во фритюре свободные жирные кислоты являются индикатором качества, по которому определяют степень гидролиза. Образование свободных жирных кислот происходит при взаимодействии воды с жирами при температуре жарки. Скорость гидролиза определяется содержанием влаги в обжариваемых продуктах и температурой жарки.

3.5.2.4. Температура дымообразования

Метод AOCS Cc 9a-48 регламентирует измерение температуры, при которой начало образования дыма регистрируется с использованием лабораторного оборудования, оснащенного вытяжкой и специальным освещением [1]. Температура, при которой будет наблюдаться дымообразование при жарке или нагревании в условиях производства, будет несколько выше. Температура образования дыма зависит в первую очередь от содержания свободных жирных кислот, поскольку жирные кислоты более летучи, чем триглицериды. Кроме того, низкомолекулярные жирные кислоты, так же как моно- и диглицериды, менее устойчивы к термическому разложению и легче образуют дым. Дезодорированные шортенинги с содержанием α -моноглицеридов 0,4% или менее и содержанием свободных жирных кислот 0,05% или менее должны иметь примерно одинаковую исходную температуру дымообразования в диапазоне 204–232 °C.

3.5.3. Определение окислительной стабильности масла

Стабильность жира или масла обычно связывают со сроком хранения продукта до появления прогорклости или с индукционным периодом. Обычно основной проблемой является прогорклость, возникающая в результате окислительных процессов, хотя одновременно могут иметь место и другие виды порчи, что существенно усложняет решение вопроса. Например, прогорклость, вызванную процессами гидролиза, иногда принимают за ухудшение вкуса в результате окисления, что может привести к неэффективным профилактическим мерам. Обычно методы определения стабильности жиров и масел применяют в сочетании с методиками предварительной оценки длительного воздействия температуры, света, влаги, кислорода и других негативных факторов.

Для большинства масложировых продуктов испытания на стабильность вкуса являются частью программы контроля качества, гарантирующей соответствие продукта требованиям потребительских спецификаций. Цель этих испытаний — подтверждение достаточно длительного срока хранения жира без образования в нем нежелательных привкусов до его использования в готовом продукте. Было разработано множество методов оценки стабильности масложировых продуктов при длительном хранении, основная часть которых основана на испытании образца в условиях, ускоряющих нормальный окислительный процесс. Однако прямая корреляция между результатами, полученными разными методами, невозможна, поскольку окисление жиров и масел является сложным процессом. Для каждого продукта нужно выбирать тот вид испытаний, который наиболее адекватно моделирует реальные условия хранения.

3.5.3.1. Определение устойчивости методом активного кислорода

Метод активного кислорода (МАК) является наиболее широко применяемым способом определения устойчивости масложировых продуктов к окислению. Этот метод используется при обычной проверке качества и в исследовательских разработках новых продуктов. В данном методе для ускорения порчи проб жира и сокращения времени, требующегося для достижения конечной точки процесса, применяют нагревание и пропускание воздуха. Метод AOCS Cd 12-57 (МАК для определения стабильности жира) устанавливает следующую процедуру определения: пробу объемом 20 см³ помещают в специальную аэрируемую пробирку, затем ее нагревают в масляной ванне или нагревательном блоке с регулируемой температурой до (97,8±0,2) °С, пропуская через пробирку поток воздуха со скоростью 2,33 см³/с. Пробу подвергают воздействию повышенной температуры и аэрированию до достижения определенного значения перекисного числа, обычно 20 ммоль О₂/кг для животных жиров и 70 или 100 ммоль О₂/кг для продуктов на основе растительных масел.

Определение устойчивости жиров с использованием МАК имеет несколько основных недостатков. Во-первых, метод является эмпирическим и для получения воспроизводимых результатов требует тщательного соблюдения всех условий. Максимальный допускаемый разброс результатов между лабораториями составляет

ет 25% при выдержке пробы для МАК в течение 100 ч. Во-вторых, хотя определение с использованием МАК проводится быстрее, чем стандартные испытания при установлении срока хранения, однако при выдержке пробы в течение 100 ч потребуется 4,2 дней для достижения конечной точки измерений.

3.5.3.2. Ускоренное определение устойчивости методом активного кислорода

Оценка стабильности путем определения индукционного периода с использованием МАК стала занимать больше времени, поскольку вследствие разработки новых жировых продуктов, имеющих повышенную устойчивость к окислению, достижение конечной точки потребовало более продолжительного проведения обработки. Всестороннее изучение влияния температуры показало, что удовлетворительную корреляцию с результатами, полученными МАК, можно получить при увеличении температуры нагревания до 110 °С при сокращении времени анализа на 60%. Соотношение времени, необходимого для стандартного МАК, к полученному по ускоренной методике, составляет 2,5 : 1 [22].

3.5.3.3. Кислородная бомба

Нефтяная промышленность в течение многих лет использовала метод старения в кислородной бомбе как способ определения устойчивости бензина к окислению или смелообразованию. Этот метод был модифицирован для применения при оценке окислительной устойчивости пищевых жиров и масел, а также жиро содержащих продуктов. Приготовленный для испытания образец помещают в стеклянную емкость, которая вставляется в бомбу из нержавеющей стали. Бомбу герметизируют и заполняют кислородом. Затем бомбу полностью погружают в баню с кипящей водой. Датчик давления соединяют с самописцем, вычерчивающим непрерывную кривую зависимости давления кислорода от времени. Отрезок времени (в минутах) между точкой, в которой давление достигает начального плато при температуре бани, до резкого падения давления принимается за результат измерения окислительной устойчивости образца. Поскольку было обнаружено, что жиры и масла не дают выраженного перепада давления, обычно конечную точку определяют произвольно, на основании относительного перепада давления.

Этот метод имеет несколько преимуществ по сравнению со стандартным определением стабильности по МАК:

- он в полтора раза быстрее, потому что возросшее давление реагирующего газа ускоряет реакцию;
- его воспроизводимость выше;
- возможно его использование для оценки как жиров и масел, так и жировых пищевых продуктов;
- меньше продолжительность его выполнения, условия анализа не нуждаются в постоянном контроле.

Недостаток кислородной бомбы заключается в том, что единовременно можно испытывать лишь один образец, что может сократить или полностью устранить экономию времени, полученную при сокращении продолжительности анализа [23].



000 «ОрхусКарлсхамн» – один из мировых лидеров по производству высокотехнологичных специальных растительных жиров для пищевой, кондитерской, молочной и хлебопекарной промышленности

3.5.3.4. Индукционный период

В связи с расширением применения двух новых кондуктометрических приборов – Рансимат (*Rancimat*) и *OSI* (*Oxidative Stability Instrument* – аппарат для измерения устойчивости к окислению) в качестве альтернативы определения устойчивости с использованием МАК¹ *AOCS* выступило инициатором проведения совместного исследования кондуктометрических методов для выявления возможности их применения в качестве официальной альтернативы. По результатам исследования метод *AOCS Cd 12b-92* «Определение индекса устойчивости масла к окислению» (*Oil Stability Index – OSI*) в 1996 г. был утвержден в качестве официального [24]. Эти приборы измеряют увеличение электропроводности деминерализованной воды, которое происходит за счет поглощения летучих продуктов окисления, образующихся при нагревании жировых продуктов во время пропускания воздуха. Увеличение удельной электропроводности связано с окислительной устойчивостью жира. Методика определения заключается в помещении пробы масла массой 2 г в пробирку для испытаний, предварительно нагретую до 120 °C, которую соединяют с одной стороны с источником воздуха, а с другой – с измерительной ячейкой, содержащей 50 см³ деминерализованной воды. Проводимость воды измеряется автоматически в течение всего времени проведения анализа и регистрируется с помощью ленточного самописца или программы для сбора и обработки данных. Обычно на графике окисления присутствует индукционный период, за которым следует быстрый рост вследствие увеличения скорости окисления [25]. При определении устойчивости жиров с использованием МАК конечная точка, т. е. результат анализа, представляет собой время в часах, необходимое для достижения образцом перекисного числа 100 ммоль О/кг. Конечной точкой в методике измерения электропроводности является промежуток времени, необходимый для резкого ускорения образования муравьиной кислоты в конце индукционного периода [26]. Выявлена хорошая корреляция между результатами, полученными с помощью прибора Рансимат и МАК, а также прибора *OSI* и МАК при различных температурах.

Кондуктометрический метод окислительной устойчивости можно использовать в тех же случаях, где традиционно используется МАК (в соответствии с методом *AOCS Cd 12-57*, Правилами торговли масложировыми продуктами или при контроле качества в процессе производства). Этот метод автоматически обеспечивает быстрое получение данных по устойчивости к окислению, при его проведении требуется меньше внимания и времени для технического обслуживания. Кроме того, кондуктометрический метод является более точным и воспроизводимым по сравнению с МАК. Но использование этого метода, альтернативного МАК, не смогло решить проблему надежности при определении природных антиоксидантов. Высокотемпературные испытания на окислительную устойчивость, включая МАК, кондуктометрические методы, кислородную бомбу и измерение поглощения кислорода,

Исследование

являются ненадежными в связи с изменением механизма окисления липидов при повышенных температурах. Оценка устойчивости к окислению основана на окислении масел при 100 °C до перекисных чисел более 50 ммоль О/кг, в то время как вкус соевого масла становится неприемлемым при ПЧ менее 10 ммоль О/кг [24].

3.5.3.5. Тест Шаала в сушильном шкафу

Тест Шаала, проводимый в сушильном шкафу (*Schaal oven test*), был разработан специалистами кондитерской промышленности для определения стабильности при хранении шортенингов, предназначенных для мучных кондитерских изделий (МКИ). Поскольку его выполняют при температурах, лишь незначительно превышающих используемые при стандартных условиях хранения, получаемое значение индукционного периода лучше соответствует реальному сроку хранения продукта. Тест Шаала на стабильность при хранении обычно проводят в сушильном шкафу с принудительной вентиляцией при 63 °C. Образец для испытаний выдерживают в химических стаканах, закрытых часовыми стеклами, или в стеклянных банках с негерметичными крышками. Стабильность продукта выражается как число дней до появления прогорклости. В качестве индикатора окислительной порчи можно использовать перекисное число, но оно должно только дополнять органолептическую оценку. Отличительной особенностью теста Шаала на стабильность при хранении как жиров и масел, так и жирных пищевых продуктов является возможность обнаружения других привкусов и запахов, помимо окислительной прогорклости, поскольку в нем не используются очень высокие температуры для ускорения разложения. Кроме того, для проведения испытаний требуется минимум лабораторного оборудования.

Соотношение между реальным сроком годности продукта, результатами теста Шаала и стабильностью по МАК различается для разных масложировых продуктов и технологических параметров их производства. Предложено считать, что 1 ч МАК или 1 день в сушильном шкафу при teste Шаала соответствует 15 дням срока годности, однако полная корреляция не всегда применима. Ни одна из оценок стабильности не может применяться в качестве коэффициента при расчете срока хранения, за исключением случаев четко установленной взаимосвязи для жиров и масел определенного состава [27].

3.5.3.6. Определение вкуса МКИ

Влияние степени ненасыщенности жира, присутствия прооксидантов или антиоксидантов, воздействия кислорода, света, влаги и температуры на липиды можно измерить с использованием приведенных выше утвержденных аналитических методов. Однако показатели устойчивости по отношению к окислению и гидролизу могут измениться при внесении масел и жиров в пищевые продукты и при технологической обработке. Шортенинги и маргарины являются одними из основных ингредиентов мучных кондитерских изделий. Используемые в МКИ масложировые продукты должны выдерживать температуры горячей выпечки без ухудшения вкуса при контакте с влагой и другими ингредиентами. При оценке по вкусу МКИ качество шортенинга или маргарина определяют в высокожирном выпеченнем изделии,



ООО «ФрхусКарлсхамн»

109004, Москва, ул. Земляной Вал, д. 54, строение 2

тел.: +7 (495) 7486000, факс: +7 (495) 7486001
www.aak.com, ru.info@aak.com



ООО «ФрхусКарлсхамн» – один из мировых лидеров по производству высокотехнологичных специальных растительных жиров для пищевой, кондитерской, молочной и хлебопекарной промышленности

содержащем также муку, влагу и соль, после длительного периода выдержки при температурах выпечки. Органолептические испытания вкуса и запаха выпеченного изделия позволяют выявить результаты окисления, гидролиза или другие органолептические дефекты или изменения. Этот метод испытаний, изложенный в разделе нестандартных методов (п. 3.9.2), можно использовать при разработке масложировых продуктов и проверке готовых изделий.

3.6. Цвет и внешний вид

Цвет и внешний вид жиров и масел контролируют не только ради эстетических соображений, хотя они достаточно значимы. Эти показатели важны по многим причинам, но в конечном счете они связаны со стоимостью переработки, качеством готового продукта и с восприятием продукта конечным потребителем. Большинство масел имеют желтовато-красный или желтый цвет. Цвет возникает в результате присутствия таких пигментов, как каротиноиды или хлорофилл, придающий маслу зеленоватый оттенок. Некоторые сырье масла могут иметь необычно интенсивную окраску, вызванную повреждением при полевых работах, неправильным хранением или неправильной переработкой при дроблении, экстракции или вытопке. Измерение цвета позволяет установить параметры продукта, требующиеся для определения необходимых этапов внесения добавок, переработки и дополнительной обработки в целях удовлетворения требований заказчика и предотвращения загрязнения масел высшего качества примесями. В процессе производства внешний вид продукта может свидетельствовать о возникновении проблем. Неправильное проведение отбеливания, окисление, неэффективная фильтрация и другие проблемы могут проявляться в виде потемнения или недостаточного изменения цветности.

3.6.1. Методы измерения цветности

Изменения внешнего вида готовых жиров и масел воспринимаются как индикатор низкого качества продукта, независимо от причины или влияния на функциональные свойства. Потребители могут не замечать цвет расфасованного в прозрачные бутылки масла до тех пор, пока незаметно его отличие от других масел на полке магазина. Маркетинг успешно продвигает более светлое масло как более подходящее для большинства салатных масел и шортенингов. В спецификациях производителей пищевых продуктов на ингредиенты обычно указаны допустимые показатели цвета, поскольку жиры и масла могут улучшать или ухудшать внешний вид готовых пищевых продуктов. Цвет жиров и масел следует контролировать в целях обеспечения как фактического, так и воспринимаемого качества продукта.

Метод Вессона для определения цветности

Метод AOCS Cc 13b-45 предусматривает определение цветности жидких масел или расплавленного жира путем сравнения с красными и желтыми стеклами Ловибонда, имеющими известные характеристики [1]. Пробу масла помещают

в стеклянную измерительную кювету в форме трубки с высотой поглощающего слоя 1,0 или 5,25 дюймов (25,4 или 133,35 мм соответственно), затем аналитик просматривает пробу и подбирает соответствующий стандарт цвета. Подбор осуществляют путем сравнения светового потока, прошедшего через пробу, со световым потоком, прошедшим через комплект красных и желтых стандартов цветности по Ловибонду. Для большинства образцов применяют кювету с высотой слоя 133,35 мм, за исключением темных масел, цвет которых при такой высоте превышает 40,0 единиц красного цвета. При использовании стандартной методики следует особо отмечать измерение при высоте слоя 25,4 мм, поскольку высота 133,35 мм считается стандартным условием и не указывается.

Метод Вессона с использованием стекол Ловибонда является упрощенным вариантом метода, первоначально разработанного в Англии для измерения цветности пива. Цвет имеет три показателя, но метод Вессона игнорирует фактор яркости и определяет только степень красноты. Желтый компонент необходим для зрительного подобия цвета при подборе соответствующего красного стандарта, но количество единиц желтого в этом методе считают несущественным, поэтому принято использовать фиксированное значение желтого, и определять в качестве критического только красный цвет. Для большинства масел, имеющих значение красного ниже 3,5, фиксированным соотношением является 10,0 единиц желтого к 1,0 единице красного цвета, для более темных масел установлены более высокие значения желтого.

Метод Вессона является основным методом определения цветности при производстве пищевых масел в США. Его многолетнее использование обусловлено прежде всего его простотой, однако в результате такого упрощения возникают некоторые сложности [28]:

- определяемые значения красного занижаются в присутствии хлорофилла;
- коричневые пигменты мешают выявлению красных и желтых;
- сравнение необходимо осуществлять визуально.

Визуальное измерение цветности менее надежно, потому что аналитик должен иметь большой опыт выполнения данного анализа, а также способность хорошо различать цвета.

Метод Ловибонда (Британский стандарт)

В методе AOCS Cc 13e-92 измерения производят с помощью тинтметра Ловибонда, который стал стандартным оборудованием в большинстве стран, помимо Соединенных Штатов. Геометрия устройства и цветовая шкала методов Ловибонда и Вессона различаются, следовательно, результаты этих методов не совпадают. Наиболее важной частью тинтметра Ловибонда является набор красных, желтых и синих стеклянных стандартов. Цвет этих стандартов варьируется от бесцветного до темно-красного, желтого и синего. Каждый цветовой стандарт пронумерован и едва заметно отличается от предшествующего и последующего. Использование синей цветовой области позволяет получить более яркий цвет с более выраженным зеленым оттенком, чем в методе Вессона [29].

Спектрофотометрический метод определения цветности масел

Этот метод представляет собой попытку определения цветности жиров и масел с использованием измерительного прибора в целях исключения необходимости визуальной оценки образца аналитиком. В 1950 г. на основании проведенных экспериментов был утвержден метод AOCS Cc 13c-50, основанный на спектрофотометрическом определении цветности масел, чтобы заменить метод Ловибонда, основанный на ручной системе подбора цвета. Межлабораторное исследование, которое включало 30 000 измерений цветности, позволило определить оптимальные длины волн для измерения цветности масла. Эти длины волн затем использовали для разработки уравнения, связывающего показания спектрофотометра со значениями цветности по Ловибонду. Подобные вычисления были разработаны для получения методом Вессона значений, идентичных величинам цветности по Ловибонду [30]. Обычно расчетные значения согласуются, но для некоторых масел наблюдалось значительное несоответствие. Фотометрическое определение цветности не заменило метода Вессона вследствие возможного несоответствия, экономических показателей и устойчивой позиции визуальной методики. Тем не менее метод AOCS Cc 13c-50 (Спектрофотометрический метод определения цветности масел) является официальным [1].

Автоматические тинтометры

Электронные приборы для измерения цветности, использующие три фильтра, были внедрены несколькими производителями оборудования в целях замены ручных методик определения цветности. Разработанные приборы соответствовали методу AOCS Cc 13b-45 (методу Вессона), так же как и европейской методике, или же методу AOCS Cc 13e-45. Эти приборы хорошо себя показали при работе со светлоокрашенными маслами, но для более темных масел или продуктов, содержащих некоторые добавки, например, эмульгаторы, сходимость результатов с другими методами была низкой.

Метод Комитета по жирным кислотам (Fatty Acid Committee — FAC)

Цвет непищевого животного жира зачастую бывает слишком темным или со слишком ярко выраженным зеленым оттенком, чтобы считываться с тинтометром Ловибонда, даже с высотой кюветы 25,4 мм. Для определения цветности таких темных жиров была разработана произвольная шкала цветовых эталонов. В методе AOCS Cc 13a-43 применяют пробирки с цветовыми стандартами для сравнения с маслом в такой же пробирке. В методе FAC стандарты представляют собой 26 пробирок, пронумерованных от 1 до 45 нечетными числами, их цвета составляют непрерывно изменяющуюся шкалу с тремя перекрывающимися сериями: нормальной, зелено-красной. Разбивка шкалы цветов пробирок специально сделана неравномерной. Этот не совсем точный метод применялся главным образом для технических масел в связи с легкостью проведения испытаний.

Цветовая шкала Гарднера

Шкала Гарднера является шкалой с одинарной числовой осью, применяемой главным образом для определения категории качества лецитина, красок или высы-

хающих масел, жирных кислот и некоторых других продуктов, получаемых из масел. Стандарты этой шкалы формируют ту же линию, что и стандарты метода FAC, но не находятся в прямой взаимосвязи. Картотека цветовых стандартов Гарднера состоит из стеклянных эталонов, пронумерованных от 1 до 18, от самого светлого до самого темного. Цветовая шкала Гарднера стандартизована в методе AOCS Td 1a-64 [1].

Определение хлорофилла

Присутствие зеленых пигментов или хлорофилла представляет интерес не только в связи с их влиянием на цвет готового продукта, но также и потому, что хлорофилл может действовать на окисление масел и жиров как сенсибилизатор. Эти пигменты необходимо удалять в процессе предварительного отбеливания. Метод AOCS Cc 13d-55 предусматривает определение содержания хлорофилла (в мг/кг) в растительных маслах путем спектрофотометрического измерения поглощения при 630, 670 и 710 нм [1]. Метод не применим к гидрогенизованным и дезодорированным маслам, поскольку поглощение при 670 нм в большинстве переработанных масел отсутствует.

Определение красителей

Желтые красители часто вносят в масложировые продукты в целях имитации внешнего вида сливочного масла. Наиболее используемыми красителями являются каротины, аннато и апокаротинали. Добавки желтых красителей чрезвычайно сложно, если вообще возможно, контролировать с использованием двумерных шкал Ловибонда. Лучшим методом контроля этих добавок является спектрофотометрическое измерение оптической плотности в желтом диапазоне спектра при длинах волн 440, 455 или 460 нм в зависимости от вида продукта.

3.6.2. Внешний вид

Первой и наиболее наглядной характеристикой продукта, которую оценивает любой потребитель готовых масложировых продуктов, должен быть их внешний вид. Внешний вид является важной характеристикой, потому что первое впечатление обычно влияет и на последующие суждения, даже с учетом того, что большинство показателей внешнего вида имеют только эстетическое значение. Эти показатели обычно слабо влияют на функциональные свойства, однако отклонение от нормального внешнего вида может свидетельствовать о неправильной обработке или хранении, несоблюдении технологических режимов, низкой стабильности или других проблем качества.

Визуальные исследования являются лучшим способом получить содержательную оценку внешнего вида продукта в целом. Оценка внешнего вида является субъективным мнением специалиста, основанным на опыте и выраженным в числовых значениях в целях сравнения. Оценка внешнего вида твердых продуктов включают в себя характеристики внешнего вида поверхности и внутренней части продукта. Однородность цвета, оттенка и текстуры продукта оценивается как на поверхности продукта, так и на внутреннем срезе после разрезания на части, срезания или скабливания внешнего слоя. При оценке текстуры каждый продукт осматривают

на наличие таких дефектов, как пятна, полосы (мраморность), выделение жидкого масла и другие проблемы, которые могут возникать вследствие определенных режимов обработки или неверно составленной рецептуры. Видимый нехарактерный цвет или излишняя яркость могут быть связаны с недостаточным отбеливанием, внесением красителей или с дефектами пластификации. Методики оценки и характеристики внешнего вида детализированы в разделе нестандартных методов. Оценка внешнего вида является полезным инструментом как при разработке продукта, так и для контроля качества в ходе технологической обработки.

3.7. Контроль рафинации и отбеливания

При проведении рафинации и отбеливания необходимы специальные методы анализа обрабатываемых сырых масел, на что имеются три основные причины:

- они служат основанием для урегулирования контрактов на сырое масло в соответствии с правилами торговли различных торговых ассоциаций;
- их используют в качестве меры эффективности процессов рафинирования и отбеливания;
- по их результатам выбирают вид каустической соды и отбеленной глины, а также рассчитывают дозировку этих реагентов, необходимую для обработки данных масел.

Торговля большинством сырых растительных масел основана на результатах определения потерь при рафинации или содержания нейтрального растительного масла, снижении цветности при рафинации или отбеливании, а также вкуса масла. Торговые правила для растительных масел были установлены в США тремя организациями: Национальной ассоциацией производителей хлопкового масла (*National Cottonseed Producers Association*), Национальной ассоциацией производителей сои (*National Soybean Processors Association*) и Национальным институтом масличных культур (*National Institute of Oilseed Products*). Эти организации принимают методы AOCS в качестве основы торговой деятельности. Для большинства масел контракты основываются на соглашении между покупателем и продавцом по результатам определенных методов анализа с учетом установленных пределов допустимого расходования результатов. При расхождении результатов свыше допустимых пределов погрешности образец направляют на официальный арбитражный анализ.

3.7.1. Потери при рафинации

Около 75 лет назад переработчики семян хлопчатника и производители масла согласовали ряд спецификаций на сырое хлопковое масло. В соглашении предусматривалось снижение цен на продукты более низкого качества, что определялось по результатам определения потерь при рафинировании, изменения запаха, вкуса и цвета. Так, по показателю «потери при рафинировании» цена снижалась на 0,75% за каждый процент потерь сверх 9,0%. Это соглашение привело к разработке метода определения «потерь в чаше», основанном на рафинации образца сырого масла в ла-

бораторных условиях, имитирующих работу установки в такой степени, чтобы обеспечить соответствие потерь и снижения цветности при рафинации. Первоначально этот метод был очень субъективным, давая возможность лаборантам полагаться на их собственное суждение относительно того, как следует проводить определение для получения лучших результатов по потерям. В 1927 г. было достигнуто соглашение о более высокой оплате покупателем сырого хлопкового масла с потерями ниже 9,0%. В данном соглашении предлагалось использовать дробилки для семян в целях стимулирования производства более высокосортного масла, но в то же время результаты определения потерь были объявлены сомнительными, потому что проведение испытаний и оценка полученных результатов оставлялись на усмотрение сотрудников лабораторий. Стандартизация методики поведения лабораторных испытаний при определении потерь при рафинировании позволила снизить разброс результатов анализа и устранила зависимость оценки рафинации от применяемой техники выполнения анализа [31].

В методе AOCS Ca 9a-52 определен порядок определения потерь свободных жирных кислот, масла и примесей при обработке образца щелочными растворами при определенных условиях [1]. Данный метод моделирует рафинирование в кotle в лабораторных условиях с использованием нормированных доз внесения и концентрации раствора гидроокиси натрия, температур и времени выдержки, что обеспечивает получение воспроизводимых результатов как внутри одной лаборатории, так и при межлабораторных испытаниях. Потери при рафинации рассчитывают по разности исходной массы сырого масла и массы рафинированного масла.

3.7.2. Содержание нейтрального масла и расчет потерь

Оценка потерь при рафинации по лабораторному определению «потерь в чаше» была приемлема, пока рафинирование в открытом кotle являлось обычной практикой, но усовершенствование процесса рафинирования позволило добиться более низких потерь, чем при лабораторном определении. Были исследованы различные методы определения содержания нейтрального масла в сыром масле. Эти методы предусматривали определение теоретического выхода нейтрального масла в пробе для сравнения с фактически полученным выходом в целях определения эффективности рафинации. Из всех исследованных методов наиболее подходящим оказался хроматографический метод Международного Химического Общества (*International Chemical Union*), поскольку он был достаточно точным, наиболее воспроизводимым, легким и быстро выполняемым, и при этом не требовал применения особо сложного или дорогостоящего оборудования [32]. На его основе был разработан метод AOCS 9f-57 (Определение нейтрального масла и расчет потерь). В данном методе масло или жировые вещества извлекают из сырого масла путем промывания колонки с активированным оксидом алюминия эфирно-метанольной смесью. Элюированная смесь состоит преимущественно из триглицеридов и неомыляемых веществ. Воспроизводимость метода достаточно высока: два параллельных определения, выполненных в одной лаборатории, не должны отличаться более чем на 0,15%, выполненных в разных лабораториях – более чем на 0,30% [1].



3.7.3. Оценка отбеливания

Адсорбционное отбеливание используют как на предприятиях, так и в лаборатории. Лабораторная методика предусматривает добавление отбеленной глины или активированного угля, или того и другого вместе к рафинированному маслу, его нагревание до 120 °С и выдержку при этой температуре в течение (5 ± 1) мин с постоянным перемешиванием со скоростью (250 ± 10) об/мин. Затем глину удаляют фильтрованием и определяют цветность масла. Испытания проводят на маслах после определения потерь в чаше или после лабораторной рафинации проб для оценки отбеливания. Оценку отбеливания жиров и масел проводят по двум методам AOCS, использующих одну и ту же методику, но различающихся по количеству используемой отбеленной глины и по условиям подготовки активированной отбеленной глины для соевого масла с выраженным зеленым оттенком и подсолнечного масла. Метод AOCS 8a-52 применяют для рафинированного хлопкового масла, а метод AOCS 8b-52 – для соевого и подсолнечного масел [1].

3.8. Испытания на пригодность

Некоторые существенные характеристики жиров и масел нельзя напрямую оценить с использованием химических или физических аналитических методов. В этих случаях испытания на пригодность являются единственным способом оценки функциональных свойств масел и жиров в пищевом продукте. Фактическое определение пригодности пищевых масложировых продуктов проводят с помощью пробных выработок, по которым оценивают функциональность жиров в готовом пищевом продукте. Разработаны и успешно применяются испытания на пригодность, проводимые с использованием нормированных условий и ингредиентов, с критической рецептурой, обеспечивающей выявление даже малых различий оцениваемых функциональных свойств.

Испытания на пригодность имеют особое значение при разработке новых продуктов, особенно масложировых продуктов, предназначенных для определенного вида изделий, рецептур или технологических процессов. После разработки нового продукта в большинстве случаев его физико-химические свойства связаны с функциональными. Однако в некоторых случаях для гарантии соответствующих функциональных свойств жиров и своевременного получения результатов необходимо проведение определенных испытаний на пригодность. Первоначально большинство испытаний на пригодность было разработано для выпеченных изделий, но в настоящее время их перечень расширен и включает в себя случаи применения жиров в любых изделиях (в выпеченных или обжаренных во фритюре изделиях, в конфетах, глазурах, различных смесях, аналогах молочных продуктов и в других продуктах, вырабатываемых с использованием шортенингов, маргаринов, масел и других специальных жиров). Во многих случаях испытания на пригодность разработаны для оценки жировых ингредиентов с учетом их использования конкретным изготавителем пищевых продуктов.

Испытания жиров и масел на пригодность проводятся на большинстве предприятий-изготовителей пищевых продуктов, но применяемые методики никогда не стандартизировалась для всей отрасли. Испытания на пригодность являются аналитической методикой подобно другим лабораторным методам. При разработке метода испытаний необходимо создать хорошую лабораторную методику, включающую использование стандартного оборудования и ингредиентов, описание порядка проведения испытаний, обработки полученных результатов и контроль воздействия на окружающую среду.

Для сравнительной оценки полученные результаты должны быть воспроизведимы. Воспроизводимость достигается при полном контроле параметров, что достигается только при использовании стандартизованных методик. Методики проведения испытаний должны быть достаточно детально описаны, необходимо как можно точнее придерживаться этого описания. Ниже приведен обзор некоторых наиболее распространенных испытаний на пригодность; полное описание методик представлено в разделе 3.9.

3.8.1. Оценка взбиваемости

Аэрирование жидкого теста для мучных кондитерских изделий зависит от пластичности, консистенции, способности к эмульгированию, состава жировой основы и других свойств жиров и масел. Определение объема при взбивании позволяет оценить способность шортенинга или маргарина захватывать и удерживать воздух в жидком тесте для мучных кондитерских изделий. В большинстве случаев степень аэрирования теста является показателем объема выпеченных изделий, их пористости и текстуры, и существенно влияет на параметры обработки жидкого теста для мучных кондитерских изделий.

Рецептура, используемая при определении взбиваемости, содержит только три ингредиента:

- испытуемый шортенинг или маргарин;
- сахарный песок;
- цельные яйца.

Проведение испытаний представляет собой первую стадию изготовления традиционного круглого фунтового кекса, в котором аэрирование теста зависит от взбиваемости смеси шортенинга с яичной массой. Плотность теста определяется после взбивания в течение 15 мин и повторно через 20 мин. Непрерывное аэрирование, определенное по уменьшению плотности взбитого теста, свидетельствует об устойчивой консистенции масложировых продуктов, которая не разрушается и, соответственно, не высвобождает воздух из теста. Плотность ($\text{г}/\text{см}^3$) может быть преобразована в удельный объем ($\text{см}^3/100 \text{ г}$) при умножении величины, обратной плотности, на 100. Удельный объем нагляднее иллюстрирует количество введенного воздуха или степень аэрации. Это испытание применяют как к масложировым продуктам, в состав которых входят эмульгаторы, так и к не содержащим этот вид добавок в целях определения возможной степени аэрирования взбитого теста для МКИ.

3.8.2. Испытание на круглом фунтовом кексе¹

В некоторых случаях взбиваемость шортенинга или маргарина наиболее точно измеряется в результате приготовления традиционного круглого фунтового кекса без использования химического разрыхлителя и определения объема, пористости и текстуры выпеченного кекса. Степень взбивания, определенная этим методом, зависит от температуры взбивания теста. Диапазон обработки или взбивания можно устанавливать путем регулирования конечной температуры взбитого теста в пределах желательного температурного диапазона. Полученные таким образом результаты служат хорошим показателем диапазона взбивания или допустимой температуры шортенинга. Объем выпеченного фунтового кекса определяют с использованием прибора волюметра², внешний вид оценивают в баллах по шкале, приведенной в табл. 3.1 [5].

Таблица 3.1. Шкала оценки внешнего вида круглого фунтового кекса

Оценка, баллы	Категория	Описание
10	Высшее качество	Тонкая текстура, правильная форма пор, без пустот, трещин или каналов, с очень тонкими стенками пор, с совершенно симметричной формой
9	Очень хорошее качество	Тонкая текстура, правильная форма пор, без пустот, трещин или каналов, с тонкими стенками пор
8	Хорошее качество	Поры совсем немного открыты, но правильной формы, без трещин, допускаются единичные пустоты, довольно толстые стенки пор
7	Удовлетворительное качество	Поры немного открыты, преимущественно правильной формы, без каналов и трещин, допускается несколько небольших пустот, стенки пор довольно толстые
6	Плохое качество	Рыхлая текстура с неправильной формой пор или многочисленными порами, несколькими трещинами или каналами
5	Неудовлетворительное качество	Открытые или неправильной формы поры, или многочисленные пустоты или каналы, толстые плотные стенки пор, возможны уплотнения мякиша
4 и менее	—	Неудовлетворительные характеристики, возрастание количества грубых дефектов

¹ Круглый фунтовый кекс (*round cake*) является традиционным английским мучным кондитерским изделием. Название основано на особенностях рецептуры, в которую входит поровну основных компонентов: по 1 фунту жира, сахара и муки. — Примеч. ред.

² Волюметр — прибор для измерения объема мучных изделий, основанный на вытеснении мелких семян исследуемым изделием. Изделие помещают в измерительную емкость, засыпают семенами и замеряют их объем. Затем изделие аккуратно вынимают и повторно замеряют объем семян. Объем изделия рассчитывается по разности этих двух объемов. — Примеч. ред.

3.8.3. Определение объема крема

Состав шортенинга или маргарина, консистенция и пластичность могут оказывать воздействие на способность продукта образовывать легкие кремы. Это свойство можно оценить путем изготовления стандартного крема в контролируемых условиях. Методика испытаний несколько похожа на оценку взбиваемости, в которой способность к аэрированию и устойчивость масложировых продуктов при взбивании оценивается по определению плотности. Однако в данном методе результаты показывают способность продукта аэрироваться и удерживать воздух в креме с низким содержанием влаги. Ингредиенты крема:

- испытуемый шортенинг;
- сахарная пудра;
- сухое обезжиренное молоко;
- соль;
- вода в количестве немного менее 12%.

Перечисленные ингредиенты взбивают в течение 12 мин на высокой скорости, останавливаясь после 7 и 12 мин для измерения плотности крема. По результатам этих измерений определяют способность к аэрированию и устойчивость масложировых продуктов при взбивании. Масложировые продукты с недостаточной устойчивостью при взбивании будут либо очень слабо аэрироваться, либо высвободят часть захваченного воздуха после первого определения плотности. Этот метод применяют для оценки аэрируемости в кремах масложировых продуктов как содержащих эмульгаторы, так и без этого вида добавок.

3.8.4. Испытание на белом кексе

Жиры и масла во всех выпеченных изделиях выполняют несколько важных функций. К ним относятся захват воздуха в процессе взбивания, смазывание клейковины и частиц крахмала для разрушения однородной структуры клеточных оболочек, состоящей из клейковины и крахмала, что обеспечивает образование мягкого мякиша, эмульгирование или влагоудерживающую способность, влияющую на влажность МКИ и их изменения при хранении.

Способность масложировых продуктов к эмульгированию можно определить путем изготовления выпеченного полуфабриката для белого кекса, в котором содержание муки низкое, а сахара и влаги — высокое. Лучший метод определения способности шортенинга или маргарина к эмульгированию заключается в изготовлении очень сладкого белого кекса в стандартных условиях и оценке готового изделия по объему, внешнему виду корки, пористости и текстуре. Предыдущие исследования выявили, что при использовании шортенингов с низкой способностью к эмульгированию получается створоженное или расслоившееся тесто, полуфабрикаты имеют малый объем, бледную липкую корку и вкус непропеченои муки. Хорошо эмульгируемые продукты позволяют получить однородное взбитое тесто и полуфабрикат с золотистой корочкой, несколько сухой на ощупь, без жидкого кольца, с мелкопористой, легкой текстурой, с хорошими органолептическими характеристиками [33].



Излишне эмульгируемые шортенинги являются причиной слабой середины, очень открытых пор и грубой текстуры кекса.

Для оценки универсальных шортенингов и маргаринов используются три рецептуры белого кекса:

- белый кекс со 140% сахара;
- белый кекс со 105% сахара;
- домашний белый кекс.

Данный вид испытаний на пригодность предназначен для оценки следующих масложировых продуктов:

- **Масложировые продукты, содержащие эмульгатор.** Наличие большого количества сахара, яичного белка и жидкости в рецептуре определяет способность шортенинга или маргарина давать объемный, «влажный» полуфабрикат с мелкокористой, легкой текстурой.
- **Масложировые продукты без эмульгатора.** Для оценки эмульгирующей способности универсальных шортенингов и маргаринов, зависящей исключительно от их консистенции, используется рецептура с меньшей дозировкой сахара, влаги и яиц.
- **Шортенинги для домашней кулинарии.** Производимые для домашней кулинарии шортенинги обычно имеют низкое содержание эмульгатора, что обеспечивает улучшение качества выпечки, но не оказывает существенного влияния при использовании продукта в качестве фритюрного жира. В связи с этим домашние рецепты выпечки разработаны с учетом такого содержания эмульгатора.

3.8.5. Испытание на кремовых начинках

Способность шортенингов и маргаринов захватывать и удерживать влагу при аэрировании до достижения низкой плотности является важным функциональным свойством для кремовых начинок в пирожных. В той же степени важна устойчивость начинок к просачиванию влаги или впитыванию в пирожное. Пластичность шортенинга, термостабильность и способность к эмульгированию могут оцениваться по изготовлению кремовых начинок. В процессе изготовления сначала измеряют способность шортенинга к аэрированию, далее оценивают устойчивость начинки к впитыванию в изделие, а также ее термостабильность. В данном испытании оценивается эмульгирующая система, а также консистенция шортенинга, зависящая от состава жировой основы.

3.8.6. Испытание на сухих полуфабрикатах мучных изделий

Первоначально рецептура сухих полуфабрикатов мучных изделий была очень схожа с рецептурой МКИ, в ней использовали шортенинги с повышенным содержанием моно- и диглицеридов. Однако для совершенствования сухих полуфабрикатов требовались шортенинги с быстрой аэрируемостью, позволяющие хозяйствам сократить продолжительность взбивания, но при этом повышающие устойчивость продукта при замесе и выпечке. Высокая конкуренция, характерная для предприятий

производителей сухих полуфабрикатов, продолжала формировать потребность в новых улучшенных продуктах, свойства которых зависели преимущественно от шортенинга. Основная рецептура сухого полуфабриката для белого кекса и порядок его изготовления может служить для оценки новых или модифицированных эмульгирующих систем, повышающих аэрирование, органолептические показатели и сроки хранения кексов. При этом оценивается роль шортенинга в формировании консистенции и в качестве смазывающего материала.

3.8.7. Испытание на бездрожжевом слоеном тесте

Типичными особенностями шортенинга для бездрожжевого слоеного теста являются пластичность и твердость. Пластичность необходима для получения однородных непрерывных слоев жира между слоями теста при повторяющихся складывании и раскатывании, выполняемых при температурах отлежки для достижения более чем 1200 слоев. Твердость также важна, поскольку мягкие или жидкие жировые продукты могут впитываться в тесто, что снижает значение жира как барьера между слоями теста. Многослойное бездрожжевое слоеное тесто поднимается в печи, когда слои жира тают и расширяются, образуя пар при наличии в составе жирового продукта влаги, что вызывает расслаивание, расширение и подъем продукта без разрыхлителя. Удовлетворительным является пяти- или шестикратное увеличение высоты испытуемого слоеного изделия без начинки после выпечки.

3.8.8. Испытание на обжаривание во фритюре на предприятиях общественного питания

При оценке фритюрных жиров и масел рассматривается множество факторов. При обжаривании продуктов во фритюре жир непрерывно подвергается воздействию повышенных температур в присутствии воздуха и влаги. При этом происходит множество химических реакций, включая окисление и гидролиз, наряду с изменениями вследствие термического разложения. По мере протекания реакций функциональные, органолептические и питательные характеристики фритюрного жира изменяются и в конечном итоге достигают точки, после которой невозможно изготовить доброкачественные обжаренные продукты; дальнейшее использование такого жира недопустимо. Скорость снижения качества фритюрного жира изменяется в зависимости от вида обжариваемого продукта, состава фритюрного жира, конструкции жарочного аппарата и режимов приготовления.

Надежная методика проведения испытаний ограничивает количество параметров, влияющих на оцениваемый продукт. При разработке метода следует охватывать те вопросы, которые являются составной частью любой методики, используемой в соответствующих лабораториях – стандартизацию оборудования, контроль воздействия на окружающую среду и подробное описание методики проведения испытаний. Испытания фритюрных жиров пытались проводить на предприятиях общественного питания, однако провести анализ причин и зависимостей полученных результатов достаточно сложно в связи с изменениями состава продуктов,



№ п/п	Ссылка на метод, пункт главы	Наименование
1	3.3.4	Консистенция шортенинга и оценка пластичности
2	3.5.3.6	Определение вкуса МКИ
3	3.6.2	Оценка внешнего вида шортенинга
4	3.6.2	Оценка внешнего вида маргарина
5	3.8.1	Оценка взбиваемости
6	3.8.2	Испытание на круглом фунтовом кексе
7	3.8.3	Определение объема крема
8	3.8.4	Испытания на белом кексе со 140% сахара
9	3.8.4	Испытания на белом кексе со 105% сахара
10	3.8.4	Испытания на домашнем белом кексе
11	3.8.5	Испытание на кремовых начинках
12	3.8.6	Испытания на сухом полуфабрикате для белого кекса
13	3.8.7	Испытание на бездрожжевом слоеном тесте
14	3.8.8	Испытание на обжаривание во фритюре
15	8.11	Оценка глазури мороженого
16		Оценка шортенинга для начинки печенья-сэндвичей

условий обработки, других неизвестных параметров и присутствующих примесей. Для адекватной оценки фритюрных жиров признали пригодной лабораторную методику испытаний, в которой предусмотрены применение самых маленьких производственных фритюрниц с непрерывным нагреванием фритюрного жира и жарка картофеля фри в течение заданных интервалов времени. При использовании этой методики ухудшение качества фритюра можно определять визуально, органолептически, а также путем аналитического контроля химических и физических показателей в целях выявления причин снижения качества и его зависимости от различных параметров.

Испытание на обжаривание во фритюре заключается в непрерывном контролируемом нагревании исследуемого фритюрного жира или масла при $(182 \pm 6)^\circ\text{C}$ до завершения испытания. Свежий очищенный картофель (227 г) ежедневно жарят три раза в день в течение 7 мин с интервалом 3 ч, заправляют приправами один раз в день. После каждой жарки фиксируют наблюдения по таким показателям, как дымообразование, запах, прозрачность, смелообразование, а также пенообразование. Пенообразование (описывается следующим образом: отсутствует, мало, немного, ограниченное количество и непрерывное) также необходимо проверять ежедневно и каждый раз фиксировать его изменения. Для определения цвета, содержания свободных жирных кислот и йодного числа, количественно характеризующих потемнение, гидролиз и полимеризацию, пробы отбирают каждые 24 ч. Испытания на обжаривание во фритюре прекращают после появления непрерывного пенообразования, что подтверждается измерением высоты пены.

3.8.9. Оценка глазури мороженого

Новые виды мороженого обычно глазируют кондитерской глазурью, содержание жира в которой относительно велико. Функциональные свойства используемых жиров должны обеспечивать необходимую вязкость, кристаллизацию, устойчивость блеска и органолептические характеристики. Чтобы определить приемлемость жира для использования в глазурях, оценку производят путем опускания брикетов мороженого в приготовленные глазури. При этом измеряются такие показатели, как время высыхания, время затвердевания, ломкость, способность образовывать тонкое равномерное покрытие на брикете, вкус и аромат, другие органолептические характеристики, устойчивость блеска.

3.9. Нестандартизованные методы

В данном разделе будет рассмотрено несколько нестандартизованных методов оценки жиров и масел. Полное описание методик этих определений представлено ниже. Все эти методики успешно используют при разработке продуктов, контроле качества или для текущей проверки продукции и сравнения ее с аналогичной продукцией конкурирующих предприятий. Представлены следующие методы:

№ п/п	Ссылка на метод, пункт главы	Наименование
1	3.3.4	Консистенция шортенинга и оценка пластичности
2	3.5.3.6	Определение вкуса МКИ
3	3.6.2	Оценка внешнего вида шортенинга
4	3.6.2	Оценка внешнего вида маргарина
5	3.8.1	Оценка взбиваемости
6	3.8.2	Испытание на круглом фунтовом кексе
7	3.8.3	Определение объема крема
8	3.8.4	Испытания на белом кексе со 140% сахара
9	3.8.4	Испытания на белом кексе со 105% сахара
10	3.8.4	Испытания на домашнем белом кексе
11	3.8.5	Испытание на кремовых начинках
12	3.8.6	Испытания на сухом полуфабрикате для белого кекса
13	3.8.7	Испытание на бездрожжевом слоеном тесте
14	3.8.8	Испытание на обжаривание во фритюре
15	8.11	Оценка глазури мороженого
16		Оценка шортенинга для начинки печенья-сэндвичей

3.9.1. Консистенция шортенинга и оценка пластичности

Назначение: унифицированный способ оценки консистенции и пластичности отверженных масложировых продуктов.

Область применения: применим ко всем шортенингам, маргаринам и другим пластифицированным масложировым продуктам.

Аппаратура и оборудование:

- камера хранения с постоянной температурой $26,5^\circ\text{C}$;
- лампы дневного света, обеспечивающие освещенность исследуемой поверхности 540–1100 лк;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50°C и ценой деления $0,5^\circ\text{C}$.

Методика проведения испытаний:

- Темперируют образцы для достижения требуемой температуры испытаний: от $24,0$ до $26,5^\circ\text{C}$.
- Определяют и записывают температуру образца.
- Исследуют консистенцию и пластичность образца надавливанием пальца на продукт или разминанием его в руке, или с применением обоих методов. С помощью этой процедуры выявляют дефекты образца.
- Наиболее часто встречаются следующие дефекты консистенции пластифицированных продуктов:
 - рыхлость:** мягкий продукт с большими воздушными порами или пустотами, придающими очень низкую устойчивость при надавливании или сжатии;
 - крупногранчатость (песчанистость):** мелкие твердые частицы размером с песчинку по всему объему образца;



000 «ОрхусКарлсхамн» – один из мировых лидеров по производству высокотехнологичных специальных растительных жиров для пищевой, кондитерской, молочной и хлебопекарной промышленности

- слоистость:** чередование тонких слоев твердого и мягкого продукта, которое описывается как поверхность, похожая на грубый вельвет;
- крошлисть:** жесткая структура, которая разрушается при нажатии пальцем на продукт;
- мягкость:** мягкий и засаленный на ощупь продукт с очень слабым сопротивлением деформации или с полным его отсутствием;
- комковатость:** значительные комки твердого продукта, окруженные мягким или пластичным продуктом;
- мучнистость:** ощущение, сходное с сухой шпатлевкой.

- По шкале пластичности оценивают пригодность кристаллизованного продукта. Продукт с идеальной пластичностью сохраняет ощущение хорошей консистенции, не выделяя жидкость и не оставаясь твердым при разминании в руке. Пластичный продукт не растекается и не деформируется от собственного веса, но при этом должен легко формироваться даже при небольшом давлении.
- Консистенцию и пластичность оценивают по приведенной ниже 10-балльной шкале:

10 – отличная	5 – явно неудовлетворительная
9 – почти отличная	4 – плохая
8 – хорошая или удовлетворительная	3 – весьма плохая
7 – со слабо выраженным дефектами	2 – очень плохая
6 – с умеренно выраженным дефектами	1 – неприемлемая

Примечание. Все продукты должны оцениваться объективно, независимо от вида продукта, давности выработки или других факторов, влияющих на качество.

3.9.2. Определение вкуса МКИ

Назначение: способ определения устойчивости к окислению масложировых продуктов по органолептической оценке вкуса и запаха после длительной термической обработки в присутствии влаги, соли и муки.

Область применения: применим ко всем масложировым продуктам (таким как шортенинги, маргарины, хлопьевидные и гранулированные шортенинги, жидкие шортенинги и масла).

Аппаратура и оборудование:

- чаша для замеса;
- смеситель-измельчитель для теста;
- салфетки для раскатывания теста;
- мука для подсыпки;
- скакалка;
- два стальных калибровочных стержня диаметром 3,2 мм и длиной 20,5 см;
- машина для вырезки печенья диаметром 5 см;
- противень;
- кухонная вилка;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- печь для выпекания.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г
Испытуемый жир	100
Кондитерская мука	150
Соль	3
Вода	50

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают жир, муку и соль, помещают их в чашу для замеса.
- Жир и муку рубят вместе до образования кусочков размером с горошину.
- Добавляют воду и вымешивают до образования однородной массы.
- Тесто раскатывают на салфетке между калибровочными стержнями диаметром 3,2 мм, что обеспечивает одинаковую толщину слоя теста.
- Вырезают четыре кружка теста диаметром 5 см с использованием машины для вырезки печенья.
- Помещают четыре кружка теста на противень и протыкают их кухонной вилкой.
- Выпекают при 150 °C в течение 1 ч.
- Охлаждают в течение 15 мин, затем оценивают вкус и запах по 10-балльной шкале, применяемой для органолептической оценки растительного масла.

3.9.3. Оценка внешнего вида шортенинга

Назначение: способ характеристики и оценки внешнего вида и текстуры шортенинга по шкале от 10 (идеальное качество) до 1 балла (самое худшее качество)

Область применения: применим ко всем пластифицированным шортенингам как свежим, так и после хранения.

Аппаратура и оборудование:

- помещение с постоянно поддерживаемой температурой 26,5 °C;
- лампы дневного света, обеспечивающие освещенность исследуемой поверхности 540–1100 лк;
- термометр с диапазоном измерений от –20 до 50 °C и ценой деления 0,5 °C;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см.

Подготовка образцов:

- Образец шортенинга перед испытанием доводят до температуры 24,0–26,5 °C.
- Часть образца с одной стороны емкости удаляют, не нарушая поверхность остающейся части. От нетронутой части отделяют тонкий слой продукта вдоль поверхности среза.

Методика проведения испытаний:

- Определяют и записывают температуру образца с точностью до 0,5 °C.
- Исследуют образец шортенинга, используя специальное освещение поверхности образца.
- Оценивают внешний вид шортенинга, руководствуясь визуальным осмотром и 10-балльной шкалой. При вынесении оценки в баллах следует рассмотреть

Таблица 3.2. Шкала оценки внешнего вида шортенингов

Оценка, баллы	Цвет*	Глянец поверхности	Вид текстуры на срезе					
			Визуальная оценка**	Наличие пятен	Мраморность	Мажущаяся консистенция	Отделение жидкого масла	
10	Отсутствует	Иdealный	Идеальная	Отсутствуют	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует	
9	Очень слабый	Очень хороший	Очень хорошая	Очень мало, мелкие	То же	То же	То же	
8	Легкий оттенок	Хороший	Хорошая	Немного, мелкие	— « —	— « —	— « —	
7	Умеренный оттенок	Средний	Средняя	Многочисленные, мелкие	Несколько мелких прожилок	— « —	— « —	
6	Неприемлемый	Слегка тусклый	Плохая	Очень мало, большие	Много мелких прожилок	— « —	— « —	
5	То же	Тусклый	Очень плохая	Немного, большие	Несколько крупных прожилок	— « —	— « —	
4	— « —	Тусклый	То же	Многочисленные, много крупных, большие прожилок	Очень слабо выраженная	— « —	— « —	
3	— « —	Очень тусклый	— « —	То же	Слабо выраженная	— « —	— « —	
2	— « —	То же	— « —	— « —	Выраженная	Слабое		
— « —	— « —	— « —	— « —	— « —	Очень выраженная	Выраженное		

* Оценивают красный, желтый, зеленый или серый оттенок продукта в целом или тонкого среза с поверхности шортенинга.

** Обычно визуально текстуру оценивают по таким показателям, как наличие щербин, бугорков или пористости.

- все параметры, указанные в таблице. Запись оценок каждой из семи характеристик для каждого образца не обязательна, однако при оценке образца 8 баллов и ниже следует отмечать основные выявленные дефекты.
4. Все продукты следует оценивать объективно независимо от вида продукта, срока хранения или способа обработки.

3.9.4. Оценка внешнего вида маргарина

Назначение: способ характеристики и оценки внешнего вида на поверхности и разрезе и визуальной оценки маргаринов.

Область применения: применим ко всем маргаринам и спредам.

- Аппаратура и оборудование:**
- помещение с постоянно поддерживаемой температурой $(7,0 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$;
 - лампы дневного света, обеспечивающие освещенность исследуемой поверхности 540–1100 лк;
 - термометр с диапазоном измерений от -20 до 50°C и ценой деления $0,5^\circ\text{C}$;
 - шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см.
 - эталоны для определения цветности сливочного масла по методу Хансена.

Методика проведения испытаний:

- Перед испытанием температуру образцов маргарина доводят до $(7,0 \pm 2,5) ^\circ\text{C}$.
- Осторожно раскрывают емкости с маргарином.
- Определяют и записывают температуру образца маргарина с точностью до $0,5^\circ\text{C}$.
- Соскальзывают часть поверхности образца, чтобы открыть его внутреннюю часть.
- Исследуют образец маргарина, используя специальное освещение поверхности образца.
- Оценивают внешний вид маргарина, руководствуясь 10-балльной шкалой. Запись оценок каждой характеристики для каждого образца не обязательна, однако при оценке образца 8 баллов и ниже следует отмечать основные выявленные дефекты.
- Все продукты следует оценивать объективно независимо от вида продукта, срока хранения или способа обработки.

3.9.5. Оценка взбиваемости

Назначение: способ измерения способности пластифицированного шортенинга или маргарина захватывать и удерживать воздух во взбитом тесте, степень аэрации теста является показателем объема выпеченного полуфабриката, его пористости и текстуры.

Область применения: применим ко всем пластифицированным шортенингам и маргаринам, используемым при изготовлении выпеченных полуфабрикатов для торты.



Представительство группы компаний BRUKER
ООО «Брукер»

www.bruker.com
www.bruker.ru

www.bruker.com
www.bruker.ru

Представительство группы компаний BRUKER
ООО «Брукер»



Таблица 3.3. Шкала оценки внешнего вида и консистенции маргаринов

Оценка, баллы по Хансену мраморности с эталоном	Цвет	Поверхность	Пята	Зернистость	Выделение влаги	Поры	Рыхлость
10 Совпадение Отсутствует Идеальный			Отсутствуют	Отсутствует	Отсутствует		Отсутствует
9 То же	То же	Очень хороший	То же	То же	То же	То же	То же
8 ± 1 ед.	— « —	Хороший	— « —	— « —	— « —	— « —	— « —
7 То же	— « —	Слабый	— « —	— « —	— « —	1-2	— « —
6 — « —	Очень мало	Слегка тусклый	— « —	— « —	Очень слабая	— « —	Очень слабая
5 — « —	Мало	Тусклый	— « —	— « —	Слабая	— « —	Слабая
4 ± 2 ед.	Выражена	Тусклый	— « —	Очень мало	Выражена	— « —	Выражена
3 То же	Очень выражена	Очень тусклый	Легкий	Мало	Очень выражена	Слабое	Очень выражена
2 — « —	To же	Выраженный	Много	To же	Zаметное	Свыше 10	Очень сильно выражена
1 — « —	— « —	Очень выраженный	Очень много	— « —	Значительное	To же	To же

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на 3,5 л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления 0,5 °C;
- емкость для измерения плотности;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Температура внесения, °C
Испытуемый шортенинг	227	21-26
Сахар-песок	454	21-26
Цельные яйца	227	10-15

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают сахар и шортенинг, помещают их в чашу миксера и взбивают на второй скорости в течение 5 мин. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют половину яиц и продолжают взбивать на второй скорости в течение 2,5 мин. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют оставшиеся яйца и продолжают взбивать на второй скорости в течение 2,5 мин. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивать на второй скорости в течение 5 мин. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность, затем зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивать на второй скорости в течение 5 мин. Миксер останавливают, записывают плотность и температуру взбитой массы.

Запись результатов: объем полученной взбитой массы можно выражать либо через плотность ($\text{г}/\text{см}^3$), либо через удельный объем ($\text{см}^3/100 \text{ г}$). Объем рассчитывают умножением величины, обратной плотности, на 100. Объем можно также определять «прямым» способом, который заключается в измерении объема 100 г взбитой массы в мерном цилиндре.

3.9.6. Испытание на круглом фунтовом кексе

Назначение: способ оценки взбиваемости пластифицированных шортенингов и маргаринов по объему, пористости и текстуре фунтового кекса, изготовленного без химических разрыхлителей.

Область применения: применим для всех пластифицированных шортенингов и маргаринов, предназначенных для изготовления выпеченных полуфабрикатов для торты.

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на 3,5 л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- чаша для определения плотности, мерная;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;



- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления $0,5$ °C;
- стандартная форма для выпекания, выстланная бумагой, вместимостью 1 фунт (450 г);
- печь для выпекания;
- волюметр для мучных кондитерских изделий, работающий по принципу вытеснения мелких семян.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Стадия замеса
Испытуемый шортенинг	340	Первая
Кондитерская мука	340	
Сахар-песок	681	
Соль	7	
Питьевое молоко	142	
Питьевое молоко	227	Вторая
Цельные яйца	340	
Кондитерская мука	340	Третья

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают ингредиенты для первой стадии замеса в чашу миксера и взбивают 30 с на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Взбивают 2 мин на второй скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Взбивать еще 2 мин на второй скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют половину ингредиентов второй стадии замеса и взбивают 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют муку третьей стадии замеса и вымешивают 1 мин на первой скорости.
- Добавляют остаток жидкости от второй стадии и вымешивают 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Взбивают 5 мин на первой скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру взбитого теста.
- Отвешивают 510 г взбитого теста в форму для выпекания и выпекают 60 – 65 мин при 180 °C.
- Вынимают кекс из формы, охлаждают в течение 2 ч, определяют массу и объем выпеченного изделия, затем оценивают характеристики мякиша.

3.9.7. Определение объема крема

Назначение: способ определения количества воздуха, который может захватывать и удерживать пластифицированный шортенинг или маргарин в креме с низким содержанием влаги.

Область применения: применим ко всем пластифицированным шортенингам и маргаринам, предназначенным для приготовления кремов, как содержащим эмульгаторы, так и без них.

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на $3,5$ л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления $0,5$ °C;
- чаша для определения плотности, мерная;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Температура внесения, °C
Испытуемый шортенинг	227	21–26
Сахарная пудра	908	21–26
Сухое обезжиренное молоко	56	21–26
Соль	7	21–26
Вода	160	21–26

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают все ингредиенты в чашу миксера и взбивают 2 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивать на третьей скорости в течение 5 мин. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность, затем зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивать на третьей скорости в течение 5 мин. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру крема.

Запись результатов: объем полученного крема можно выражать либо через плотность ($\text{г}/\text{см}^3$), либо через удельный объем ($\text{см}^3/100$ г). Объем рассчитывают умножением величины, обратной плотности, на 100 . Объем можно также определять «прямым» способом, который заключается в измерении объема 100 г крема в мерном цилиндре.

3.9.8. Испытания на белом кексе со 140% сахара

Назначение: способ оценки способности к эмульгированию шортенингов и эмульгирующей системы по объему, характеристикам наружной поверхности и мякиша выпеченного кекса, изготовленного по рецептуре с высоким содержанием сахара и яиц.

Область применения: применим для оценки всех шортенингов для МКИ, содержащих эмульгаторы, и эмульгирующих систем.

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на $3,5$ л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- чаша для определения плотности, мерная;



- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;
- термометр с диапазоном измерений от –20 до 50 °С и ценой деления 0,5 °С;
- две формы для кекса диаметром 20 см, смазанные жиром и проложенные пергаментной бумагой;
- печь для выпекания;
- волюнометр для мучных кондитерских изделий.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Стадия замеса
Испытуемый шортенинг	340	Первая
Сахар-песок	638	
Сухое обезжиренное молоко	42	
Разрыхлитель	28	
Соль	14	
Кондитерская мука	340	
Вода	212	
Яичные белки	340	Вторая
Вода	200	

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают шортенинг и все сухие ингредиенты первой стадии замеса в чашу миксера и предварительно перемешивают в течение 30 с на первой скорости.
- Добавляют воду первой стадии замеса и взбивают в течение 3 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивание в течение 3 мин на первой скорости.
- Добавляют половину жидкости второй стадии замеса и взбивают на первой скорости в течение 1 мин. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют оставшуюся жидкость и взбивают в течение 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивание в течение 4 мин на первой скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру взбитого теста.
- Отвешивают 400 г взбитого теста в каждую из двух форм для выпечки.
- Выпекают кексы в течение примерно 22 мин при 180 °С.
- Вынимают готовые кексы из форм, охлаждают в течение 2 ч, разрезают каждый из них пополам, оценивают характеристики мякиша, определяют и записывают массу и объем обоих кексов.

3.9.9. Испытания на белом кексе со 105% сахара

Назначение: способ оценки способности к эмульгированию шортенинов, не содержащих эмульгаторов, по характеристикам выпеченного кекса с пониженным содержанием сахара.

Область применения: применим для оценки всех шортенинов для МКИ, не содержащих эмульгаторов.

ИССЛЕДОВАНИЕ

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на 3,5 л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- чаша для определения плотности, мерная;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;
- термометр с диапазоном измерений от –20 до 50 °С и ценой деления 0,5 °С;
- две формы для кекса диаметром 20 см, смазанные жиром и проложенные пергаментной бумагой;
- печь для выпекания;
- волюнометр для мучных кондитерских изделий.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Стадия замеса
Испытуемый шортенинг	140	Первая
Сахар-песок	475	
Сухое обезжиренное молоко	28	
Разрыхлитель	28	
Соль	21	
Кондитерская мука	454	
Вода	227	
Яичные белки	255	Вторая
Вода	154	

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают шортенинг и все сухие ингредиенты первой стадии замеса в чашу миксера и предварительно перемешивают в течение 30 с на первой скорости.
- Добавляют воду первой стадии замеса и взбивают в течение 2 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивание в течение 2,5 мин на первой скорости.
- Добавляют половину жидкости второй стадии замеса и взбивают на первой скорости в течение 1 мин. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Добавляют оставшуюся жидкость и взбивают в течение 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Продолжают взбивание в течение 3,5 мин на первой скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру взбитого теста.
- Отвешивают 400 г взбитого теста в каждую из двух форм для выпечки.
- Выпекают кексы в течение примерно 22 мин при 180 °С.
- Вынимают готовые кексы из форм, охлаждают в течение 2 ч, разрезают каждый из них пополам, оценивают характеристики мякиша, определяют и записывают массу и объем обоих кексов.

3.9.10. Испытания на домашнем белом кексе

Назначение: способ оценки способности к эмульгированию шортенинов для домашней кулинарии по объему, характеристикам наружной поверхности и мякиша



выпеченного белого кекса, изготовленного с применением ингредиентов и оборудования, применяемых при выпечке в домашних условиях.

Область применения: применим для оценки всех шортенингов для домашней кулинарии.

Аппаратура и оборудование:

- бытовой миксер с венчиками и большой чашей;
- резиновая лопаточка-шпатель;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления $0,5$ °C;
- чаша для определения плотности, мерная;
- две формы для кекса диаметром 20 см, смазанные жиром и проложенные пергаментной бумагой;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- бытовая духовка.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Стадия замеса
Испытуемый шортенинг	100	Первая
Сахар-песок	260	
Разрыхлитель	12	
Соль	6	
Кондитерская мука	200	
Питьевое молоко	160	
Яичные белки	132	Вторая
Питьевое молоко	96	

Методика проведения испытаний:

- Отвешивают шортенинг и все сухие ингредиенты первой стадии замеса в чашу бытового миксера.
- Взбивают все эти ингредиенты вместе на первой скорости в течение 1 мин.
- Добавляют питьевое молоко первой стадии замеса и взбивают в течение 30 с на первой скорости.
- Взбивают в течение 2 мин на второй скорости, часто зачищая стенки чаши.
- Добавляют жидкости второй стадии замеса и взбивают на третьей скорости в течение 30 с.
- Взбивают на четвертой скорости в течение 2 мин, часто зачищая стенки чаши.
- Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру взбитого теста.
- Отвешивают 400 г взбитого теста в каждую из двух форм для выпечки и выпекают кекс в течение примерно 21 мин при 180 °C.
- Вынимают готовые кексы из форм, охлаждают в течение 2 ч, разрезают каждый из них пополам, оценивают характеристики мякиша, определяют и записывают массу и объем обоих кексов.

3.9.11. Испытание на кремовых начинках

Назначение: способ оценки способности шортенингов и эмульгирующих систем к аэрированию до удельного объема более 200 см 3 /100 г в рецептуре кремовой начинки и обеспечению стабильной консистенции без отделения влаги, даже при повышении температур хранения.

Область применения: применим для оценки пластифицированных шортенингов, предназначенных для приготовления начинок для пирожных, и других МКИ.

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на 10 л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- чаша для определения плотности, мерная;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления $0,5$ °C;
- воронка из пирекса диаметром 10 см;
- штатив для воронки;
- мерный цилиндр вместимостью 50 см 3 с ценой деления 1 см 3 ;
- термостат, поддерживающий температуру 38 °C;
- два полиэтиленовых пакета;
- выпеченный полуфабрикат шоколадного торта в виде квадрата 10×10 см.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Температура внесения, °C
Испытуемый шортенинг	567	21–24
Сахарная пудра	908	21–24
Сухое обезжиренное молоко	142	21–24
Соль	7	21–24
Вода, порция № 1	71	21–24
Вода, порция № 2	199	21–24
Вода, порция № 1	185	21–24

Методика изготовления начинки:

- Отвешивают шортенинг и все сухие ингредиенты первой стадии замеса в чашу миксера.
- Добавляют первую порцию воды и взбивают в течение 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Взбивают в течение 10 мин на второй скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность взбитой массы.
- Добавляют вторую порцию воды и взбивают в течение 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
- Взбивают в течение 5 мин на второй скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность взбитой массы.
- Добавляют третью порцию воды и взбивают в течение 1 мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.



7. Взбивают в течение 5 мин на второй скорости. Миксер останавливают, определяют и записывают плотность и температуру взбитой кремовой начинки.

Методика проведения испытаний на отделение воды:

- Складывают пергаментный круг диаметром 20 см в четыре раза и отрезают около 1 см от угла.
- Ровно укладывают сложенный пергамент в стеклянную воронку и отрезают часть, выступающую над воронкой.
- Отвешивают в воронку 200 г кремовой начинки. Тщательно выравнивают верхнюю часть начинки в виде округлого холмика.
- Помещают воронку в штативе в термостат при 38 °C и подставляют под воронку мерный цилиндр.
- Определяют и записывают количество влаги в мерном цилиндре после выдержки в течение 24 ч при 38 °C.

Методика проведения испытаний свойств начинки:

- Разрезают квадратный полуфабрикат шоколадного торта размером 10 × 10 см на два слоя.
- Отвешивают 50 г начинки, помещают на один слой и равномерно распределяют по поверхности, оставшуюся часть полуфабриката помещают поверх начинки.
- Разрезают полученный торт на две части, каждая размером 5 × 10 см. Укладывают каждую из них в отдельный полиэтиленовый пакет и герметически запечатывают.
- Помещают одну часть в термостат при 38 °C, а другую оставляют при комнатной температуре (24 ± 1) °C.
- После выдержки в течение 6 дней оценивают уменьшение слоя начинки или ее впитывание полуфабрикатом.
- Записывают сведения об уменьшении начинки следующим образом: уменьшение отсутствует, незначительно, мало, существенное, полное впитывание или другими описательными терминами.

3.9.12. Испытания на сухом полуфабрикате белого кекса

Назначение: способ оценки способности к аэрированию, смазыванию, барьерных свойств по отношению к влаге и структурных свойств, обеспечиваемых используемым шортенингом, путем изготовления сухого полуфабриката белого кекса по основной рецептуре и его последующего приготовления вручную.

Область применения: применим ко всем шортенингам, используемым для сухих полуфабрикатов.

Аппаратура и оборудование:

- сито с отверстиями 1,6 мм;
- миксер с чашей на 3,5 л и насадками для перемешивания;
- бытовой миксер с венчиками и большой чашей;
- чаша для определения плотности, мерная;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;

- резиновая лопаточка-шпатель;
- термометр с диапазоном измерений от -20 до 50 °C и ценой деления 0,5 °C;
- две формы для кекса диаметром 23 см, смазанные жиром и проложенные пергаментной бумагой;
- печь для выпекания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах.

Рецептура:

Изготовление сухого полуфабриката		Изготовление выпеченного полуфабриката	
Ингредиенты	Расход, г	Ингредиенты	Расход, г
Кондитерская мука	392	Сухой полуфабрикат	567
Сахарная пудра	442	Вода	240
Сухое обезжиренное молоко	35	Яичные белки	66
Соль	10	Итого:	873
Пищевая сода	7		
Кислота для выпечки монокальций фосфат (MCP или V-90, E341i)	7		
Кислота для выпечки дикальций фосфат (DCP, E341ii)	7		
Лецитин	1		
Испытуемый шортенинг	99		
Итого:	1000		

Методика изготовления сухого полуфабриката:

- Просеивают смесь муки и сахара дважды.
- Просеивают смесь всех остальных сухих ингредиентов пять раз.
- Объединяют все сухие ингредиенты и просеивают эту смесь пять раз.
- Помещают просеянную смесь сухих ингредиентов в чашу миксера вместимостью 3,5 л.
- Смешивают лецитин с шортенингом при помощи металлического шпателя.
- Добавляют смесь шортенинга и лецитина в смесь сухих ингредиентов небольшими порциями при перемешивании на первой скорости в течение 1 мин. Зачищают чашу и насадку, затем вымешивают 5 мин на первой скорости.
- Продавливают смешанный сухой полуфабрикат сквозь сито резиновой лопаточкой-шпателем два раза.
- Повторно вымешивают сухой полуфабрикат в чаше миксера в течение 5 мин на первой скорости.
- Записывают способ смешивания шортенинга с сухой смесью и описывают внешний вид сухого полуфабриката.

1. Отвешивают 567 г сухого полуфабриката в чашу для бытового миксера.
2. Добавляют яичные белки и воду, вымешивают в течение 1 мин на первой скорости.
3. Взбивают 4 мин на пятой скорости, постоянно зачищая края чаши резиновой лопаточкой.
4. Определяют и записывают плотность и температуру взбитого теста.
5. Отвешивают 425 г взбитого теста в каждую из подготовленных форм для выпекания кексов.
6. Выпекают при 180 °С до готовности, примерно 25 мин.
7. Вынимают выпеченные кексы из форм и охлаждают в течение 2 ч.
8. Разрезают каждый кекс пополам, оценивают и записывают характеристики мякиша.
9. Определяют и записывают массу и объем обоих кексов.

3.9.13. Испытание на бездрожжевом слоеном тесте

Назначение: способ оценки сравнительной способности шортенингов или маргаринов «поднимать» или «расслаивать» очень легкие, хлопьевидные бездрожжевые слоеные изделия без начинки, рожки с кремом, турнаверы и другие слоеные изделия.

Область применения: применим к маргаринам на водной или молочной эмульсии, а также к жирам для слоенного теста, или любым другим жирам, предлагаемым для изготовления слоенного теста

Аппаратура и оборудование:

- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- миксер с чашей на 13 л и насадкой в виде крюка для вымешивания теста;
- толстый пластмассовый скребок для зачистки чаши;
- противень размером 40 × 60 см для каждого испытания;
- влажное полотенце для накрывания теста;
- холодильник, обеспечивающий температуру в диапазоне от 3 до 6 °С;
- мука для подсыпки;
- скалка;
- щетка для сметания муки со стола;
- два металлических калибровочных стержня диаметром 1,6 мм и длиной 61 см;
- два металлических калибровочных стержня диаметром 9,5 мм и длиной 61 см;
- одна металлическая круглая выемка диаметром 8,5 см с острым краем для вырезания теста;
- одна металлическая круглая выемка диаметром 6,0 см с острым краем для вырезания теста;
- щетка для сметания муки с теста;
- банки цилиндрические, с широким горлышком, вместимостью 115 г, по 12 шт. для каждого испытания;
- печь для выпекания;
- рулетка.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Оцениваемая стадия
Хлебопекарная мука	1248	Смешивание
Кондитерская мука	227	
Испытуемый жир для слоения	227	
Соль	14	
Чистый винный камень ¹ (тартрат калия-натрия, Е337)	14	
Холодная вода (4–13 °С)	794	Замес теста
Цельные яйца	227	
Испытуемый жир для слоения	1248	Прокатка

Методика проведения испытаний:

1. Замес теста:
 - Отвешивают сухие ингредиенты и испытуемый жир в чашу на 13 л.
 - Вымешивают 2–3 мин на первой скорости до получения частиц жира размером с горошину.
 - Добавляют воду и цельные яйца, затем вымешивают 45 с на второй скорости. Выключают миксер и убирают чашу.
2. Формовка и отлежка теста:
 - Вынимают тесто из чаши на слегка посыпанный мукой противень.
 - Формуют тесто в виде прямоугольника или овала около 10 см толщиной.
 - Накрывают тесто влажным полотенцем.
 - Оставляют тесто для отлежки в холодильнике примерно на 30 мин.
 - Вынимают тесто из холодильника.
3. Прокатка теста с жиром:
 - Тщательно раскатывают тесто скалкой, чтобы сформировать прямоугольный пласт примерно 1,0–1,5 см толщиной. Прямоугольник нужно формировать раскатыванием в двух направлениях от правых углов таким образом, чтобы его длина была в три раза больше, чем ширина.
 - Помещают испытуемый жир, предварительно измельченный до маленьких комочеков или кубиков, на тесто, равномерно распределяя по $\frac{2}{3}$ поверхности пластика, оставляя правую $\frac{1}{3}$ поверхности свободной от жира.
 - После распределения всего количества жира заворачивают часть пласта без жира налево, закрывая половину пластика с жиром. Затем заворачивают оставшуюся поверхность пластика, покрытую жиром, направо, поверх первого слоя теста. Таким образом формируется пять чередующихся слоев теста и жира.
4. Первая прокатка:
 - Снова тщательно и равномерно раскатывают сложенное тесто скалкой, формируя прямоугольный пласт толщиной около 1,5 см и примерно в три раза больше в длину, чем в ширину.

¹ В России при изготовлении теста для бездрожжевых слоенных изделий обычно используют лимонную кислоту. – Примеч. ред.



- Повторно складывают тесто так же, как описано выше – правую треть поверх средней трети, затем левую треть поверх первой трети.
- Помещают свернутое слоеное тесто, теперь имеющее 15 слоев, снова на посыпанный мукой противень, накрыв опять влажным полотенцем, чтобы предотвратить образование корки, и помещают в холодильник на 30 мин.

Последующие прокатки:

- Вынимают тесто из холодильника и повторно прокатывают тесто так же, как описано в первом случае.
- Повторяют прокатку каждые 30 мин до образования 1215 чередующихся слоев теста и жира.
- После пятой повторной прокатки тесто ставят на ночь в холодильник на посыпанном мукой противне, покрыв его влажным полотенцем.

Приготовление слоенных заготовок:

- Вынимают охлажденное тесто из холодильника, отрезают $\frac{1}{3}$ теста для приготовления заготовок, остаток помещают обратно в холодильник.
- Отрезанную треть теста раскатывают в пласт толщиной 1,6 мм. Для регулирования толщины теста используют соответствующие калибровочные стержни.
- Вырезают 12 круглых заготовок теста выемкой диаметром 8,5 см. Помещают круглые заготовки теста на противень, покрытый пергаментом, протыкают их кухонной вилкой не менее шести раз и слегка зачищают их поверхность щеткой с водой.
- Раскатывают оставшуюся часть теста до толщины 9,5 мм. Для регулирования толщины теста используют соответствующие калибровочные стержни. Вырезают 12 круглых заготовок диаметром 8,5 см, затем более маленькой выемкой диаметром 6,0 см вырезают центральную часть каждой заготовки так, чтобы получились кольца.
- Осторожно помещают кольца на каждую из круглых заготовок на противне. Предварительно следует убедиться, что на обеих поверхностях колец отсутствует мука.
- Помещают цилиндрическую банку с широким горлышком внутрь каждой заготовки непосредственно перед выпеканием. Другой противень помещают на верхнюю часть банок, чтобы они оставались вертикальными в процессе выпекания.
- Выпекают при 195 °C примерно 35 мин до готовности.

Методика оценки:

- Определяют степень подъема по высоте пяти выпеченных заготовок, осторожно сложенных одна на другую. Удовлетворительной считается высота 5 заготовок не менее 30 см.
- Оценивают количество выпотиавшегося жира на пергаменте, которым выстилали поверхность противня.
- Взвешивают 5 заготовок, которые использовались для измерения высоты.
- Сравнивают результаты испытаний с результатами, полученными при использовании наиболее распространенных промышленных жировых продук-

тов общепринятыми на рынке. Возможно также сравнение с полученными ранее результатами испытаний жировых продуктов, признанных удовлетворительными.

3.9.14. Испытание на обжаривание во фритюре

Назначение: способ определения устойчивости фритюрных жиров и масел к гидролизу, окислению и полимеризации при непрерывном нагревании и жарке пищи по определенному графику, что приводит к вспениванию, появлению посторонних привкусов, дымообразованию, потемнению, смелообразованию и другим признакам термического разложения.

Область применения: применим ко всем фритюрным жирам и маслам.

Аппаратура и оборудование:

- производственная фритюрница с корзинами, минимальной вместимости;
- термометр с диапазоном измерения от -20 до 250 °C и ценой деления 1 °C;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- свежий картофель;
- картофелечистка;
- машина для нарезки картофеля фри;
- химический стакан для определения температуры помутнения жира с меткой, соответствующей 50 г жира;
- сверло для пробок диаметром 9 мм;
- острый нож;
- стальная линейка с ценой деления 1 мм;
- кольцевой штатив;
- проволочное сито;
- вытяжной шкаф;
- холодильник.

Методика проведения испытаний жарки:

1. Ошпаривают фритюрницу и корзины щелочным моющим раствором, промывают чистой водой, нейтрализуют раствором уксуса и осушают бумажным полотенцем.
2. Осматривают котел фритюрницы, нагревательный элемент и места возможного износа, где возможен контакт латуни или меди с жироющей средой. Не допускается использование оборудования, которое могло бы повлиять на результаты испытаний.
3. Отвешивают 6 350 г испытуемого фритюрного жира или масла в котел фритюрницы.
4. Начинают проведение испытаний жарки с утра. Нагревают фритюрный жир или масло и устанавливают температуру жарки (182 ± 5) °C. Необходимо непрерывно поддерживать эту температуру жироющей среды до завершения испытаний, не считая прерывания испытаний на выходные. Первую жарку следует производить сразу же после достижения требуемой температуры.

5. Чистят и нарезают для жарки фри только достаточно свежий картофель в расчете на один рабочий день – 675 г на фритюрницу. Картофель промывают в холодной воде, чтобы смыть с его поверхности крахмал. Перед каждой жаркой избыток влаги удаляют путем высушивания и промокания картофеля между полотенцами до взвешивания. В течение суток в каждой фритюрнице жарят 225 г картофеля фри в течение 7 мин, проводя жарку три раза через каждые 3 ч за период 9 ч.
6. По истечении каждого суток измеряют высоту пены, определяют цветность в единицах красного по Ловибонду, содержание свободных жирных кислот и йодное число каждого испытуемого фритюрного жира.
7. Следует проводить органолептические испытания картофеля фри после каждой жарки, чтобы выявить и зафиксировать любые дефекты вкуса или внешнего вида, на которые влияет фритюрный жир.
8. Во время каждой жарки следует проверять внешний вид фритюрного жира и отмечать все его характеристики. Осматривать жир следует после 1,5 мин жарки, чтобы дать пузырькам влаги рассеяться. Следует фиксировать цвет фритюрного жира, дымообразование или его отсутствие, запах, образование смол на котле, тенденцию к пенообразованию и любые другие изменения.
9. Испытание жарки заканчивается после образования устойчивой пены, что подтверждается результатом испытания на пенообразование, показывающем при измерении высоту пены не менее 25 мм. Описание характеристик пенообразования и шкала оценки следующие:

Описание пены	Характеристика пенообразования	Высота пены, мм
Отсутствует	Обычная жарка	0
Следы	Первое появление пены	3
Немного	Возрастание интенсивности пенообразования	6
Заметное количество	Заметные участки пены	12
Неисчезающая	Пена, не исчезающая до удаления обжариваемого продукта	25

Методика проведения испытаний на пенообразование:

1. Наливают 50 г испытуемого фритюрного жира в химический стакан для определения температуры помутнения.
2. Нагревают до 200 °C горелкой Бунзена.
3. Убирают горелку.
4. Сразу же опускают в нагретый жир 6 предварительно вырезанных сверлом цилиндрических кусочков картофеля диаметром 9 мм и длиной 13 мм.
5. Записывают высоту пены по истечении 1,5 мин, необходимых для рассеивания пузырьков влаги. Высоту пены определяют путем измерения фактической высоты пены над поверхностью жира на расстоянии не менее 6 мм, чтобы учесть перемещения кусочков картофеля.

Методика расчета стабильности жарки:

Продолжительность жарки t рассчитывают путем суммирования времени t_i , требующегося для достижения конечной точки по каждому измеряемому показателю качества жира, и последующего деления общей суммы на количество показателей качества n . Например:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{n},$$

где t – общая продолжительность жарки, ч; t_1 – время, требующееся для достижения неисчезающей пены, ч; t_2 – время, требующееся для достижения содержания свободных жирных кислот 1%, ч; t_3 – время, требующееся для достижения цветности 6 ед. красного по Ловибонду, ч; n – количество показателей качества, в данном случае $n = 3$.

3.9.15. Оценка глазури мороженого

Назначение: способ оценки функциональных свойств жиров для глазурей в глазури для мороженого.

Область применения: применим ко всем жирам для глазурей, предназначенных для мороженого.

Аппаратура и оборудование:

- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- сито;
- пилотная установка для нанесения глазури на кондитерских жирах или бытовой миксер для кухни, насадки для взбивания, маленькая чаша для взбивания и нагревающее устройство, способное поддерживать температуры 52 и 40 °C;
- секундомер;
- термометр с диапазоном измерения от –20 до 100 °C;
- прямоугольная пластиковая лента толщиной примерно 0,5 мм;
- морозильная камера, способная поддерживать температуру –23 °C;
- неглазированные брикеты мороженого.

Рецептура:

Ингредиенты	Расход	
	г	%
Испытуемый жир для глазурей	342	57,0
Сахарная пудра сверхтонкого измельчения	120	20,0
Сухое обезжиренное молоко	28	4,7
Тертое какао	108	18,0
Лецитин	2	0,3

Методика проведения испытаний:

1. Все сухие ингредиенты просеивают, взвешивают и помещают их в чашу для взбивания.



2. К растопленному жиру, имеющему температуру $(51,5 \pm 2,5)^\circ\text{C}$, добавляют лецитин и тщательно перемешивают.
3. Добавляют примерно одну треть растопленного жира к сухим ингредиентам и перемешивают на низкой скорости до пастообразного состояния.
4. Добавляют оставшийся растопленный жир и тщательно перемешивают.
5. Доводят температуру глазури до $(40,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ и поддерживают в этом состоянии около 30 мин.
6. Быстро опускают замороженный брикет мороженого в жидкую глазурь, позволяя ему оставаться в глазури не более 3 с.
7. Сразу после удаления брикета из жидкой глазури включают секундомер.
8. Держат брикет под углом 45° , позволяя глазури стекать.
9. Как только глазурь перестает капать с брикета и подсыхает, ее блеск и глянец уменьшаются; следует зарегистрировать время с точностью до секунды — время высыхания.
10. Сразу после этого начинают царапать покрытую глазурью поверхность уголком пластикового прямоугольника, нанося штрихи около 5 см длиной при умеренном давлении. Когда пластмасса перестанет прорезать глазурь и начинает срезать тонкую стружку глазури, с точностью до секунды фиксируют время, прошедшее после вынимания брикета из глазури — время затвердевания.
11. Через равные промежутки времени прокалывают глазированный брикет. Когда глазурь начинает похрустывать, фиксируют прошедшее время с точностью до секунды — время появления ломкости.
12. Определение времени высыхания, затвердевания и появления ломкости повторяют дважды.

3.9.16. Оценка шортенинга для начинки печенья-сэндвичей

Назначение: способ оценки функциональных свойств пластифицированного шортенинга для начинки печенья (органолептических характеристик, консистенции, аэрирования, обрабатываемости и стабильности при хранении) с использованием унифицированного метода испытаний.

Область применения: применим ко всем пластифицированным шортенингам для печенья-сэндвичей или шортенингам для вафельных начинок.

Аппаратура и оборудование:

- миксер с чашей на 3,5 л и насадками для взбивания;
- настольные весы с чашей и шкалой в граммах;
- ручное сито;
- термометр с диапазоном измерения от -20 до 50°C ;
- чаша для определения плотности, мерная, вместимостью 200 cm^3 ;
- шпатель из нержавеющей стали с лезвием длиной 15 см;
- банки вместимостью 225 cm^3 с металлическими крышками, 2 шт.;
- плоские заготовки для печенья-сэндвичей, 48 шт.;
- полиэтиленовые пакеты с клипсами или зажимами, 2 шт.;
- камера с постоянной температурой 38°C .

Рецептура:

Ингредиенты	Расход, г	Температура внесения, $^\circ\text{C}$
Шортенинг	375	21–25
Декстроза	284	21–25
Сахарная пудра стандартного измельчения	476	21–25

Методика проведения испытаний:

1. Просеивают смесь декстрозы и сахарной пудры.
2. Отвешивают шортенинг, помещают его в чашу миксера и перемешивают $\frac{1}{2}$ мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
3. Добавляют половину предварительно просеянного сахара в чашу с шортенингом. Перемешивают $\frac{1}{2}$ мин на первой скорости. Миксер останавливают, добавляют оставшийся просеянный сахар и перемешивают $\frac{1}{2}$ мин на первой скорости. Миксер останавливают, зачищают чашу и насадку.
4. Взбивают начинку 5 мин на второй скорости. Миксер останавливают и записывают плотность и температуру начинки. Зачищают чашу и насадку.
5. Взбивают начинку 5 мин на второй скорости. Миксер останавливают и записывают плотность и температуру начинки. Оценивают внешний вид и консистенцию начинки.

Внимание: Температура готовой начинки должна быть $(32,0 \pm 1,5)^\circ\text{C}$.

6. В две банки вместимостью 225 cm^3 помещают по 100 г начинки, плотно закрывают и хранят одну банку при комнатной температуре $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$, вторую — при 38°C .
7. Изготавливают 24 печенья-сэндвича, используя в каждом печенье по 4 г начинки.
8. Помещают по 12 шт. печенья в два полиэтиленовых пакета, закрывают их зажимами и хранят один пакет при комнатной температуре $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$, второй — при 38°C .
9. Трижды в неделю проводят органолептическую оценку начинки и печенья на консистенцию, вкус и запах.

Литература

1. American Oil and Chemists' Society, *The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* — 4th ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1994.
2. Farr, W. E. Refining of fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. E., eds. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 142–145.
3. Mertens, W. G. Fat melting point determinations: a review // *JAOCS*, 1983, 50, 115–118.
4. Erickson, D. R. Finished-product testing // *JAOCS*, 1967, 44, 536A–538A.
5. Mehlenbacher, V. C. Newer analytical methods for the fat and oil industry // *JAOCS*, 1960, 37, 615.
6. Miller, W. J. et al. The measurement of fatty solids by differential scanning colorimetry // *JAOCS*, 1969, 46, 341–343.



7. Bentz, A. P., Breidenbach, B. G. Evaluation of the differential scanning calorimetric method for fat solids // *JAOCS*, 1969, 46, 60–63.
8. O'Brien, R. D. Formulation-single feedstock situation // *Hydrogenation: Proceedings of an AOCS Colloquium* / Hasten, R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1987. – P. 156.
9. Bailey, A. E. Melting and Solidification of Fats // *Interscience*, New York, 1950. – P. 300–308.
10. Weiss, T.J. *Food Oils and Their Uses* – 2nd ed. – Westport, CN: AVI Publishing, 1983. – P. 19–21.
11. Rilson, T., Hoffmeyer, L. High performance liquid chromatography analysis of emulsifiers. 1. Quantitative determinations of mono- and diacylglycerols of saturated fatty acids // *JAOCS*, 1978, 55, 649–652.
12. Lauridsen, J. B. Food emulsifiers, surface activity, edibility, manufacture, composition, and application // *JAOCS*, 1976, 53, 400–407.
13. Sleeter, R. T. Effects of processing on quality of soybean oil // *JAOCS*, 1981, 58, 242.
14. Evans, C. D. Flavor evaluation of fats and oils // *JAOCS*, 1955, 32, 596.
15. Kramer, A. and Twigg, B. A. *Quality Control for the Food Industry* – Westport, CN: AVI Publishing, 1970. – P. 108–115.
16. Williams, J. L., Applewhite, T. H. Correlation of the flavor scores of vegetable oils with volatile profile data // *JAOCS*, 1977, 54, 461.
17. Min, D. B. Analysis of flavor qualities of vegetable oils by gas chromatography // *JAOCS*, 1983, 60, 544–545.
18. Lezerovich, A. Determination of peroxide value by conventional difference and difference-derivative spectrophotometry // *JAOCS*, 1985, 62, 1495.
19. White, P.J. *Flavor quality of fats and oils*, in *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. E., eds. – 2nd ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 358–360, 362–364.
20. Sessa, D. J., Rakis, J. J. Lipid-derived flavors of legume protein products // *JAOCS*, 1977, 54, 468.
21. Mehlenbacher, V. C. A study of methods of accelerating the swift stability test // *JAOCS*, 1942, 19, 137–139.
22. Hassel, R. L. Thermal analysis: an alternative method of measuring oil stability // *JAOCS*, 1976, 53, 179–181.
23. Hill, S. E. Comparisons, measuring oxidative stability // *INFORM*, 1994, 5, 104–109.
24. Sleeter, R.T. Instrumental analytical methods for edible oil processing, present and future // *JAOCS*, 1983, 60, 343–349.
25. de Man, J. M., de Man, L. Automated AOM test for fat stability // *JAOCS*, 1984, 61, 534–536.
26. Dugan, L. Stability and rancidity // *JAOCS*, 1955, 32, 605–608.
27. Chamberlin, G. J. Comments on the use of the Lovibond system // *JAOCS*, 1968, 45, 711.
28. Belbin, A. A. Color in oils // *INFORM*, 1993, 4, 648–654.
29. Anon., Color methodology // *INFORM*, 1993, 4, 706–707.
30. James, E. M. The determination of refining loss // *JAOCS*, 1955, 32, 581–587.
31. Linteris, L., Handschumaker, E. Investigation of methods for determining the refining efficiency of crude oils // *JAOCS*, 1950, 27, 260–263.
32. Pyler, E. J. *Baking Science and Technology* – Chicago, IL: Siebel Publishing Company, 1952. – P. 568.

Глава 4

Состав и свойства жиров и масел

4.1. Введение

Жиры и масла играют очень важную роль в рецептурах и процессах изготовления самых разных пищевых продуктов. Большинство традиционных американских блюд нельзя приготовить без жира и масла. К таким блюдам относятся изделия, обжаренные на сковороде и во фритюре, хлебобулочные изделия, соусы и дрессинги для салатов, заменители молочных продуктов, взбитые сливки, кондитерские изделия, пирожные и печенье, арахисовое масло, спреды и т. д. Многие характеристики этих продуктов определяются масложировыми ингредиентами в их рецептуре. Жиры и масла влияют на структуру, стабильность, вкус, сроки хранения, органолептические характеристики и товарный вид готовых продуктов. Для достижения требующихся результатов разработчик должен учитывать, что в большинстве случаев требуются масложировые продукты с различными физическими и органолептическими свойствами.

Разработка масложировых продуктов для различных отраслей пищевой промышленности зависит от множества взаимодействующих факторов. Эти факторы могут быть разными у разных заказчиков в зависимости от применяемого оборудования, ограничений технологического процесса, личных предпочтений, контингента потребителей и множества других особенностей. В настоящее время многие масложировые продукты вырабатываются под заказ в целях удовлетворения требований определенного заказчика, а также для обеспечения привлекательного товарного вида готовых продуктов. Критерии разработки продукта общего назначения должны более широко учитывать природу жиров, чем при разработке специальных жиров, предназначенных для конкретного процесса.

Важные характеристики жиров или масел, используемых в рецептурах пищевых продуктов, могут сильно варьироваться. Иногда вкус шортенинга незначительно сказывается на вкусе готового продукта, но тем не менее благоприятно влияет на его органолептические показатели. Этот факт можно проиллюстрировать на примере обезжиренных продуктов, получивших популярность в последнее время.

Большинство этих продуктов имеют недостаточно выраженные органолептические качества, обусловленные присутствием жиров. Во многих продуктах, таких как кексы, хрустящие пироги, глазури, печенье и некоторые кондитерские изделия, используемые жиры и масла определяют характерную структуру и органолептические особенности, наряду со значительным влиянием на качество готового продукта в целом.

Полное понимание функций и свойств различных масложировых продуктов является основным ключом к созданию рецептуры продукта с желательными свойствами. Жиры и масла получают из очень разнообразных видов сырья, для которых были созданы методы переработки, позволяющие получить продукт, пригодный для пищевой промышленности. Также были разработаны химические аналитические методы их определения.

Удовлетворительные функциональные свойства масложировых продуктов зависят от нескольких важных показателей, которые и определяют пригодность жира для определенного направления использования. Разработчики рецептур жировых продуктов должны выделять важные признаки и эффективно использовать различные функциональные свойства имеющихся в распоряжении жиров и масел, чтобы удовлетворить требования производителей пищевых продуктов. Успешное производство жировых продуктов основано на обработке смеси жиров, позволяющей добиться соответствующих физических характеристик и предотвратить нежелательные изменения в процессе изготовления и после его окончания. Важнейшие характеристики жиров и масел, которые необходимо учитывать при разработке рецептуры любого продукта, приведены ниже.

- Вкус и запах.** Обычно масложировые продукты должны иметь полностью обезличенный нейтральный вкус и запах, поскольку в готовых пищевых продуктах этот показатель проявляется в большей степени, чем в жире или масле, входящем в состав продукта. В отдельных случаях типичный вкус, например, вкус топленого свиного жира или сливочного масла, является желательным, однако возвратный привкус исходного сырья или окисленный вкус и запах для большинства жиров и масел неприемлем.

- Стабильность вкуса.** Нейтральный или характерный вкус жира должен быть стабилен на протяжении всего срока годности готового пищевого продукта. Масложировые продукты должны обладать определенной степенью устойчивости к ухудшению вкуса вследствие окислительных или липолитических процессов.

- Физические свойства.** Каждый жир и масло имеет характерные жирнокислотный состав и распределение жирных кислот в триглицеридах. Физические, функциональные и органолептические свойства жиров и масел отчасти являются функцией жирнокислотного состава, но зависят также от распределения жирных кислот в триглицеридах, входящих в их состав. На консистенцию, пластичность, способность к эмульгированию, взбиваемость, намазываемость, другие свойства жиров и масел, а также готовых продуктов оказывает влияние соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот и их положение в триглицериде, определяющие скорость и температурный диапазон плавления.

- Форма кристаллов.** Жиры и масла полиморфны. Это означает, что в процессе охлаждения формируется ряд все более и более организованных кристаллов, вплоть до достижения устойчивой конечной кристаллической формы. Тип полученных кристаллов определяет структурные и функциональные характеристики большинства продуктов на жировой основе. Многие готовые пищевые продукты представляют собой смеси ингредиентов, закрепленных в матрице твердого жира. В этом случае жир является главным функциональным ингредиентом и связывает другие составные части вместе, одновременно придавая продукту определенную текстуру и органолептические свойства за счет влияния на высвобождение вкуса и распределение твердых частиц во рту.
- Пищевая ценность.** Жиры и масла признаны важными питательными веществами как для людей, так и для животных, поскольку они обладают высокой энергетической ценностью, содержат эссенциальные жирные кислоты, а также служат носителями жирорастворимых витаминов. Однако медицинские исследования показали возможную взаимосвязь между потреблением жиров и частотой коронарной сердечной болезни. Было предложено изменение рациона питания, заключающееся в снижении потребления жиров в целом, особенно насыщенных жиров, а также холестерина и *транс*-изомеров жирных кислот.
- Добавки.** В пищевые масложировые продукты в целях обеспечения необходимых функциональных свойств вносят, помимо упоминавшихся ранее эмульгаторов, множество других химических соединений. Как правило, используются такие категории пищевых добавок, как антиоксиданты, пеногасители, комплексообразователи (инактиваторы металлов), красители, вкусоароматические добавки, ингибиторы кристаллизации, консерванты и эмульгаторы.

Современные технологии дают производителю возможность путем химической и физической обработки изменять одно или более свойств жиров и масел. Можно изготавливать масложировые продукты, имеющие мало сходства с природными жирами и маслами и обеспечивающие особые свойства готовых продуктов. Кроме того, использование различных способов обработки позволяет производителям использовать более широкий диапазон альтернативных источников сырья, что способствует повышению рентабельности. Модификация жиров или их обработка различными способами производится для достижения определенных целей, в частности, следующих:

- Получение масложировых продуктов, имеющих функциональные характеристики, недоступные для натуральных масел или жиров.
- Возможность использования более экономически выгодного сырья для получения жировых продуктов, по функциональности дублирующих более дорогие компоненты.
- Повышение устойчивости к окислению.
- Улучшение органолептических показателей.
- Изменение типа кристаллической структуры.
- Разработка продуктов повышенной пищевой ценности (например, с пониженным содержанием насыщенных жирных кислот и *транс*-изомеров при повышении содержания полиненасыщенных жирных кислот).

4.2. Состав природных масел и жиров

По химическому составу все жиры и масла представляют собой триглицериды или сложные эфиры глицерина и жирных кислот. Поскольку у всех триглицеридов глицериновая часть молекулы идентична, различие свойств жиров и масел обусловлено жирными кислотами, входящими в состав молекул. Влияние жирных кислот зависит от трех основных характеристик:

- длина цепи;
- количество и положение двойных связей;
- положение жирной кислоты на глицеридном остатке.

Жиры и масла содержат жирные кислоты с длиной углеводородной цепи от 4 до 24 атомами углерода. Насыщенные жирные кислоты менее химически активны

Таблица 4.1. Характеристики жирных кислот

Название жирной кислоты	Количество атомов углерода	Количество и изомерия двойных связей	Температура плавления, °C
Масляная	4	0	-8,0
Капроновая	6	0	-3,4
Каприловая	8	0	16,7
Каприновая	10	0	31,6
Лауриновая	12	0	44,2
Миристиновая	14	0	54,4
Тетрадеценовая	14	1, cis	18,5
Пальмитиновая	16	0	62,9
Пальмитолеиновая	16	1, cis	45,0
Маргариновая	17	0	61,3
Марголеиновая	17	1, cis	57,5
Стеариновая	18	0	69,6
Олеиновая	18	1, cis	16,0
Петроселиновая	18	1, изомерия положения	30,0
Элаидиновая	18	1, trans	43,7
Линолевая	18	2, cis, cis	-7,0
Линолэлаидиновая	18	2, trans, trans	56,0
Линоленовая	18	3, cis, cis, cis	-13,0
α-элеостеариновая	18	3, cis, trans, trans	49,0
β-элеостеариновая	18	3, trans, trans, trans	71,0
Арахиновая	20	0	75,3
Бегеновая	22	0	79,9
Эруковая	22	1, cis	33,5
Лигноцериновая	24	0	84,2

и имеют более высокую точку плавления, чем соответствующие жирные кислоты с той же длиной цепи, но имеющие одну или более двойных связей. Самыми важными насыщенными жирными кислотами (без двойных связей) являются масляная ($C_{4:0}$), лауриновая ($C_{12:0}$), миристиновая ($C_{14:0}$), пальмитиновая ($C_{16:0}$), стеариновая ($C_{18:0}$), арахиновая ($C_{20:0}$), бегеновая ($C_{22:0}$) и лигноцериновая ($C_{24:0}$). Жирные кислоты, имеющие больше двойных связей (полиненасыщенные), наиболее химически активны. Наиболее важными полиненасыщенными жирными кислотами или эссенциальными жирными кислотами являются диненасыщенная линолевая ($C_{18:2}$) и триненасыщенная линоленовая ($C_{18:3}$). *Цис-транс*-изомерия (пространственная изомерия) и изомерия положения двойной связи ненасыщенных жирных кислот обуславливают различные физические и физиологические свойства жиров. Так, *цис*-изомеры являются естественной конфигурацией, тогда как *транс*-изомеры и изомеры по положению двойной связи образуются при обработке или нагревании, но в основном при селективной гидрогенизации. Влияние длины цепи, степени ненасыщенности и геометрической изомерии на температуру плавления жирных кислот показано в табл. 4.1 [1, 2]. Структура триглицерида зависит от особенностей соединения жирных кислот с глицерином: являются ли все три жирные кислоты одинаковыми или различаются, какое положение занимает каждая из них. Все эти вариации жирнокислотного состава и структуры триглицеридов влияют на химические и физические свойства жиров, поэтому анализ жирнокислотного и триглицеридного состава наилучшим образом характеризует масложировые продукты.

4.2.1. Низкомолекулярные жирные кислоты

Насыщенные жирные кислоты с длиной цепи от 4 до 10 углеродных атомов присутствуют главным образом в молочном жире, кокосовом и пальмоядровом маслах. Эти низкомолекулярные жирные кислоты оказывают слабое влияние или вообще не влияют на уровень сывороточного холестерина, все они при комнатной температуре находятся в жидком состоянии. Среди всех жирных кислот, обнаруженных в натуральных жирах и маслах, наименьшее количество атомов углерода имеет масляная кислота ($C_{4:0}$). Жир, выделенный из коровьего молока, содержит приблизительно 4% масляной кислоты, которая оказывает влияние на формирование характерного вкуса и аромата сливочного масла, так же как и более низкие количества жирных кислот $C_{6:0}$, $C_{8:0}$ и $C_{10:0}$. Эти жирные кислоты также обуславливают прогорклый привкус масла при высвобождении из триглицеридов в результате гидролиза [1, 3].

4.2.2. Лауриновая кислота

Лауриновая кислота ($C_{12:0}$) является одной из трех наиболее широко распространенных насыщенных жирных кислот, найденных в природе. Две другие – пальмитиновая и стеариновая. Исследования по гигиене питания дают возможность предположить, что лауриновая жирная кислота повышает общую концентрацию сывороточного холестерина и холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛНП) более заметно, чем олеиновая кислота, однако в меньшей степени, чем пальмитино-

вая кислота [1, 3]. Наиболее высокое содержание лауриновой кислоты наблюдается в кокосовом и пальмоядровом маслах – 40–50%. Присутствие лауриновой и низкомолекулярных жирных кислот обуславливает низкую температуру плавления этих тропических масел и чрезвычайно крутую кривую содержания ТТГ, что обеспечивает быстрое плавление, создающее во рту ощущение прохлады.

4.2.3. Миристиновая кислота

Миристиновая кислота ($C_{14:0}$), минорный компонент большинства жиров и масел, является насыщенной жирной кислотой, оказывающей наиболее сильное влияние на уровень холестерина плазмы крови [4]. Кокосовое, пальмоядровое масла и молочный жир содержат заметные количества миристиновой кислоты – обычно 18,1, 16,2 и 10,8% соответственно. Животные жиры также содержат миристиновую кислоту, но в меньших количествах – говяжий и бараний жиры в среднем 3,2%, свиной жир 1,5%.

4.2.4. Пальмитиновая кислота

Пальмитиновая кислота ($C_{16:0}$) является наиболее распространенной насыщенной жирной кислотой; она присутствует в каждом пищевом жире. Исследованиями по гигиене питания было выявлено, что пальмитиновая кислота в большей степени способствует повышению уровня холестерина чем лауриновая, но в меньшей степени, чем миристиновая [4]. Наиболее высокое содержание пальмитиновой кислоты отмечено в пальмовом масле (около 44%), свином жире (около 26%), твердых животных жирах (около 24%) и в хлопковом масле (около 21,5%). Высокое содержание пальмитиновой кислоты обычно показывает, что масложировые продукты будут кристаллизоваться в бета-прим форме (β' -), что положительно оказывается на пластичности, однородности текстуры, аэрируемости и взбиваемости, однако стабилизирующий эффект пальмитиновой кислоты связан также с ее положением в триглицериде. Свиной жир имеет преимущественно асимметричную структуру триглицерида, в котором пальмитиновая кислота находится в положении sn-2, что приводит к образованию β -формы кристаллов. Кристаллическую форму свиного жира можно изменить на β' путем переэтерификации, рандомизирующей распределение жирных кислот и повышающей долю симметричных триглицеридов.

4.2.5. Стеариновая кислота

Стеариновая кислота ($C_{18:0}$) присутствует в большинстве жиров и масел, но в значительных количествах содержится лишь в немногих натуральных жирах и маслах. Самое высокое содержание стеариновой кислоты отмечено в масле какао (около 34%), твердых животных жирах (около 18,6%), свином (около 13,5%) и молочном (около 12,1%) жирах. В жировых продуктах растительного происхождения стеариновая кислота обычно появляется в результате гидрогенизации масел с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот с 18 углеродными атомами. С точки

зрения гигиены питания влияние стеариновой кислоты на уровень холестерина отличается от других насыщенных жирных кислот. В частности, насыщенные жирные кислоты с 12–16 атомами углерода повышают уровень сывороточного холестерина, тогда как стеариновая кислота, имеющая в своем составе 18 атомов углерода, не влияет на этот показатель [3, 4].

4.2.6. Высокомолекулярные жирные кислоты

Насыщенные жирные кислоты с более длинными углеродными цепями, чем у стеариновой кислоты, содержатся в существенных количествах лишь в нескольких растительных маслах. Арахиновая ($C_{20:0}$), бегеновая ($C_{22:0}$) и лигноцериновая ($C_{24:0}$) кислоты в незначительном количестве присутствуют в арахисовом масле, где их суммарное содержание составляет 5–8%. Рапсовое масло содержит эруковую кислоту (около 41%), которая в результате гидрогенизации превращается в бегеновую кислоту.

4.2.7. Олеиновая кислота

Олеиновая кислота ($C_{18:1}$) является наиболее широко распространенной из природных жирных кислот. Высокоолеиновые масла обычно оказывают положительное влияние на здоровье в связи с низким содержанием насыщенных жирных кислот, минимальным количеством транс-изомеров, возможностью снижения холестерина ЛНП в крови и высокой устойчивостью к окислению. Оливковое масло имеет очень стабильный вкус и аромат вследствие высокого содержания олеиновой кислоты (около 80%). Арахисовое масло, свиной жир, твердые животные жиры и пальмовое масло также имеют высокое содержание олеиновой кислоты, в среднем 46,7; 43,9 и 42,5% соответственно. Генная инженерия позволила вывести на рынок высокоолеиновые виды растительного масла, включающие в себя масло канолы (двухнурлевых сортов рапса) с содержанием олеиновой кислоты в среднем 60,9%, подсолнечное масло NuSun (60,4%) и высокоолеиновое (81,3%), высокоолеиновое сафлоровое масло (81,5%). Жидкие масла с высоким содержанием олеиновой кислоты обычно имеют хороший вкус и стабильны при жарке, однако при использовании масел, содержащих более 65% олеиновой кислоты, продукты, жареные во фритюре, теряют часть характерного вкуса [5].

4.2.8. Эссенциальные жирные кислоты

Эссенциальными (незаменимыми) питательными веществами называют те соединения, которое человеческий организм не может синтезировать и должен получить с пищей. Люди и некоторые животные не способны синтезировать жирные кислоты с двойными связями, расположенными дальше девятого от карбоксильной группы атома углерода. Линолевая кислота ($C_{18:2}$) с двойными связями в положениях 9 и 12 и линоленовая кислота ($C_{18:3}$) с двойными связями в положениях 9, 12 и 15 относятся к незаменимым для человека соединениям. Эти жирные кислоты, также извест-

ные как омега-6 (линовая) и омега-3 (линооленовая) жирные кислоты, являются важной составной частью рациона питания, выполняя следующие функции:

- способствуют предотвращению экземы, псориаза, потери волос, ослабления иммунной системы и неврологической дисфункции;
- улучшают состояние кровеносной, репродуктивной систем и кожных покровов;
- снижают уровень холестерина ЛНП;
- способствуют росту и развитию плода.

Биологической активностью обладает только *цис*-форма, изомеризация этих жирных кислот по положению двойной связи или образование *транс*-изомеров приводит к потере ими свойств, благоприятных для здоровья человека.

4.2.8.1. Линоловая жирная кислота

Многие из растительных масел, производимых в промышленных масштабах, богаты линоловой, или омега-6 жирной кислотой: сафлоровое (78%), подсолнечное (68%), кукурузное (60%), хлопковое (54%) и соевое (54%) масла. Кукурузное масло, несмотря на присутствие большого количества линоловой кислоты, имеет довольно стабильный вкус и запах благодаря относительно высокому содержанию токоферолов. Возвратный вкус и аромат кукурузного масла не является столь же неприятным, как для некоторых других растительных масел. Преимуществом подсолнечного и хлопкового масел является восприятие их окисленного привкуса и запаха как приятного.

4.2.8.2. Линоленовая жирная кислота

Для большинства пищевых продуктов именно привкус, а не появление неприятного запаха, является первым признаком окисления липидов. Продукты, в которых окисление обнаруживается в первую очередь по неприятному запаху, обычно содержат значительные количества линоленовой кислоты. Как рапсовое, так и соевое масла содержат относительно много линоленовой, или омега-3, кислоты: 8,8 и 7,6% соответственно. В структуру триглицеридов рапсового масла входят как линоленовая, так и линоловая жирные кислоты, преимущественно в положении *эн-2*, как и в высококарбоновом рапсовом масле. Этим все сорта рапсового масла отличаются от других масел, в которых имеет место случайное распределение линоловой и линоленовой жирных кислот. Несколько более низкое общее содержание ненасыщенных жирных кислот указывает на более высокую устойчивость рапсового масла к окислению по сравнению с маслами, имеющими аналогичное содержание линоленовой кислоты.

Масла с высоким содержанием линоленовой ($C_{18:3}$) жирной кислоты являются быстро высыхающими маслами, используемыми в технических целях, но не очень удовлетворительными пищевыми маслами в связи с их склонностью к быстрому окислению. В ставшем классическим эксперименте путем переэтерификации в хлопковое масло ввели линоленовую кислоту в количестве 9%, тогда как обычно это масло содержит менее 1% этой кислоты. При последующих дегустационных испытаниях полученный модифицированный продукт был идентифицирован как соевое масло. Этот эксперимент доказал, что именно линоленовая кислота отвечает за возвратный вкус и запах соевого масла [6]. С учетом полученных результатов, повышения стабильности вкуса салатных соевых масел стали использовать избирательную гидрогенизацию, которая позволяет снизить содержание линоленовой кислоты до уровня ниже 2,5%. Усилившийся интерес к пищевой ценности продуктов и успехи в развитии технологий извлечения масла, его рафинации и отбеливания, позволившие повысить стабильность вкуса соевого и других масел, привели к прекращению использования гидрогенизации для снижения содержания линоленовой кислоты. Теперь в США большинство салатных масел для розничной продажи не подвергаются гидрогенизации в целях повышения устойчивости к окислению.

4.2.9. Изомеры жирных кислот

Изомерами называются соединения, имеющие идентичный химический состав, но различное строение молекул. Изомеризация жиров и масел может происходить по нескольким направлениям [2]:

- **Изомерия по положению в триглицериде.** Этот вид изомерии представляет собой перегруппировку жирных кислот в молекуле глицерина. Такая перегруппировка обычно происходит при переэтерификации, но может также возникать при термическом воздействии. Изменение положения жирной кислоты в триглицериде может влиять на форму кристаллов, характеристики плавления и на метаболизм липидов в организме.
- **Изомерия положения.** Ненасыщенные жирные кислоты могут изомеризоваться в кислых или щелочных средах, а также при воздействии высоких температур путем миграции двойной связи от положений 9 и 12 на другие, например, положения 9 и 10, 10 и 12 или 8 и 10. Пищевая ценность при перемещении двойной связи на новое положение теряется, жирные кислоты перестают быть эссенциальными.
- **Пространственная изомерия.** Двойная связь может иметь две конфигурации: *цис*- или *транс*-форму. В природных жирах и маслах обычно содержатся *цис*-изомеры жирных кислот, которые наиболее химически активны и требуют относительно небольшого количества энергии для перехода в *транс*-изомеры. *Транс*-изомеры характеризуются более плотной упаковкой молекул, позволяющей им вести себя подобно насыщенным жирным кислотам с высокой температурой плавления. С точки зрения гигиены питания *транс*-изомеры жирных кислот рассматриваются как аналоги насыщенных жирных кислот, оба вида соединений могут вызывать возрастание холестерина ЛНП в системе кровообращения. *Транс*-жирные кислоты образуются при очень высоких температурах, преимущественно при гидрогенизации, и в меньшей степени — при дезодорации. Содержание *транс*-изомеров в гидрогенизированном соевом и рапсовом маслах может достигать 55%, изомеры представлены преимущественно *транс*-элаидиновой ($C_{18:1}$) кислотой, поскольку почти вся линоленовая ($C_{18:3}$) и линоловые ($C_{18:2}$) кислоты гидрогенизируются до жирных кислот $C_{18:1}$. Изомерия, вызванная термическим воздействием, особенно влияющим на линоленовую ($C_{18:3}$) кислоту и в меньшей степени на жирную кислоту $C_{18:2}$, зависит от темпе-



ратуры и продолжительности воздействия. Для того чтобы образование трансизомеров не превышало 1%, температура дезодорации не должна превышать 240 °C, продолжительность обработки – 1 ч, более высокие температуры могут применяться при менее длительной выдержке.

- **Сопряженная линолевая кислота (*conjugated linoleic fatty acids – CLA*)**. CLA является природным изомером линолевой кислоты ($C_{18:2}$), в котором две двойные связи являются сопряженными и расположены у атомов углерода 9 и 11 или 10 и 12, с возможным сочетанием *цис*- и *транс*-изомеров. CLA обычно продуцируется анаэробными бактериями рубца крупного рогатого скота при биогидротермализации. Современные международные медицинские исследования показали, что CLA может обладать свойствами, благоприятно влияющими на здоровье человека, например, антитуморогенными¹ и антиатерогенными² [7].

4.2.10. Эруковая кислота

Кроме высокого содержания линоленовой кислоты, сравнимого с ее содержанием в соевом масле, для обычного (высокоэрукового) рапсового масла характерно большое количество эруковой жирной кислоты, в среднем 41%. В связи с возможным отрицательным воздействием высоких доз эруковой кислоты на здоровье человека были выведены новые разновидности рапса, известные как канола³. Согласно нормативным актам Управления по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов США (FDA) в каноловом масле содержание эруковой кислоты не должно превышать 2,0%. Масла с более высоким содержанием эруковой кислоты не допускаются к использованию на пищевые цели. Высокоэруковое рапсовое масло может использоваться в пищевых продуктах только при условии гидрогенизации ($C_{22:1}$) в бегеновую ($C_{22:0}$).

4.3. Вкусоароматические свойства

Вкусовая привлекательность складывается из вкусоароматических и физических свойств, которые делают пищевой продукт приятным для употребления в пищу или, по крайней мере, не отталкивающим. Для потребителей пищевых жиров и масел одним из самых важных параметров является вкус и аромат. Липиды могут придавать

¹ Туморогенный – способствующий образованию опухолей. – Примеч. ред.
² Атерогенный – способствующий развитию атеросклероза. – Примеч. ред.

³ Канола (*canola*) – особый сорт рапса, выведенный в Канаде; отличается от традиционных сортов низким содержанием вредных для организма веществ (эруковой кислоты и глюкозинолатов), предназначен для получения пищевых масел. Название *canola* представляет собой аббревиатуру: *Canadian Oil, Low Acid* (канадское масло, низкая кислотность). В России сорта рапса с низким содержанием эруковой кислоты и глюкозинолатов принято называть низкоэруковыми или двухнурьевыми («00») сортами. Далее пищевые разновидности и сорта рапса и продукции из него будут рассматриваться под названиями «рапс», «рапсовое масло». При обсуждении технических (высокоэруковых) сортов рапса это будет указано особо. – Примеч. ред.

продукту как желательные, так и нежелательные органолептические свойства. Восприятие органолептических свойств состоит из ощущения вкуса, запаха и тактильных ощущений во рту. Жиры и масла являются превосходными растворителями для многих вкусоароматических компонентов пищевых продуктов и обеспечивают желательное высвобождение вкуса и аромата и их ощущение во рту, которого недостает в пищевых продуктах с пониженным содержанием жира или обезжиренных. Главными причинами появления неприятных привкусов и запахов в пищевых маслах и жирах являются окисление и гидролиз. Окисление происходит в результате химической реакции кислорода с жиром или маслом, что обычно вызвано присутствием воздуха. Процесс ускоряется при освещении, нагревании, в присутствии некоторых металлов и иногда – влаги. Гидролиз представляет собой реакцию отщепления жирной кислоты от глицерина под воздействием влаги. Конечным продуктом гидролиза масел и жиров при его полном протекании являются глицерин и свободные жирные кислоты. Высвободившиеся жирные кислоты придают продукту характерный вкус, который нежелателен даже в малой степени.

Ощущения во рту и высвобождение вкуса и аромата являются органолептическими характеристиками, которые зависят от физических свойств пищевых жиров и масел. Эти свойства можно регулировать путем продуманного выбора показателей плавления компонентов жировой основы и гидрогенизованных, фракционированных, переэтерифицированных или этерифицированных основных компонентов в сложных жировых смесях.

4.3.1. Устойчивость к окислению

Относительная важность окислительной стабильности масложировых продуктов зависит от условий их использования, температурных режимов хранения и транспортирования и предполагаемого срока хранения или использования. Жиры значительно различаются между собой по характеру процесса окисления и сопутствующего ухудшения вкуса. Вкус высоконасыщенных жиров и масел и саломасов относительно слабо изменяется на ранних стадиях окисления, но затем развитие привкуса происходит стремительно и интенсивно. Для ненасыщенных масел характерно постепенное ухудшение вкуса, тенденция к появлению неприятных привкусов и запахов выражена сильнее. Количество кислорода, которое должно поглотиться для образования неприятного привкуса, зависит от жирнокислотного состава масла, положения ненасыщенной жирной кислоты в триглицериде, содержания изомеризованных жирных кислот, присутствия природных или внесенных антиоксидантов, металлов, а также от температурных условий.

Устойчивость жиров и масел к окислению обусловлена расположением, геометрической конфигурацией и количеством двойных связей. Окисление может происходить только в жирнокислотной части молекул триглицерида, поскольку для протекания окисления в нормальных условиях необходимо наличие двойной связи. Установлено, что чем выше степень ненасыщенности жирной кислоты, тем ниже ее естественная окислительная стабильность. Ниже приведена относительная скорость окисления основных жирных кислот с 18 углеродными атомами в цепочке [8].

Жирная кислота	Относительная скорость окисления
Олеиновая C _{18:1}	1
Линолевая C _{18:2}	12
Линоленовая C _{18:3}	25

Для линоленовой кислоты (C_{18:3}), имеющей три двойных связи, относительная скорость окисления в два раза выше, чем для линолевой (C_{18:2}), в молекуле которой две двойных связи. Олеиновая кислота (C_{18:1}), имеющая одну двойную связь (мононенасыщенная), наиболее устойчива из трех рассмотренных жирных кислот. Результаты исследований показывают, что природная или *цис*-изомерная форма жирной кислоты менее устойчива к окислению, чем соответствующий *транс*-изомер, поэтому для достижения требуемой окислительной стабильности следует продуманно подбирать исходные масла или условия гидрогенизации при получении готового жирового продукта.

Реакции окисления жиров и масел непосредственно связаны с жирнокислотным составом, особенно с типом жирных кислот и количеством *цис*-изомеров. Для оценки устойчивости к окислению природных жиров и масел может применяться определение йодного числа, поскольку при высокой ненасыщенности очень вероятен процесс самоокисления. Однако эта оценка иногда может быть неверной при сравнении природной окислительной стабильности, что показано в табл. 4.2. Подсолнечное масло имеет более высокое йодное число, в его молекулах больше двойных связей, чем в соевом масле, но его естественная устойчивость к окислению немного выше. Аналогичная ситуация наблюдается при сравнении рапсового и хлопкового масел, подсолнечного масла NuSun (с повышенным содержанием олеиновой кислоты) и арахисового масла, высокоолеинового сафлорового масла и свиного жира. Для расчета естественной устойчивости отдельных жиров и масел к окислению используют относительные скорости окисления жирных кислот. Для получения расчетной оценки устойчивости к окислению нужно умножить содержание каждой присутствующей в масле ненасыщенной жирной кислоты, выраженное в виде десятичной дроби, на ее относительную скорость окисления и затем сложить эти результаты [9].

Окислительная стабильность всех исходных жиров и масел различна и должна учитываться при составлении рецептур сложных жировых продуктов. Поскольку процессы окисления жиров и масел связаны с видом и количеством ненасыщенных жирных кислот, устойчивость к окислению можно повысить путем регулирования степени ненасыщенности и содержания *цис-транс*-изомеров. Это может достигаться выбором исходных масел, их смешиванием или переработкой. Для насыщения и изомеризации ненасыщенных жирных кислот широко применяется гидрогенизация, однако фракционирование или переэтерификация также могут использоваться для улучшения стабильности вкуса без образования *транс*-изомеров жирных кислот.

Влияние окисления липидов имеет место как в отдельных жирах и маслах, так и в липидах, присутствующих в пищевых продуктах в сочетании с водой, углеводами, белками и минеральными солями. Однако в пищевых продуктах некоторые дополнительные факторы могут перевешивать основные закономерности окисления.

Таблица 4.2. Оценка устойчивости жиров и масел к окислению

Оценка	Вид жира (масла)	Естественная устойчивость к окислению	Общее количество двойных связей	Расчетное йодное число, г J ₂ /100 г
Худший	Сафлоровое масло	9,546	168,8	146,1
	Соевое масло	8,578	153,7	133,0
	Подсолнечное масло	8,489	156,3	135,3
	Кукурузное масло	7,708	148,4	128,4
	Хлопковое масло	6,890	130,1	112,6
	Рапсовое масло (канола)	5,351	131,5	113,0
	Арахисовое масло	4,327	112,6	97,1
	Подсолнечное масло NuSun	4,276	121,6	104,9
	Подсолнечное высокоолеиновое масло	1,894	99,4	85,6
	Оливковое масло	1,740	95,6	82,4
	Свиной жир	1,733	68,5	59,3
	Сафлоровое высокоолеиновое масло	1,710	96,8	83,3
	Пальмовое масло	1,705	60,7	52,4
	Твердый животный жир	1,046	55,6	48,4
	Молочный жир	0,767	38,3	34,0
Лучший	Пальмоядеровое масло	0,430	20,1	17,2
	Кокосовое масло	0,254	9,4	8,1

Важность этих дополнительных факторов зависит от распределения жиров и масел в пищевом продукте. В большинстве высокожирных пищевых продуктов другие ингредиенты диспергированы в жирах, например, в виде эмульсии «вода-в-масле», при наличии непрерывной (дисперсионной) жировой фазы. В этой ситуации липиды находятся на поверхности продукта, в непосредственном контакте с воздухом. Скорость окисления должна быть такой же, как и для чистых жиров или масел, что обычно и наблюдается. В низкожирных пищевых продуктах липиды обычно распределены в виде капель и представляют собой дисперсную жировую fazу. В этих пищевых продуктах скорость окисления может быть намного меньше или больше, чем для тех же самых липидов в виде непрерывной фазы. Важными параметрами, влияющими на скорость окисления липидов, находящихся в пищевых продуктах в виде дисперсной фазы, являются активность воды, соотношение свободных и связанных липидов и значение pH. Наиболее низкая скорость реакции в большинстве пищевых продуктов наблюдается при активности воды от 0,2 до 0,3. Выше и ниже этого диапазона активности воды в пищевых продуктах проявляется тенденция к повышению скорости окисления. Как правило, самая низкая скорость окисления имеет место при pH около 7. По мере понижения pH усиливается растворение металлов, в результате чего во многих продуктах окисление обычно ускоряется. В большинстве случаев сдвиг pH в щелочную область не ускоряет окисление [10].

4.3.1.1. Возвратный привкус исходного сырья

Появление возвратного привкуса исходного растительного сырья наиболее часто происходит в маслах, богатых полиненасыщенными жирными кислотами. Степень и направление изменения вкуса, происходящего на начальной стадии окисления, зависит от вида исходного масла. Например, в соевом масле появляется привкус, который описывают как бобовый или травяной. Это изменение было классифицировано как признак самоокисления линоленовой кислоты ($C_{18:3}$). Рапсовое масло, в котором возникает почти такой же привкус, как в соевом масле, также содержит большие количества линоленовой кислоты. В подсолнечном и сафлоровом маслах с высоким содержанием линолевой кислоты ($C_{18:2}$) возвратный привкус описывают как привкус семечек. В кукурузном и пальмовом маслах также образуется характерный для каждого из масел привкус. Возвратный вкус выявляется задолго до появления других неприятных органолептических признаков окисления. Кроме того, все привкусы и запахи, появляющиеся при гидрогенизации, связаны с возвратным окисленным привкусом. Так, привкус, образующийся в гидрогенизированном соевом масле, был охарактеризован как привкус соломы или сена.

В большинстве правильно обработанных масел проблема возвратного привкуса возникает редко, однако высоконенасыщенные жирные кислоты — линоленовая ($C_{18:3}$) и липолевая ($C_{18:2}$) — являются самыми важными предшественниками возвратного вкуса. Эксперимент, более подробно описанный в п. 4.2.8.2, заключался в переэтерификации линоленовой кислоты и хлопкового масла, обычно содержащего ее в очень малых количествах. Повышение содержания линоленовой кислоты сопровождалось появлением в хлопковом масле возвратного привкуса соевого масла [6]. На основании этих результатов была внедрена селективная гидрогенизация, позволяющая преобразовать линоленовую кислоту в липолевую, насыщая одну двойную связь углеродной цепочки, что повышало стабильность вкуса соевого салатного масла. Так, снижение содержания линоленовой кислоты от 9% до уровня ниже 3% достигалось посредством избирательной гидрогенизации при понижении йодного числа соевого масла до 110 и ниже. Устойчивость к окислению повышается по мере увеличения степени гидрогенизации вследствие уменьшения количества двойных связей, участвующих в реакциях окисления. На рис. 4.1 показано влияние условий селективной и неселективной гидрогенизации на устойчивость к окислению, показателем которой является индукционный период, определенный методом активного кислорода (МАК). При селективной гидрогенизации устойчивость к окислению повышается в большей степени вследствие благоприятного воздействия условий процесса на образование *транс*-изомеров и на протекание реакции в последовательности линоленовая → липолевая → олеиновая → стеариновая вместо насыщения всех доступных двойных связей в равной степени.

Согласно мнению большинства ученых, положение жирных кислот в триглицериде оказывает влияние на протекание окисления. Ненасыщенные жирные кислоты, находящиеся в положении *sn*-2, в некоторой степени защищены от окисления, поскольку внешние положения более реакционноспособны. Это теоретическое положение подкрепляется тем фактом, что большинство растений естественным образом синтезируют масла с ненасыщенными жирными кислотами, расположенными

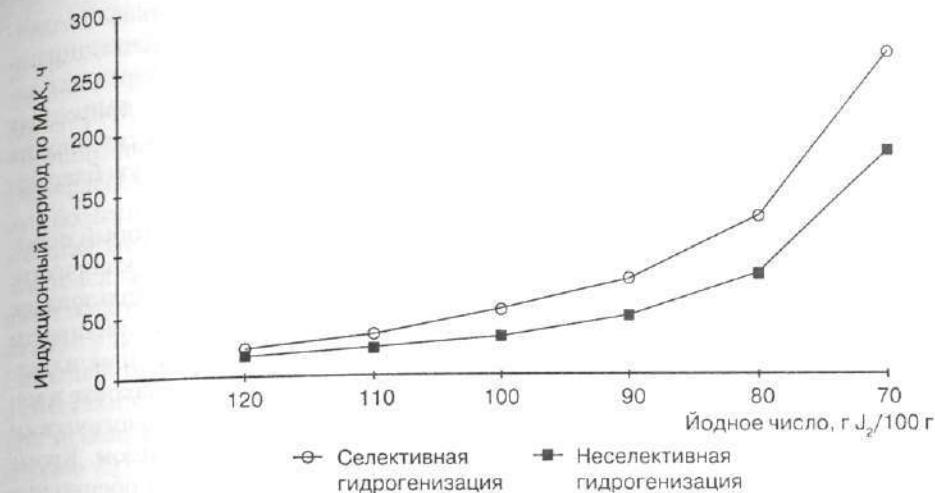


Рис. 4.1. Влияние гидрогенизации на устойчивость к окислению

в положении *sn*-2. С учетом этого переэтерификация является еще одним способом изменения устойчивости масложировых продуктов к окислению [11].

4.3.1.2. Антиоксиданты

Скорость окисления масложировых продуктов зависит, прежде всего, от количества двойных связей и их расположения, однако на устойчивость к окислению также влияет наличие природных или внесенных антиоксидантов. Антиоксидантами являются химические соединения, которые обеспечивают более высокую окислительную стабильность и более длительный срок годности или срок хранения для пищевых жиров и масел, задерживая появление прогорклости, вызываемой процессом окисления. Действие антиоксидантов основано на ингибировании или прерывании свободнорадикального механизма самоокисления глицерида. Они действуют как акцепторы свободных радикалов, за счет чего прерывают окисление на начальной стадии. Поставки всех пищевых продуктов между штатами США производятся согласно федеральным нормативным актам (Закон о пищевых продуктах, лекарственных препаратах и косметических средствах; Закон об экспертизе мяса и Закон об экспертизе продуктов из птицы). Эти законы устанавливают ограничения на использование антиоксидантов и других пищевых добавок в продуктах. К разрешенным антиоксидантам, согласно этим нормативам, относятся следующие вещества [12-19]¹:

- **Токоферолы (Е307–Е309)** являются природными антиоксидантами, содержащимися в большинстве растительных масел. В большинстве случаев дозировка

¹ См. также пп. 2.16.1.5–2.16.1.11.

токоферола от 0,02 до 0,06% обеспечивает хорошее антиокислительное воздействие. Внесение токоферолов очень широко используется для стабилизации пищевых жиров животного происхождения в связи с отсутствием природных антиоксидантов в этих продуктах. В растительных маслах содержание природных токоферолов очень высоко, даже после переработки сохраняется достаточное их количество, чтобы обеспечить оптимальную устойчивость, возможную благодаря токоферолам.

- **Пропилгаллат (Е310)** является эффективным антиоксидантом, который повышает длительность хранения растительных масел при внесении в количестве 0,01–0,02% или при других допустимых дозировках. Однако его использование сталкивается с проблемами растворимости, недостаточной термоустойчивости и изменения цвета продукта. Пищевые масла, стабилизированные пропилгаллатом, могут темнеть при хранении в емкостях из черной жести, упаковке в металлические контейнеры или при контакте с металлическим технологическим оборудованием в связи с образованием комплексов галлата с железом. Кроме того, пропилгаллат может инактивироваться в щелочных средах, особенно при повышенных температурах. Эти недостатки ограничили использование пропилгаллата в пищевых жирах и маслах в США, и в качестве более эффективного альтернативного антиоксиданта для растительных масел был одобрен трет-бутилгидрохинон (ТБГХ, Е319).
- **Бутилгидроксанизол (БОА) (Е320)** имеет преимущество при использовании, связанное с его устойчивостью при высоких температурах, использующихся в процессе производства пищевых продуктов, например, при выпекании и жарке. Однако БОА имеет сильный фенольный запах, который является особенно заметным при первоначальном нагревании фритюрного жира или масла и описывается как химический запах. Другой проблемой является появление розового цвета при воздействии высоких концентраций ионов щелочных металлов, таких как натрий или калий.
- **Бутилгидрокситолуол (БОТ) (Е321)** имеет молекулярное строение и функциональные свойства, аналогичные БОА. Так же как БОА, БОТ очень хорошо растворим в пищевых жирах и маслах и практически не растворим в воде. БОТ может вызвать некоторое потемнение в присутствии железа, но незначительное.
- **Трет-бутилгидрохинон (ТБГХ) (Е319)** последним внесен в список антиоксидантов, разрешенных в США; во многих других странах он еще не получил одобрения. Этот антиоксидант проявил себя наиболее эффективным для растительных масел с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. Кроме того, он обладает и другими преимуществами:
 - отсутствует изменение цвета в присутствии железа;
 - жиры и масла не приобретают никакого заметного запаха или привкуса;
 - обладает хорошей растворимостью в жирах и маслах;
 - эффективен как для животных и птичьих жиров, так и для растительных масел;
 - проявляет защитные свойства при выпечке пищевых продуктов и их обжариванию во фритюре;

- оказывает стабилизирующее действие на токоферолы;
- единственным недостатком ТБГХ является возможность образования розового цвета при щелочном pH в присутствии некоторых белков или натриевых солей.

Успешное применение антиоксидантов в основном зависит от их химического взаимодействия с продуктом, который они должны защищать от окисления, поэтому в большинстве пищевых продуктов обычно применяются смеси антиоксидантов, в состав которых входят различные сочетания антиоксидантов и комплексообразователей, а не отдельные соединения с антиокислительным действием. Применение таких смесей удобно не только тем, что проще обращаться с разбавленными антиоксидантами, но и возможностью использовать преимущества синергетического действия различных соединений. Например, БОА и БОТ обычно применяют в сочетании, что обеспечивает более высокую антиокислительную активность, чем при использовании по отдельности. Растворителями для смесей антиоксидантов обычно служат пропиленгликоль и растительные масла, в состав смесей включают лецитин, цитраты, цитрат моноглицерода, или моно- и диглицериды в качестве эмульгаторов.

Синергизм характерен для многих смесей антиоксидантов. Синергичные системы проявляют более высокую эффективность без повышения общего содержания антиоксидантов. Синергисты типа лимонной кислоты (Е330) проявляют в смесях с антиоксидантами две важных функции:

- увеличивают эффективность смеси антиоксидантов;
- связывают в комплексы или устойчивые соединения (хелаты) следовые количества металлов, которые являются катализаторами окисления жира (прооксидантами).

Другие соединения, действующие как синергисты и комплексообразователи, включают в себя изопропилцитрат (Е384), стеарилцитрат (Е484), орто-фосфорную кислоту (Е338), фосфат натрия двузамещенный (Е339ii), пирофосфорную кислоту и ее соли (Е450), метафосфорную кислоту и ее соли¹, этилендиаминтетрацетат кальция-натрия (ЭДТА) (Е385) и ЭДТА-динатрий (Е386).

4.3.2. Гидролиз

Гидролиз пищевых жиров и масел протекает при содержании влаги в масле выше определенного уровня. В результате образуются свободные жирные кислоты, ди- и моноглицериды, а также глицерин. Явно выраженный вкус и запах присущ жирным кислотам, содержащим менее 14 атомов углерода. По этой причине растительные масла, содержащие главным образом жирные кислоты C₁₆ и C₁₈ с низкой степенью ненасыщенности, не приобретают неприятного привкуса при незначитель-

¹ В соответствии с СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» в России для применения в пищевых продуктах разрешены трифосфаты (Е451) и полифосфаты (Е452). — Примеч. ред.

ном гидролизе (до содержания свободных жирных кислот от 1,0 до 3,0%). Однако в случае пальмоядерного и кокосового масел при таком же уровне свободных жирных кислот появляется очень отчетливый посторонний привкус, обусловленный высоким содержанием жирных кислот от C₆ до C₁₂. Гидролиз может также происходить в результате воздействия ферментов. Обычно это имеет место в маслах, получаемых из оболочек плодов с высоким содержанием влаги, например, в пальмовом или оливковом маслах. Поскольку свободные жирные кислоты и другие сопутствующие вещества при обработке в основном удаляются, гидролитическое расщепление жиров происходит под воздействием условий процесса приготовления или других ингредиентов продукта (например, при жарке или при высоком содержании влаги в продукте).

4.3.3. Ощущение во рту

Ощущение во рту зависит от трех факторов:

- температуры;
- восприятия вкуса;
- текстуры.

На текстуру пищевого жира оказывает влияние текучесть продукта, которая обуславливает ощущение мягкости и жирности, а также улучшает органолептические показатели готовых пищевых продуктов. Ощущение во рту может быть связано со способностью жидких масел образовывать масляную пленку, зависящую от вязкости, или от легкости плавления твердого жира во рту, что создает приятный охлаждающий эффект в отличие от вязкого, воскового ощущения, маскирующего желательный вкус.

В зависимости от температуры плавления триглицериды наиболее распространенного состава могут быть разделены на четыре области текучести для обозначения их физического состояния при температурах охлаждения, комнатной, тела и нагревания, что показано в табл. 4.3. Триглицериды из области температуры охлаждения остаются жидкими при условиях хранения в холодильнике. Триглицериды из области комнатной температуры переходят в жидкое состояние в случае использования при температуре окружающей среды или более высокой. Триглицериды из третьей области плавятся при температуре человеческого тела, создавая охлаждающий эффект во рту. Тугоплавкие триглицериды, относящиеся к четвертой области, помогают сохранять пластичность жира вплоть до достижения температур выпечки или варки. Следует отметить, что жиры и масла содержат не один триглицерид и даже не смесь триглицеридов из единственной области текучести, поэтому характер плавления будет определяться процентным содержанием отдельных триглицеридов. В большинстве случаев в твердом виде продукте фракция жидких триглицеридов содержит твердый жир в виде суспензии, тогда как в жидким масле твердый жир обычно содержится в растворенном виде. Следовательно, преобладание триглицеридов из определенной области определяет характеристики текучести продукта в целом [20, 21].

ЖИРНЫХ КИСЛОТ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ НА ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРЕ ИнфраЛЮМ® ФТ-02

Новые методики в соответствии с ГОСТ Р 52100-2003, ГОСТ Р 52178-2003

Фирма «ЛЮМЭКС» разработала новые методики определения содержания транс-изомеров жирных кислот на ИК-спектрометре ИнфраЛЮМ® ФТ-02, соответствующие ГОСТ Р 52100-2003 «Спреды и смеси топленые. Общие технические условия», а также ГОСТ Р 52178-2003 «Маргарины. Общие технические условия» (вводится с 01.01.07). Кроме того, на приборе может быть реализовано определение транс-изомеров экспресс-методом на основе однократно нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) без пробоподготовки с помощью соответствующей приставки, согласно стандарту ИСО.

Диапазон значений

От 5 % до 60 % (до 1% в варианте НПВО) в жировой фазе, выделенной из продукта.

Достоинства прибора

По сравнению с дифракционными и призменными приборами,

Фурье-спектрометр ИнфраЛЮМ® ФТ-02 обладает следующими преимуществами:

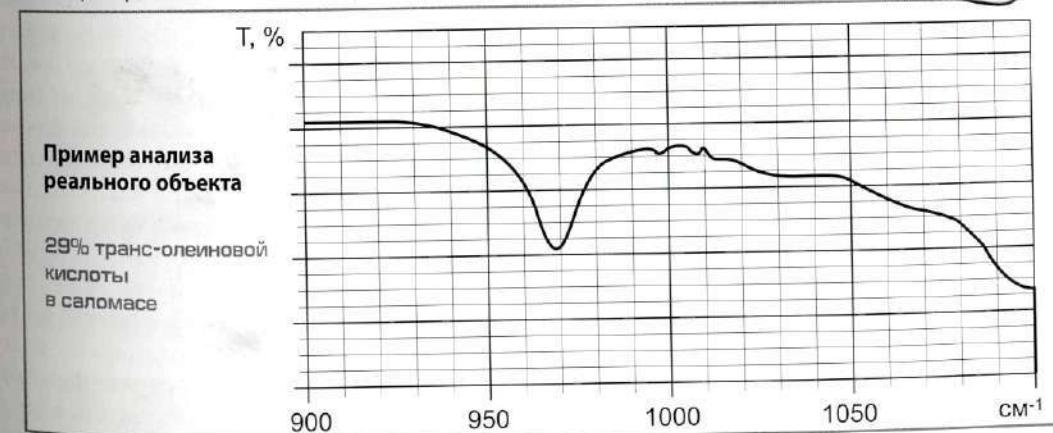
- Большая фотометрическая точность
- Время анализа одного образца (без учета пробоподготовки) составляет около 1 мин
- Простота в обращении и обслуживании

Оборудование

- ИК-спектрометр ИнфраЛЮМ® ФТ-02 (с программным обеспечением)
- Универсальный кюветодержатель
- Кюветы для измерения
- Шприц для заполнения кювет
- Терmostатируемая приставка НПВО (в случае применения экспресс-метода)



Управление прибором происходит при помощи персонального компьютера.



ЛЮМЭКС (центральный офис)

192029, Санкт-Петербург,
пр. Обуховской обороны, д. 70, кор. 2
Почтовый адрес: 190000, Санкт-Петербург, BOX 1234
Тел.: +7 (812) 718-5390, +7 (812) 718-5391
Факс: +7 (812) 718-6865
Эл. почта: sales@lumex.ru, is@lumex.ru

ЛЮМЭКС-ЦЕНТРУМ
127018, Москва,
Сущевский вал, д. 47, оф. 27,
Тел.: +7 (495) 232-4470,
+7 (495) 232-4471
Эл. почта: Byl@lumex.ru

10-я Юбилейная московская
международная выставка

Пищевые ингредиенты, добавки и пряности



4 - 7
декабря
2007

Москва,
Крокус
Экспо

Московская международная выставка

**оборудования, упаковки
и технологий для пищевой
промышленности**

организатор:

ITE LLC Moscow
Тел.: +7 (495) 935 7350, 788 5585
Факс: +7 (495) 935 7351
E-mail: ingredients@ite-expo.ru

www.ingred.ru
www.techno-food.ru

Таблица 4.3. Текучесть и функциональность триглицерида

Жирнокислотная структура триглицерида	Температура плавления, °C	Количество двойных связей	Функциональность
<i>1-я область текучести: температура охлаждения</i>			
Линолевая–линолевая–линолевая	-13,3	6	Пищевая ценность
Олеиновая–линолевая–линолевая	-6,7	5	Прозрачность
Пальмитиновая–линолевая–линолевая	-5,6	4	Смазывающее действие
Пальмитиновая–линолевая–линолевая	-2,8	3	
Олеиновая–олеиновая–линолевая	-1,1	4	
Стеариновая–линолевая–линолевая	1,1	4	
<i>2-я область текучести: комнатная температура</i>			
Олеиновая–олеиновая–олеиновая	5,6	3	Смазывающее действие
Стеариновая–линолевая–олеиновая	6,1	3	Прозрачность
Пальмитиновая–олеиновая–олеиновая	15,6	2	
Стеариновая–олеиновая–олеиновая	22,8	2	
Пальмитиновая–линолевая–пальмитиновая	27,2	2	
<i>3-я область текучести: температура тела</i>			
Стеариновая–линолевая–пальмитиновая	30,0	2	Структурообразование
Стеариновая–линолевая–стеариновая	32,8	2	Аэрирование
Пальмитиновая–олеиновая–пальмитиновая	35,0	1	Смазывающее действие
Стеариновая–олеиновая–пальмитиновая	37,8	1	Барьерные свойства для влаги
Стеариновая–олеиновая–стеариновая	41,7	1	
<i>4-я область текучести: температура нагревания</i>			
Пальмитиновая–пальмитиновая–пальмитиновая	56,1	0	Структурообразование
Стеариновая–пальмитиновая–пальмитиновая	60,0	0	Смазывающее действие
Стеариновая–стеариновая–пальмитиновая	61,1	0	Барьерные свойства для влаги
Стеариновая–стеариновая–стеариновая	65,0	0	

4.4. Физические свойства

При выборе жиров и масел для определенного применения и разработке жировых продуктов специального или общего назначения физические свойства имеют первостепенное значение. Рецептуры маргаринов, шортенингов и других жировых продуктов должны быть основаны в первую очередь на понимании взаимосвязей между измеряемыми физическими показателями смесей масел и составом их компонен-

тов наряду с влиянием технологической обработки. Нужное соотношение твердых и жидких триглицеридов достигается в результате смешивания и обработки. Кристаллическая структура жиров играет важную роль в разработке рецептуры шортенинга, маргарина и других жировых продуктов, поскольку каждая кристаллическая форма имеет свои собственные физические показатели по таким характеристикам, как пластичность, твердость, мягкость, текстура, растворимость, ощущение во рту, аэрирование и другие. Важность той или иной характеристики зависит от пищевого продукта, в котором используется данный жировой ингредиент. Масла подбирают с учетом их характерной кристаллической формы, зависящей от природы масла или условий его обработки. Каждый жировой компонент имеет тенденцию к определенной форме кристаллизации, которую можно изменить с помощью различных процессов в целях достижения желательных свойств. Основным процессом, применявшимся для изменения физических свойств жиров, была гидрогенизация, но для изменения скорости и температурного диапазона плавления также может использоваться переэтерификация и фракционирование. Способность жиров и масел к эмульгированию регулируется путем подбора параметров жировой структуры или добавления поверхностно-активных веществ. Типичные пищевые эмульгаторы дополняют и улучшают функциональность масложирового продукта с правильно подобранным составом, действуя в качестве смазочного материала, модификатора кристаллизации, диспергирующего вещества, аэрирующего агента, создавая определенную структуру, улучшая органолептические показатели, увеличивая срок хранения, препятствуя слипанию, улучшая влагоудерживающую способность и стабилизируя эмульсию или выполняя другие полезные функции. Очевидно, что невозможно обеспечить выполнение всех этих функций путем использования отдельного исходного масла или жира или же добавки, либо изменением определенных технологических параметров. При создании оптимальных жировых систем, предназначенных для применения в конкретном пищевом продукте, разработчик рецептуры должен учитывать назначение готового продукта, способ его приготовления, влияние других ингредиентов, параметры эмульгирования, требования к пищевой ценности, экономические критерии и многие другие факторы.

4.4.1. Кристаллические формы жиров

При обычном визуальном осмотре шортенинги, маргарины и другие отверженные жировые продукты кажутся гомогенными твердыми веществами, однако микроскопическое исследование показывает, что они представляют собой смеси жидкого жира и небольших обособленных, отдельных кристаллов твердого жира. Форма образующихся кристаллов определяет текстурные и функциональные свойства большинства продуктов на жировой основе. Жиры и масла полиморфны, они подвергаются ряду последовательных изменений кристаллической формы с сохранением химической структуры. Порядок превращений был установлен в результате изучения поведения жиров при нагревании и охлаждении:

Альфа (α) → Бета-прим (β') → Смешанная → Бета (β)

Скорость перехода в другую кристаллическую форму зависит от чистоты триглицерида. Более однородные жиры, которые состоят из относительно небольшого количества близких по структуре триглицеридов, быстро преобразуются в устойчивую β -форму. Более гетерогенные жиры, содержащие различные триглицериды, трансформируются более медленно. Некоторые жиры, состоящие из совершенно случайного набора триглицеридов, могут практически бесконечно существовать в β' -форме и переходят в другую форму только в нестандартных условиях.

Каждая кристаллическая форма обладает определенными физическими свойствами – пластичностью, твердостью, мягкостью, текстурой, растворимостью, ощущением во рту, аэрированием и т. д., играющими важную роль для пищевого продукта, в состав которого входит жир. Эти кристаллические формы характеризуются следующими отличительными особенностями [22, 23]:

- α -форма кристаллов является наиболее легкоплавкой; для нее характерна самая рыхлая упаковка молекул. Молекулы триглицеридов располагаются на расстоянии, максимально возможном для сохранения твердого состояния. Кристаллы в α -форме представляют собой хрупкие, прозрачные розетки размером около 5 микрон, которые легко трансформируются в более тугоплавкие модификации и поэтому редко встречаются в твердых масложировых продуктах.
- β' -форма кристаллов – очень мелкие, тонкие, игольчатые кристаллы, которые редко достигают длины более 1 микрона. Они могут быть упакованы в плотные, мелкозернистые, жесткие структуры. Эта кристаллическая форма имеет склонность образовывать структуру в виде мелкочаечистой трехмерной сети, которая способна удерживать большое количество жидкого жира. Кристаллы β' -формы являются желательными для большинства отверженных продуктов, поскольку такая форма способствует пластичности.
- β -форма кристаллов – тугоплавкие, самооклюдирующиеся, грубые, большие, стабильные пластиначатые кристаллы с наиболее тесным из возможных вариантов расположения молекул; β -кристаллы имеют в среднем длину от 25 до 50 микрон и могут вырасти до размера более 100 микрон в случае длительной выдержки. Скопления β -кристаллов могут иметь диаметр 1 мм или более и, как правило, за счет этого возникает выраженная зернистость масложировых продуктов, а также отделение жидкого жира.
- В зависимости от различных факторов жир может существовать в одной кристаллической форме или в виде смеси нескольких кристаллических модификаций. Смешанные формы обычно представляют собой грубые кристаллы, склонные расти до 3–5 микрон в длину и образовывать агрегаты значительного размера, которые со временем становятся еще крупнее. Жиры в виде хлопьев, особенно содержащие соевое масло, обычно находятся в смешанной кристаллической форме.

Скорость, с которой жиры и масла переходят из одной кристаллической формы в другую, зависит от легкости укладывания молекул жира в кристаллическую решетку. Молекулы со сходной структурой могут упаковываться плотно, их кристаллы быстро укрупняются и трансформируются в устойчивую и тугоплавкую форму. Молекулы, имеющие различную структуру, не могут упаковываться плотно,

что затрудняет или препятствует переходу кристаллов в другую форму. Поэтому жиры, состоящие из разнородных триглицеридов, — например, частично гидрогенизированное хлопковое масло и модифицированный лярд (топленый свиной жир) — склонны оставаться неопределенной долго в неплотно упакованной и более низкотемпературной форме с мелкими кристаллами. В отношении более однородных жиров, содержащих лишь несколько видов сходных жирных кислот, верно противоположное. Скорость трансформации таких жиров в более крупные, тугоплавкие кристаллы обычно довольно высока [24]. Примерами жиров этого типа являются гидрогенизированные соевое и рапсовое масла, триглицериды которых состоят преимущественно из жирных кислот с 18 атомами углерода.

В табл. 4.4 указана форма кристаллов для наиболее часто используемых пищевых жиров и масел [25]. Кристаллическая форма жира или масла зависит от одной или нескольких из приведенных ниже характеристик:

- содержание пальмитиновой кислоты;
- распределение и положение пальмитиновой и стеариновой кислот в молекуле триглицерида;
- степень гидрогенизации;
- степень рандомизации.

Таблица 4.4. Форма кристаллов различных жиров и масел

β	β'
Гидрогенизированное рапсовое масло	Гидрогенизированное хлопковое масло
Масло какао	Молочный жир
Гидрогенизированное кукурузное масло	Кокосовое масло
Лярд	Модифицированный лярд
Оливковое масло	Пальмовое масло
Арахисовое масло	Пальмоядровое масло
Гидрогенизированное сафлоровое масло	Гидрогенизированное рапсовое масло
Гидрогенизированное соевое масло	Твердый животный жир
Гидрогенизированное подсолнечное масло	

Стабилизирующее действие пальмитиновой кислоты связано с ее положением в триглицериде и содержанием в твердой фракции жира, которое можно повысить с помощью гидрогенизации. В целом чем разнообразнее триглицеридная структура наиболее тугоплавкой части жира, тем слабее тенденция к образованию β -формы. Значимость положения и распределения пальмитиновой кислоты очевидна при сравнении гидрогенизированного хлопкового масла с лярдом. Хотя в каждом из этих жиров содержится около 23% пальмитиновой кислоты, для хлопкового масла характерно образование β' -кристаллов, тогда как для лярда — β . Это связано с тем, что в гидрогенизированном хлопковом масле пальмитиновая кислота в основном находится в положениях sn-1 и sn-3, а лярд имеет преимущественно асимметричную структуру триглицеридов с пальмитиновой кислотой в положении sn-2. Форму кристаллов лярда можно изменить на β' путем переэтерификации, чтобы позволяет

рандомизировать распределение жирных кислот и улучшить соотношение в пользу симметричных триглицеридов. Кроме того, риска появления зернистости и последующего отвердевания вследствие высокого содержания жирных кислот с 18 атомами углерода в таких маслах, как гидрогенизированное подсолнечное, можно избежать с помощью совместной переэтерификации или добавления гидрогенизированного жира со значительным содержанием пальмитиновой кислоты [26].

Многие пищевые масложировые продукты содержат компоненты, склонные к β - и β' -кристаллизации, в различных сочетаниях. Соотношение β - и β' -кристаллов помогает определить доминирующую кристаллическую форму, однако фракция более тугоплавких триглицеридов отверженного жирового продукта, как правило, навязывает свою кристаллическую форму. Форма кристаллов оказывает основное влияние на текстуру отверженного жирового продукта. На практике обычно во многие растительные масла вносят твердые жиры, имеющие β' -форму кристаллов, в количестве не менее 5% или саломасы, образующие β' -кристаллы, в количестве 20%. Для того чтобы весь продукт кристаллизовался в стабильной β' -форме, добавляемый жир должен иметь более высокую температуру плавления, чем другие компоненты. Жиры, для которых стабильной является β -форма, выглядят гладкими, обеспечивают хорошее аэрирование и имеют превосходную взбиваемость, что очень важно при производстве кремов, глазурей, кексов и других выпеченных изделий. Полиморфная β -форма, наоборот, склонна образовывать крупные зернистые кристаллы, в результате жировой продукт получается воскообразным и крупнозернистым, с низкой способностью к аэрированию. Жиры, образующие β -форму, хорошо подходят для использования в хрустящих пирогах, где желательна зернистая текстура, в качестве фритюрных жиров, в которых кристаллы разрушаются при нагревании; в жидких шортингах, где для поддержания стабильности и текучести предпочтительными являются крупные зернистые кристаллы.

4.4.2. Пластичность жира

Хотя пластичные масложировые продукты обычно кажутся твердыми, на самом деле основная их часть представляет собой жидкость. Пластичный жир состоит примерно на одну треть из твердых кристаллических триглицеридов, другие компоненты, например эмульгаторы и другие добавки, находятся во взвешенном состоянии в остальных двух третях продукта, состоящих из жидких триглицеридов. Поэтому пластичные жиры, такие как шортениги, маргарины и специальные жировые продукты, состоят из твердой фазы в виде кристаллов жира, тщательно распределенных в жидкой жировой фазе. Склонность твердых частиц сцепляться между собой обеспечивает плотную консистенцию жира. С технической точки зрения жир остается пластичным, пока воздействие сил сцепления достаточно велико, чтобы успешно противостоять небольшим деформирующем напряжениям. При увеличении напряжения достигается точка, после которой структура продукта переходит предел текучести и становится возможным пластичное течение. Следовательно, мерой относительной твердости и мягкости или консистенции масложировых продуктов является напряжение или нагрузка, вызывающие пластичное течение или движение.

Внутренняя прочность материала или его способность противостоять напряжению определяется количеством точек контакта между кристаллическими частицами. Очень мелкие кристаллы образуют больше контактных точек при образовании твердого жирового продукта, чем сравнительно крупные кристаллы. В случае кристаллов одинакового размера консистенция определяется количеством кристаллов или просто процентным соотношением жидкой и твердой фракции. Это соотношение, в свою очередь, зависит в значительной степени (но не полностью) от температуры продукта. Жировые продукты размягчаются при уменьшении содержания кристаллов в результате их частичного плавления и затвердевают при увеличении содержания кристаллов по мере снижения температуры. Проще говоря, для пластичности масложировых продуктов необходимы три условия [27]:

- наличие твердой и жидкой фазы;
- достаточно хорошая дисперсия твердой фазы, позволяющая удерживать массу продукта вместе за счет внутренних сил когезии;
- правильное соотношение двух фаз.

Следовательно, пластичность или консистенция масложирового продукта зависит от количества твердой фазы; размера, формы и распределения кристаллического вещества; формирования зародышей кристаллизации, способных выдерживать высокотемпературное воздействие и служащих отправной точкой для нового роста кристаллов при необходимости. Твердость масложировых продуктов возрастает с уменьшением размеров β' -кристаллов вследствие увеличения возможности со-прикосновения частиц твердого вещества, что препятствует текучести, и в связи с переплетением длинных, игольчатых кристаллов, в отличие от более компактных β -кристаллов такого же размера. Другим фактором, непосредственно и заметно влияющим на консистенцию пластичных жиров, является соотношение твердой и жидкой фазы, так как с увеличением содержания твердых триглицеридов жировой продукт становится тверже. Доля твердой фазы определяется степенью насыщенности жиров, зависящей либо от обычного распределения жирных кислот, либо от обработки (т. е. гидрогенизации, фракционирования или переэтерификации).

4.4.3. Соотношение твердой и жидкой фаз

Для того чтобы жир (или смесь жиров) был пластичным, он должен содержать твердую и жидкую фазы, соотношение которых определяет его консистенцию (т. е. показатели твердости). Широко распространенным методом оценки этого свойства жировых продуктов является дилатометрия — измерение увеличения удельного объема жира, происходящего за счет расширения при плавлении вследствие повышения температуры. Дилатометрия является хорошим, но не самым совершенным способом измерения относительного содержания твердого вещества. На самом деле это способ измерения плотности, который опытным путем адаптирован для определения содержания твердого вещества, выражаемого в виде так называемого индекса твердого жира (*solids fat index — SFI*). Для определения расширения в процессе плавления используются и другие методы измерения. В других странах более широко используется метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР), измеряющий общее

содержания твердых триглицеридов (*solids fat contents — SFC*) в жирах и их смесях. Данные о содержании твердых жиров, полученные любым из этих методов, имеют высокую практическую ценность при проверке и контроле рецептур жиров и масел (см. также п. 3.3.2)¹.

В США при изготовлении большинства масложировых продуктов в качестве основного способа изменения соотношения твердой и жидкой фаз в различных жирах и маслах используется гидрогенизация. Во время гидрогенизации консистенция жира и масла, а также показатели, связанные с консистенцией, например, температуры плавления и размягчения, содержание ТТГ при различных температурах, зависят от исходного масла и применяемых условий гидрогенизации. Температура плавления гидрогенизированного продукта может существенно различаться при одинаковом йодном числе, что связано с разными условиями гидрогенизации. При изменении температуры гидрогенизации со 180 до 130 °С были получены саломасы с температурой плавления в интервале от 35,9 до 53,1 °С при йодном числе, равном 67 [28]. Сравнение условий гидрогенизации, представленное в табл. 4.5, иллюстрирует влияние условий избирательной и неизбирательной гидрогенизации на свойства саломаса, хотя не полностью отражает возможные существенные изменения температуры плавления при одинаковом йодном числе. Оба этих параметра указывают на увеличение насыщенности, обусловленное повышением содержания стеариновой и олеиновой кислот и соответствующим уменьшением линолевой кислоты; вариации температуры плавления связаны с разной скоростью образования и количеством *транс*-изомеров. Изменения уровня насыщенности или ненасыщенности отражаются на соотношении твердой и жидкой фаз, которое определяют по кривой плавления и температуре каплепадения по Меттлеру:

- В условиях избирательной гидрогенизации содержание полиненасыщенной линолевой кислоты снижается в пользу мононенасыщенной олеиновой кислоты с большей скоростью, чем в условиях неизбирательной гидрогенизации. При высокой избирательности гидрогенизация протекает ступенчато, и образования стеариновой кислоты практически не происходит до тех пор, пока линолевая кислота не израсходуется почти полностью.
- Более быстрое образование стеариновой кислоты в условиях неизбирательной гидрогенизации приводит к более высокому содержанию ТТГ при высоких температурах, что обуславливает более высокую температуру плавления жира.
- Избирательная реакция способствует изомеризации жирных кислот с образованием *транс*-изомеров и замедляет образование стеариновой кислоты, что отражается в более высоком содержании ТТГ при пониженных температурах. Поскольку содержание тугоплавкой стеариновой кислоты ниже, то при повышенных температурах в жире присутствует меньше твердых веществ, в результате чего саломас имеет более низкую температуру плавления.

¹ В России измерение массовой доли твердых триглицеридов в жировых продуктах дилатометрическим методом и методом ЯМР регламентируется ГОСТом Р 52179–2003 «Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля», п. 5.26 и Приложение Б соответственно. — Примеч. ред.

Таблица 4.5. Влияние условий гидрогенизации хлопкового масла на характеристики саломасов

Характеристики саломасов	Без гидрогенизации	Избирательная гидрогенизация			Неизбирательная гидрогенизация			60
		92	80	70	60	92	80	
Йодное число, г J ₂ /100 г	110							
Жирнокислотный состав, %:								
миристиновая C _{14:0}	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
пальмитиновая C _{16:0}	22,5	22,6	22,7	22,7	22,7	22,5	22,6	22,7
пальмитолеиновая C _{16:1}	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6
стеариновая C _{18:0}	2,5	2,7	3,2	3,9	8,9	4,0	5,7	7,8
олеиновая C _{18:1}	18,2	39,0	52,1	61,4	64,4	36,1	48,2	53,8
линолевая C _{18:2}	54,1	33,2	19,9	10,0	2,1	35,2	21,5	13,8
линоленовая C _{18:3}	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
аракиновая C _{20:0}	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
бетеновая C _{22:0}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Транс-изомеры, %	Нет	8,9	17,6	23,4	29,3	4,7	10,5	13,9
Содержание ТТГ, %, при:								
10,0 °C	—	8,5	19,5	31,0	51,0	7,5	17,0	25,5
21,1 °C	—	4,0	10,0	17,5	37,0	3,0	8,0	14,0
26,7 °C	—	2,0	6,0	12,0	32,0	2,0	5,0	10,0
33,3 °C	—	—	0,8	3,5	16,5	0,1	1,5	4,0
37,8 °C	—	—	—	—	1,5	0,1	0,1	0,5
40,0 °C	—	—	—	—	1,5	—	—	2,5
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	—	27,3	31,5	33,0	40,0	—	30,0	35,5
								40,0

Параметры гидрогенизации в лабораторных условиях	Избирательная	Неизбирательная
Давление, бар	0,16	2,7
Температура, °C	196	150
Никелевый катализатор, %	0,02	0,04
Перемешивание	Постоянное	Постоянное

На последних стадиях гидрогенизаций условия процесса оказывают незначительное влияние на производимый продукт. Различия условий почти не сказываются на изомеризации олеиновой кислоты, поэтому температура плавления и форма кривой плавления вполне предсказуемы по степени насыщения или йодному числу. Гидрогенизация, проводимая в целях получения стеарина или твердых жиров с низкими йодным числами, наименее требовательна из всех процессов гидрогенизации, поскольку избирательность и изомеризация в этом случае не являются значимыми факторами. Содержание ненасыщенных жирных кислот незначительно, масло или жир являются почти полностью насыщенными. Характерный жирнокислотный

состав некоторых масел позволяет при отверждении получить более высокую температуру плавления или титр, чем при использовании другого сырья. Соевое, рапсовое, подсолнечное, кукурузное и сафлоровое масла можно отвердить до такого высокого титра, как 65 °C; однако твердые жиры с высоким титром не рекомендуется использовать в рецептурах пластичных шортенингов, поскольку они при кристаллизации образуют нежелательные полиморфные формы. Склонность к кристаллизации в β-форме, так же как и высокий титр, является результатом преобладания жирных кислот с цепочкой из 18 атомов углерода. Как следствие, почти полностью гидрогенизованный продукт содержит большое количество тристеарина. Хлопковое и пальмовое масла, а также твердые животные жиры содержат довольно много жирных кислот, углеродные цепи которых содержат больше или меньше 18 атомов углерода, что предупреждает преобладание тристеарина и способствует кристаллизации отверженного жирового продукта в более желательной β'-форме.

4.5. Система саломасов

Производители жиров и масел могут разрабатывать рецептуры продуктов таким образом, что для каждого из этих продуктов требуется специальная жировая основа или несколько жировых основов. С учетом постоянно возрастающего количества конечных продуктов такой подход усложняет планирование и учет запасов, приводит к большому количеству остатков продуктов, занимающих место в резервуарах. Многие производители жиров и масел в США используют систему саломасов с ограниченным количеством гидрогенизованных жировых продуктов, путем смешивания которых создают конечный продукт, отвечающий определенным требованиям (см. также п. 2.7.4). Система саломасов обеспечивает преимущества по двум направлениям [29–31]:

1. Повышение управляемости процесса:
 - смешивание партий гидрогенизированного масла для усреднения незначительных колебаний;
 - более однородные партии продукта в связи с более частым производством одного и того же саломаса;
 - снижение перекрестного загрязнения при последовательном планировании производства большого количества одного и того же саломаса;
 - снижение возможности отклонений показателей продукта при использовании переходных партий;
 - исключение переработки в связи с порчей остатков перед использованием.
2. Повышение эффективности процесса:
 - проведение процесса гидрогенизации согласно графику для создания производственных запасов саломасов, а не по запросам заказчика;
 - производство полных партий саломаса без образования излишних остатков вместо мелких партий в соответствии с объемами заказов;
 - снижение времени выполнения заказов и повышение качества обслуживания клиентов.

Тип саломаса

Наименование показателей	Из соевого масла				Из хлопкового масла			
	1 (незначительная высокоселективная гидрогенизация)	2 (частичная умеренно селективная гидрогенизация)	3 (частичная высокоселективная гидрогенизация)	4 (низко-йодный твердый жир)	3 (частичная высокоселективная гидрогенизация)	4 (низко-йодный твердый жир)	3 (частичная высокоселективная гидрогенизация)	4 (низко-йодный твердый жир)
Йодное число, г J _y /100 г	109	85	74	66	60	Менее 8	65	Менее 8
—*	30 ± 2	33 ± 2	35 ± 1,0	43 ± 2	46,5 ± 1,5	—**	38,5 ± 1,5	—**
Temperatura каплепадения по Меттлеру, °C								
Содержание ТГГ, %, при:								
10,0 °C	Не более 4	18 ± 3	25 ± 3	41 ± 3	62 ± 3	68 ± 3	—**	47 ± 3
21,1 °C	Не более 2	8 ± 2	12 ± 3	24 ± 3	50 ± 3	59 ± 3	—**	30 ± 3
26,7 °C	—	3 ± 1	5 ± 1	16 ± 3	45 ± 3	54 ± 3	—**	—
33,3 °C	—	—	—	3,5	26 ± 3	40 ± 3	—**	10,5 ± 2,5
40,0 °C	—	—	—	—	6 ± 3	16 ± 2	—**	—
Быстрый титр, °C	—	—	—	—	—	52 ± 2	—	49 ± 1
Жирноислотный состав, %:								
миристиновая	—	—	—	—	—	—	0,7	0,7
C _{14:0}								
пальмитиновая	10,8	10,2	10,1	10,9	10,7	10,5	22,6	23,2
C _{16:0}								
пальмитолеиновая	—	—	—	—	—	—	0,5	—
C _{16:1}								
стearиновая C _{18:0}	4,4	6,4	7,0	8,2	15,2	20,8	85,9	7,0
олеиновая C _{18:1}	44,3	68,2	72,0	75,0	70,7	66,3	1,7	82,6
липолевая C _{18:2}	37,7	15,2	10,9	5,9	3,1	2,2	—	4,3
линоleinовая C _{18:3}	2,8	—	—	—	—	—	—	—
Trans-изомеры, %	14,8	22,7	25,3	44,7	45,5	45,0	Нет	25,7
Условия гидрогенизации***								
Temperatura подачи газа, °C	300	300	300	300	300	300	300	300
Temperatura гидрогенизации, °C	325	350	440	450	440	440	450	450
Давление, бар	3–4	1,3–1,5	0,7–1,0	4,0	0,7–1,0	4,0	4,0	4,0
Катализатор (никель), %	0,01–0,02	0,02	0,04–0,08	0,04–0,08	0,04–0,08	0,04–0,08	0,07–0,08	0,07–0,08
Перемешивание	Постоянное	Постоянное	Постоянное	Постоянное	Постоянное	Постоянное	Постоянное	Постоянное

* Слишком мягкий для проведения измерений.

** Слишком твердый для проведения измерений.

*** Оптимальные условия меняются в зависимости от конвертора, перемешивания, чистоты гидрогенизирующего газа и т. д.

Требования к саломасам будут меняться в зависимости от требований заказчика, определяющих характеристики конечного смешанного продукта. Для производства саломасов могут использоваться самые различные исходные масла; однако выбор сужают в первую очередь требования к функциональным свойствам жировых продуктов, а также и другие факторы, такие как спецификации заказчиков, цены, религиозные запреты, традиционные предпочтения, требования законодательства, возможность транспортировки и другие. В США эти факторы в течение нескольких десятилетий были благоприятными для соевого масла. По этой причине в США большинство производителей жиров и масел используют системы саломасов, в которых в качестве исходного сырья используют преимущественно соевое масло. Другие масла в большинстве саломасов обычно служат в качестве катализаторов образования β' -кристаллов для придания пластичности; такие исходные компоненты, как пальмовое и хлопковое масла, твердые животные жиры требуются для изготовления специальных жировых продуктов.

В табл. 4.6 приведены характеристики системы саломасов на основе соевого и хлопкового масел, предназначенных для производства маргарина и шортенингов. В эту систему входят девять гидрогенизованных жировых продуктов, начиная от незначительно гидрогенизированного саломаса с йодным числом 109 из соевого масла до насыщенных твердых жиров из соевого и хлопкового масел с йодным числом не более 8. В таблице не представлен десятый жировой продукт системы — рафинированное и отбеленное соевое масло, которое служит исходным материалом для саломасов. Использование подобной системы саломасов дает возможность производителю удовлетворить большинство предъявляемых к жировым продуктам требований, смешивая два или более саломаса, за исключением некоторых специальных продуктов, которые можно изготовить лишь с использованием особых условий гидрогенизации или специального катализатора.



Рис. 4.2. Типичные кривые плавления жировых продуктов

Смешивание гидрогенизованных или природных жировых компонентов является обычной практикой при составлении рецептур большинства шортенингов, специальных жировых продуктов и жировых основ для маргаринов. Саломасы могут быть дополнены или заменены переэтерифицированными или фракционированными жировыми компонентами, если производитель хочет избежать использования гидрогенизованных жиров. Использование технологии смешивания основных жировых компонентов предоставляет возможность разработки масложировых продуктов с чрезвычайно широким диапазоном возможных физических свойств. На рис. 4.2 показаны кривые плавления пяти типов продуктов, иллюстрирующие зависимость содержания ТТГ от состава и температуры жиров.

4.6. Реологические свойства

Различные триглицериды, присутствующие в жирах и маслах, являются основными блоками, определяющими функциональные свойства. Важнейшими функциями жиров и масел в пищевых продуктах являются смазывающая способность и образование структуры. Смазывающая способность характеризует придаваемую мягкость, жирность пищевых продуктов и улучшение органолептических характеристик; она также способствует ощущению сытости после еды. Структурные свойства жиров и масел влияют на консистенцию пищевых продуктов, обеспечивая аэрирование, взбиваемость, характер плавления, намазываемость, удерживание влаги, барьерные свойства по отношению к влаге и другие функциональные возможности. Функциональные свойства масложировых продуктов могут быть непосредственно связаны с типами присутствующих триглицеридов. Как отмечалось ранее, тип триглицерида зависит от вида и распределения входящих в его состав жирных кислот. В табл. 4.3 (п. 4.3.3) показано соответствие между областями текучести и функциональными свойствами триглицеридов, образованных с использованием пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой жирных кислот. Тринасыщенные триглицериды из области текучести 4 обеспечивают образование структуры и ограниченное смазывающее действие. Триглицериды из области 3 обеспечивают структуру и повышенное смазывающее действие, поскольку они являются твердыми при комнатной температуре, но плавятся при температуре человеческого тела. Триглицериды из областей 1 и 2 обеспечивают только смазывающее действие, поскольку при комнатной и более низких температурах находятся в жидком состоянии.

Растительным маслам линолевой и линоленовой групп не присущи структурообразующие свойства, поскольку они не содержат значительных количеств триглицеридов, представляющих области 3 и 4; тем не менее такие свойства можно придать указанным маслам с помощью гидрогенизации. Гибкость технологического процесса гидрогенизации обеспечивает получение продуктов с разнообразной структурой, которые можно дополнительно модифицировать посредством смешивания, получая в результате любое необходимое соотношение твердой и жидкой фаз.

Поскольку основными структурными блоками масложировых продуктов являются присутствующие триглицериды, самым правильным способом создания

функционального продукта является регулирование триглицеридного состава. Такой подход к разработке рецептуры требует достоверного знания триглицеридного состава каждого жира или масла, имеющегося в наличии. Этот метод также предполагает, что сырье с установленной триглицеридной структурой доступно для использования или может быть получено из имеющихся исходных жиров и масел или с помощью обработки. Кроме того, необходима возможность выделения нужных триглицеридов с достаточной чистотой, чтобы обеспечить требуемую функциональность. Наконец, стоимость жирового сырья должна обеспечивать конкурентоспособность готового жирового продукта по сравнению с другими продуктами сходного назначения. Сопутствующие вещества, образующиеся во время обработки сырья в целях получения нужных жировых компонентов, могут или улучшить экономические показатели, или сделать затраты непомерно высокими. Подход к разработке рецептур жировых систем, основанный на копировании триглицеридного состава, оказался достаточно успешным, но в основном ограничен эквивалентами масла какао, что объясняется высокой ценой натурального продукта [32].

В большинстве случаев разработка рецептур масложировых продуктов основывается на понимании взаимосвязей между определенными физическими свойствами, составом смесей жиров и масел и других компонентов, а также с параметрами технологической обработки жиров. Этот способ разработки рецептур требует выделения ключевых функциональных свойств, которыми должна обладать жировая система, и использования накопленных ранее знаний для определения свойств, позволяющих с наибольшей вероятностью добиться необходимых функциональных характеристик. Важно выделить первостепенные и менее важные функциональные характеристики и пренебречь свойствами, несущественными для конечного продукта. Эффективное использование такого подхода к разработке рецептур новых масложировых продуктов невозможно без систематической оценки способности систем модифицированных жиров удовлетворять основным и второстепенным требованиям к функциональности. Хотя триглицеридный состав важен для обоих подходов к разработке рецептур, метод, основанный на оценке функциональных характеристик, предоставляет, как правило, более одного возможного решения. Это дает производителю определенную свободу выбора, позволяя использовать наиболее удобные для него состав продукта и последовательность обработки, а также давая возможность замены исходных жиров и масел в случае необходимости.

Таким образом, большинство масложировых продуктов создается в соответствии с направлением использования и требуемыми для конечного продукта функциональными свойствами. Кривые плавления, приведенные на рис. 4.2, иллюстрируют различия в диапазонах пластичности продуктов, разработанных для выполнения желательной функции в определенных пищевых продуктах. Продукт с очень слабым наклоном кривой — жидкий непрозрачный или текучий шортенинг, который получил популярность в связи с удобством обработки и транспортировки, более низкой себестоимости в некоторых случаях, а также пониженным содержанием насыщенных жирных кислот. Для обеспечения текучести таких продуктов в их рецептурах обычно используют твердую жировую основу, образующую β -кристаллы. Отверженные продукты с плоскими кривыми плавления имеют наиболее

широкий диапазон пластичности и могут использоваться как при температурах охлаждения, так и при повышенных температурах. Универсальный шортенинг имеет самый широкий диапазон пластичности среди отверженных продуктов. Кондитерский и фритюрный жиры, представленные на рис. 4.2, имеют относительно крутые кривые плавления, что указывает на твердую, хрупкую консистенцию при комнатной температуре и быстрый переход в жидкое состояние при температуре тела или чуть более высоких температурах, обеспечивающий приятное ощущение во рту.

4.6.1. Масложировые продукты с широким диапазоном пластичности

При разработке шортенингов и маргаринов, важными свойствами которых являются взбиваемость, широкий температурный диапазон обработки и термоустойчивость, в качестве основы была принята базовая рецептура универсального шортенинга. Функциональность универсального продукта при определенной температуре в значительной степени зависит от содержания твердого жира при этой температуре. Универсальные продукты должны быть не очень твердыми при температуре от 10 до 15 °C и не очень мягкими при температуре от 32 до 38 °C. Первоначально такие продукты изготавливали путем смешивания жидких и твердых жиров. Полученный сложный шортенинг имел очень плоскую кривую плавления, подобную кривой плавления жидкого шортенинга, приведенной на рис. 4.2, что обеспечивало такой же широкий диапазон пластичности, но несколько более высокую твердость. Тем не менее низкая устойчивость этих шортенингов к окислению препятствовала их применению во многих продуктах с длительным сроком хранения. В настоящее время в рецептуры большинства универсальных шортенингов входят неизбирательно гидрогенизованные саломасы из соевого масла и твердый саломас с низким ЙЧ из хлопкового или пальмового масел. Твердые жиры, кристаллизующиеся в β' -форме, добавляют в шортенинги для расширения диапазона пластичности, что обуславливает повышение термоустойчивости, а также для формирования кристаллов нужного типа и их стабильности. Образующий β' -кристаллы твердый саломас из хлопкового масла, действующий как пластификатор, улучшает взбиваемость, текстуру и консистенцию.

Гидрогенизация жиров и масел повышает их окислительную стабильность. Как правило, чем ниже ЙЧ саломаса, тем выше окислительная стабильность; однако с увеличением твердости саломаса снижается его количество в рецептуре, необходимое для достижения нужной консистенции. Уменьшение содержания твердого саломаса сужает диапазон пластичности и снижает термоустойчивость. Следовательно, повышение окислительной стабильности достигается за счет пластичности, а широкий диапазон пластичности можно получить при снижении устойчивости к окислению. Степень допустимого ухудшения одной характеристики для улучшения другой должна определяться с учетом требований конечного пищевого продукта. Следует также помнить о том, что окислительная стабильность напрямую связана с содержанием и видом присутствующих ненасыщенных жирных кислот, т. е. устойчивость смеси жиров при окислении нельзя рассчитать простым усреднением.

Например, индукционный период смеси, состоящей из равных количеств двух жиров с индукционным периодом по МАК 40 и 100 ч, не будет равным 70 ч и, скорее всего, будет ближе к компоненту с меньшей устойчивостью [31].

Учитывая температурные изменения консистенции, диапазон пластичности важен для масложировых продуктов, предназначенных для слоенных изделий и взбиваемого теста. Масложировые продукты становятся хрупкими при содержании ТТГ выше диапазона пластичности и мягкими при их содержании ниже диапазона пластичности; оба отклонения одинаково неблагоприятно влияют на взбиваемость и раскатываемость жира. Шортенинги и маргарины обычно пластичны и легко поддаются обработке при содержании ТТГ от 15 до 25%, при этом продукты с плоской кривой плавления пластичны в значительно большем диапазоне температур, чем продукты с крутым наклоном кривой. Универсальный шортенинг, кривая плавления которого приведена на рис. 4.2, имеет диапазон пластичности 23 °С (от 10 до 33 °С), тогда как фритюрный жир можно обрабатывать аналогичным образом в диапазоне 4 °С (от 29 до 33 °С). Использование фритюрного жира в слоенных изделиях требует очень строгого контроля температуры — условие, трудно выполнимое в пекарнях. Рабочий диапазон универсального продукта, составляющий 23 °С, бесспорно, более удобен.

Описанные ранее в табл. 4.6 два саломаса из соевого масла (неизбирательно гидрогенизованные саломасы с ЙЧ 80 и 85) предназначены для продуктов, требующих широкого диапазона пластичности. Даже эти два саломаса, юдные числа которых отличаются лишь на 5 единиц, заметно различаются по диапазонам пластичности и стабильности при смешивании с твердым жиром из хлопкового масла

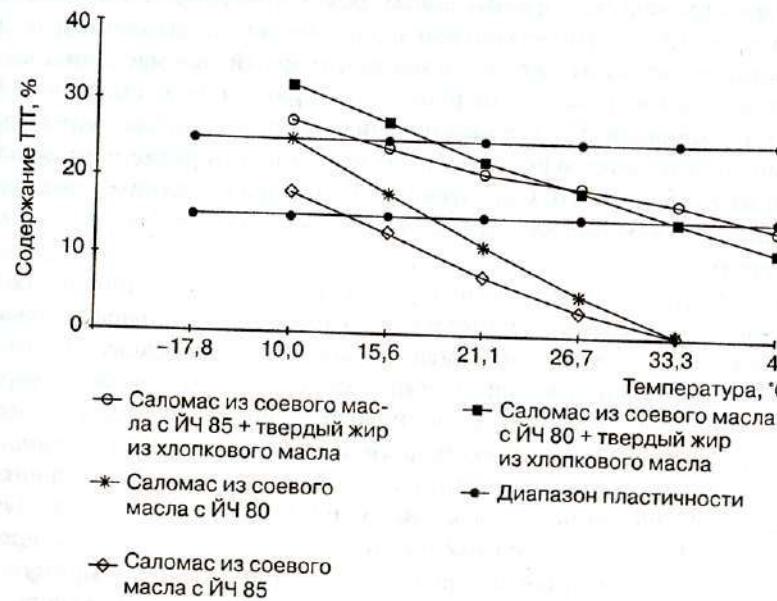


Рис. 4.3. Влияние используемых саломасов на диапазон пластичности

в целях получения продуктов, имеющих одинаковую консистенцию при 26,7 °С. Более мягкий саломас с ЙЧ 85 для достижения заданного содержания ТТГ (20% при 26,7 °С) требует добавления твердого жира на 2,5% больше. Более высокая потребность в твердом жире свидетельствует о лучшей термоустойчивости и более широком диапазоне пластичности готовой смеси, но более низкой окислительной стабильности, обусловленной более высоким ЙЧ саломаса. Более твердый саломас с ЙЧ 80 для достижения того же содержания ТТГ требует внесения твердого жира в меньшем на 2,5% количестве, что уменьшает диапазон пластичности на 4,5 °С. Но индукционный период по МАК при этом возрастает до 100 ч по сравнению с 65 ч, характерными для шортенинга на основе саломаса с ЙЧ 85. На рис. 4.3 наглядно показано различие в диапазонах пластичности, вызываемое небольшими изменениями в рецептуре.

Влияние твердого саломаса на наклон кривой плавления и диапазон пластичности показано на рис. 4.4. Твердый жир из хлопкового масла, имеющий титр 60 °С, добавляли к саломасу из соевого масла с ЙЧ 85 в качестве пластификатора. С увеличением дозировки твердого жира шортенинг становился тверже при более пологом наклоне кривой плавления. Наиболее высокие дозировки твердого жира используют при изготовлении шортенингов для слоенных изделий и других продуктов, требующих пластичной, но в то же время твердой консистенции. Частично гидрогенизованный саломас с добавлением твердого жира, обеспечивающего широкий диапазон пластичности и хорошую взбиваемость, стали широко использовать в производстве целой группы специализированных шортенингов и маргаринов. При разработке таких продуктов выбирали наиболее подходящий саломас и твердый жир, обеспечивающие получение нужного диапазона пластичности и окислительной стабильности. Эти разработки проводили в двух направлениях:

- внесение эмульгатора или эмульгирующей системы в универсальную жировую основу;
- составление рецептур специальных жиров без использования эмульгаторов.

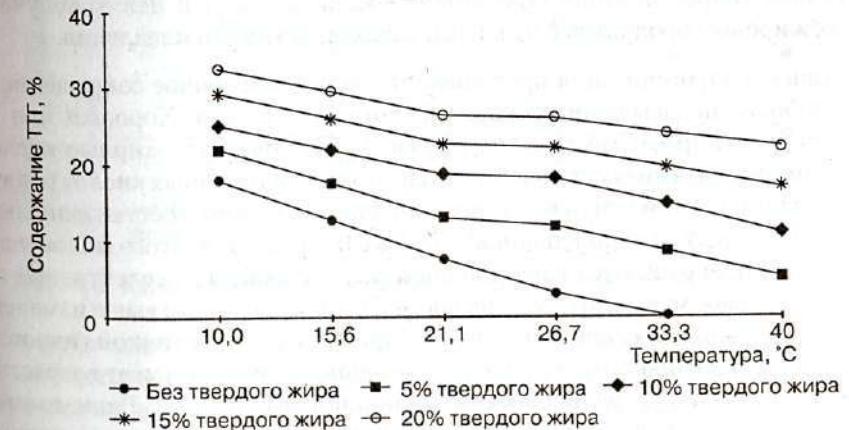


Рис. 4.4. Влияние дозировки твердого жира на наклон кривой плавления

Некоторые направления применения обеих категорий продуктов представлены ниже:

Применение продуктов с широким диапазоном пластичности	
Без эмульгаторов	С использованием эмульгаторов
Универсальное	В домашней кулинарии
Дрожжевое слоеное тесто	Кексы и глазури
Бездрожжевое слоеное тесто	Кремы и начинки
Печенье	Сухие полуфабрикаты МКИ
Тесто для пирогов	Отдельные виды МКИ
Жарка донатсов во фритюре	Изделия из дрожжевого теста

4.6.2. Жировые продукты с крутым наклоном кривой плавления

Пластичность имеет второстепенную значимость и может быть нежелательной для продуктов, требующих четко выраженного плавления или высокой окислительной устойчивости. От масложировых продуктов, разработанных для конкретных процессов жарки, столовых маргаринов и спредов, заменителей молочного жира, начинок для печенья и кондитерских жиров требуются определенные органолептические характеристики и стабильность вкуса, что невозможно получить путем смешивания неизбирательно гидрогенизованных масел с твердыми жирами. В этих продуктах йодное число должно быть как можно более низким, что обеспечивает окислительную стабильность и крутой наклон кривой плавления, которому соответствует температура плавления ниже температуры человеческого тела, за счет чего возникает приятное ощущение во рту. Продукты с крутым наклоном кривых плавления могут быть получены двумя способами:

- использование природных лауриновых масел, имеющих крутой наклон и четко выраженную температуру плавления;
- селективная гидрогенизация большинства жидкого масла в целях получения твердых жировых продуктов с нужными характеристиками плавления.

Селективная гидрогенизация представляет собой постепенное сокращение количества наиболее ненасыщенных жирнокислотных остатков. Хорошая или высокая селективность имеет место в том случае, когда почти все жирные кислоты с тремя двойными связями восстанавливаются до диненасыщенных кислот (с двумя двойными связями), затем почти все диненасыщенные кислоты восстанавливаются до мононенасыщенных (с одной двойной связью), и лишь после этого мононенасыщенные кислоты превращаются в насыщенные [33]. Воздействие селективной гидрогенизации на соевое масло отражено на рис. 4.5 и 4.6. Описанные выше изменения жирных кислот можно проследить на рис. 4.5. При типичной частичной гидрогенизации соевого или рапсового масла содержание транс-изомеров может возрасти до 55%, в основном за счет транс-олеиновой (элаидиновой) кислоты. Транс-изомеры эssentialных жирных кислот присутствуют в минимальных количествах, поскольку линоленовая кислота избирательно преобразуется в линолевую, которая в свою

очередь избирательно преобразуется в олеиновую кислоту. Влияние постепенного насыщения и изомеризации на изменение кривой плавления показано на рис. 4.6. Желательные функциональные свойства трех масложировых продуктов, указанных на рис. 4.2 (жировой основы брускового маргарина, фритюрного и кондитерского жиров), связаны с крутым наклоном кривой плавления.

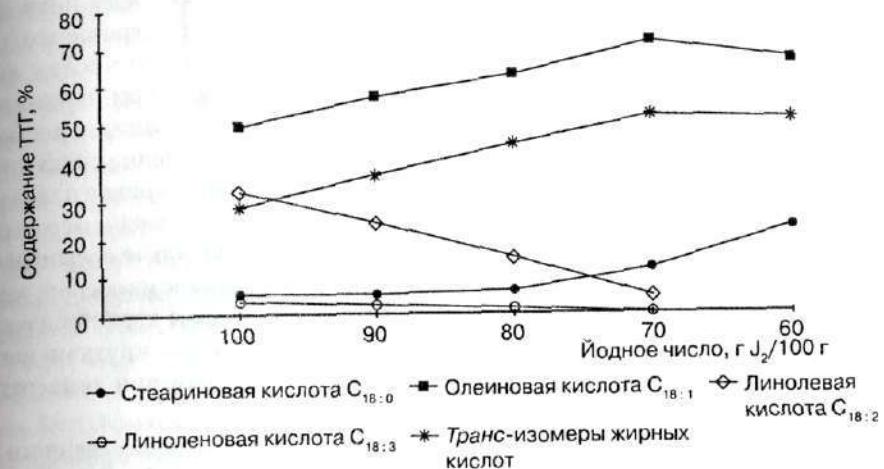


Рис. 4.5. Профиль жирных кислот селективно гидрогенизированного соевого масла

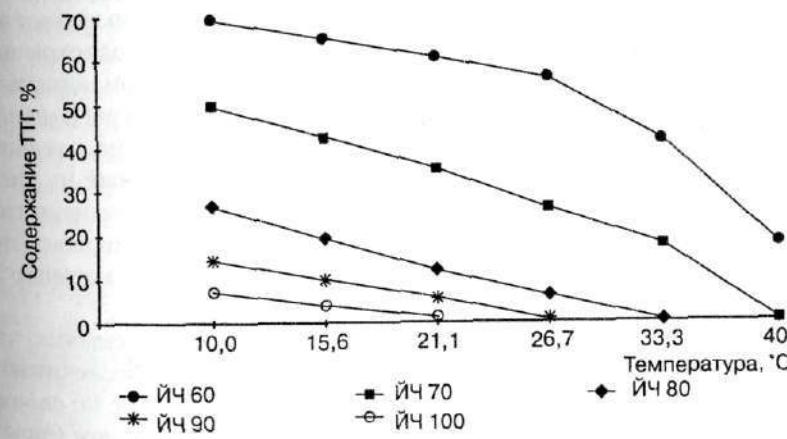


Рис. 4.6. Кривые плавления селективно гидрогенизированного соевого масла

Реологические свойства жировой основы столового маргарина должны удовлетворять некоторым особым требованиям, поскольку она должна иметь пластичную консистенцию и относительно четкую температуру плавления. Потребитель ожидает, что маргарин должен быстро таять во рту, обеспечивая полное высвобождение вкуса, легко намазываться сразу после пребывания в холодильнике и достаточно

долго сохранять твердую консистенцию при нахождении на обеденном столе. Эти свойства можно обеспечить путем смешивания жидких масел или мягкого саломаса с селективно гидрогенизованными саломасами. Рецептуры жировой основы маргаринов, включающие в себя несколько компонентов, обеспечивают пластичную консистенцию продукта наряду с хорошими показателями при холодаильном хранении, при этом они позволяют производить маргарины и спреды полностью на продуктах гидрогенизации соевого масла, которые обычно быстро переходят в β -кристаллическую форму. Сочетание нескольких саломасов, в том числе с высоким содержанием *транс*-изомеров жирных кислот, и хранение при пониженной температуре окружающей среды замедляют скорость кристаллизации в достаточной степени, чтобы сохранить β' -кристаллическую форму в течение срока хранения продукта. Рецептура жировой основы брускового маргарина, кривая плавления которой показана на рис. 4.2, имеет многокомпонентный состав с высоким содержанием *транс*-изомеров жирных кислот: 60% – неутверждённое жидкое соевое масло, 25% – саломас из соевого масла, имеющий ЙЧ 74 и 15% – саломас из соевого масла, имеющий ЙЧ 66. Как видно из рис. 4.5, используемые саломасы характеризуются максимальным образованием *транс*-изомеров и соответственно – крутыми наклонами кривых плавления, поэтому продукт получается твердым при температуре ниже 36 °С и при этом хорошо плавится во рту [34].

Рассматриваемый фритюрный жир отвечает потребностям общественного питания в стабильных теплоносителях, которые, становясь частью обжаренного продукта, придают ему нужную текстуру и ощущение во рту, а также улучшают его вкус и аромат. Твердые фритюрные жиры обычно содержат один саломас, в некоторых случаях – два селективно гидрогенизованных саломаса, что позволяет получить несколько иной наклон кривой плавления, чем это возможно в однокомпонентном жире. В обоих случаях жир имеет высокое содержание ТТГ при пониженных температурах, но оно быстро понижается вблизи низкой температуры плавления, что обеспечивает требуемое ощущение во рту при повышенной окислительной и термической устойчивости. Например, фритюрный жир, приведенный на рис. 4.2, состоит только из одного саломаса из соевого масла, а именно селективно гидрогенизированного продукта с ЙЧ 68; однако он может также производиться путем смешивания саломасов из соевого масла с ЙЧ 66 и 74, описание которых дано в табл. 4.5.

Кондитерские жиры требуют очень крутого наклона кривой плавления, чтобы они обладали хрупкостью и имели узкий интервал плавления, обеспечивающий быстрое плавление и приятное ощущение во рту. Эти жиры, которые по своим характеристикам схожи с маслом какао, иногда называют твердым маслом (*hard butter*). Высококачественные кондитерские жиры имеют при комнатной температуре относительно высокое содержание ТТГ (выше 50%), поскольку более низкое содержание может обуславливать ощущение салистости или липкости. Затем содержание ТТГ резко снижается, обеспечивая полное плавление большинства продуктов при температуре от 35 до 39 °С. Процессы, применяемые при производстве кондитерских жиров, включают гидрогенизацию, переэтерификацию, сухое фракционирование и фракционирование с растворителем, а также смешивание. В состав кон-

дитерских жиров могут входить как лауриновые, так и нелауриновые жиры и масла. Основными видами кондитерских жиров являются:

- Эквиваленты масла какао (*cocoa butter equivalent, CBE*).** Изготавливаются из негидрогенизованных особых жиров, содержащих такие же жирные кислоты и симметричные ненасыщенные триглицериды, что и масло какао. Для копирования триглицеридной структуры масла какао требуется аккуратное смешивание фракций, выделенных из определенных исходных масел, чаще всего экзотических.
- Лауриновые заменители масла какао (*cocoa butter substitute, CBS*).** Наиболее широко используемыми лауриновыми маслами являются пальмоядеровое и кокосовое масла, которые можно применять после различной технологической обработки (т. е. гидрогенизации; фракционирования; гидрогенизации и переэтерификации; гидрогенизации и фракционирования или гидрогенизации–переэтерификации–фракционирования).
- Нелауриновые заменители масла какао (*CBS*).** Кондитерские жиры производства США обычно являются смесью гидрогенизованных соевого и хлопкового масел, но при их производстве могут также использоваться пальмовое, арахисовое, гидрогенизованные кукурузное, сафлоровое и подсолнечное масла. Нелауриновые кондитерские жиры можно разделить на два типа:
 - Избирательно гидрогенизованные.** Масла с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот могут избирательно гидрогенизоваться с использованием обработанного серой катализатора в целях получения высокого содержания *транс*-изомеров и минимального образования стеариновой кислоты, что позволяет добиться оптимального содержания ТТГ при комнатной температуре, обеспечивая при этом температуру плавления лишь немногим превышающую температуру человеческого тела.
 - Избирательно гидрогенизованные и фракционированные.** Фракции нелауриновых масел, выделенные для получения кондитерских жиров, имеют высокое содержание ТТГ при комнатной температуре и обеспечивают более полное высвобождением вкуса, чем нефракционированные жировые продукты.

Кондитерский жир, пример которого приведен на рис. 4.2, представляет собой стеариновую фракцию частично гидрогенизированного пальмоядерового масла. Он был разработан для шоколадных и жировых глазурей, драже и корпусов конфет, но также нашел применение в заменителях молочных продуктов, мучных изделиях и других пищевых продуктах.

4.6.3. Жидкие непрозрачные или текучие продукты

Жидкие шортенинги и маргарины обычно представляют собой суспензии твердых жиров, эмульгаторов и других добавок в жидким маслах. Эти продукты должны быть текучими или пригодными для перекачки при комнатной температуре и стабильными при хранении в достаточно широком диапазоне температур. Пластичные жировые системы играли основную роль в приготовлении выпеченных, жареных



и других пищевых продуктов благодаря функциональной эффективности, которую обеспечивает пластичная консистенция. Эмульгаторы, другие добавки и твердые жиры должны обеспечивать функциональные характеристики жидких жировых продуктов. Разработка жидкой жировой системы включает в себя следующие технологии:

- Технология жировой основы.** Твердые жиры являются решающим функциональным компонентом, который необходим для формирования кристаллической структуры, обеспечивающей стабильность суспензии и прочность мякиша в мучных и других готовых пищевых продуктах, однако слишком высокое содержание твердых триглицеридов снижает текучесть системы. Используемое в рецептуре жидкое масло может быть только рафинированным и отбеленным или же частично гидрогенизованным в зависимости от требований к окислительной стабильности конечного продукта.
- Технология добавок.** К функциональным добавкам для жидких или текучих шортенингов относятся эмульгаторы, пеногасители, антиоксиданты, вкусоароматические добавки, красители, стабилизаторы консистенции для предотвращения слипания и т. д. Необходимые добавки могут обладать особыми кристаллическими свойствами, которые должны быть совместимыми со свойствами жировой основы во избежание разделения или гелеобразования.
- Технология обработки.** Методы обработки, применяемые для образования кристаллов в текучих масложировых продуктах, могут нуждаться в адаптации к различным составам продуктов или наоборот.

В основном все жидкие непрозрачные масложировые продукты представляют собой текучие суспензии твердых жиров в жидком масле с добавками или без таковых. Жидкая фаза может быть гидрогенизированной или нет в зависимости от требований к консистенции и окислительной устойчивости конечного продукта. Как правило, в качестве заготовки кристаллов в шортенингах используют твердый жир с низким йодным числом, образующий β -кристаллы. Его количество может меняться от 1,0% до более высоких уровней (обычно не выше 10%) в зависимости от требуемой вязкости конечного продукта. Жидкий шортенинг, приведенный на рис. 4.2, является типичным хлебопекарным шортенингом, состоящим из смеси 10% отверженного соевого масла в виде кристаллов и 90% жидкого (неотверженного) соевого масла.

Легкость, с которой твердые жиры, для которых характерна β -полиморфная форма, достигают стабильной β -кристаллической формы, делает их идеальными для жидких шортенингов. Кристаллы β -формы не переплетаются с образованием пространственной сетки, которая может удерживать жидкую фазу, делая продукт более густым. Тем не менее в состав жидких маргаринов, описанных в патентной литературе, входят твердые жиры β - или β' -типа. В отличие от жидких шортенингов, твердые жиры, кристаллизующиеся в β' -форме, пригодны для жидкого маргарина, кристаллизация которого завершается после упаковки. Жидкие маргарины, в рецептурах которых используются твердые жиры β -типа, имеют более жидкую консистенцию, но их кристаллизация должна завершаться перед упаковкой [25].

4.7. Масложировые продукты с пониженным содержанием транс-изомеров

Некоторое время тому назад на рынке жиров и масел появились продукты с пониженным содержанием насыщенных жирных кислот и транс-изомеров. Примерами таких продуктов являются:

- жидкие фритюрные жиры, предназначенные для замены пластичных фритюрных жиров, используемых при жарке по интенсивным режимам на предприятиях общественного питания;
- оживленные хлебопекарные шортенинги, в которых функциональные свойства обеспечивают эмульгаторы, предназначенные для замены пластифицированных шортенингов;
- рецептуры жировой основы брускового маргарина с высоким содержанием жидкого масла для замены рецептур с гидрогенизованным маслом;
- столевые спреды с пониженным содержанием жира для замены маргарина.

Кроме этих новшеств, существует множество возможностей снижения уровня транс-изомеров жирных кислот, но, как правило, за счет повышенного содержания насыщенных жирных кислот. На основе жиров и масел возможно изготовление продуктов, свободных от транс-изомеров, однако присутствие насыщенных жирных кислот необходимо для обеспечения требуемого содержания твердых триглицеридов, от которого зависят функциональные свойства пластичных и жидких продуктов. В некоторых случаях возможно понижение содержания насыщенных жирных кислот, однако полное исключение их из состава невозможно без утраты функциональных свойств. Ниже приведены некоторые варианты получения жировых продуктов с пониженным содержанием транс-изомеров или с их полным отсутствием, но при этом имеющих приемлемые профили кривых плавления.

1. Смешивание

- Первые шортенинги сложного состава представляли собой смеси жидких масел со стеарином; твердые жиры с низким йодным числом могут заменять стеариновую часть в шортенингах этого типа. Такие универсальные шортенинги имеют хорошую пластичность и демонстрируют хорошие функциональные свойства в выпеченных изделиях, однако их устойчивость к окислению ограничена в связи с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. В этих продуктах возможно полное отсутствие транс-изомеров жирных кислот при условии тщательной дезодорации.
- Смеси пальмового масла с жидкими маслами и твердыми жирами по функциональным свойствам могут полностью удовлетворять требованиям, предъявляемым к шортенингам для мучных изделий, в том числе иметь оптимальную форму кривой плавления без ущерба для окислительной стабильности.
- Смеси лауриновых масел с жидкими маслами или твердыми жирами имеют крутой наклон кривой плавления с отчетливо выраженной температурой плавления, обеспечивая требуемое ощущение во рту, важное при изготовлении аналогов молочных продуктов, кондитерских изделий и других продуктов.

2. Переэтерификация. Во многих европейских странах для получения отверженных жиров предпочитают использовать переэтерификацию, а не гидрогенизацию. Масложировые продукты производят с использованием жировых основ, полученных из переэтерифицированных смесей насыщенных жиров и мягких масел или природных жиров с высоким содержанием насыщенных кислот. Смешиванием этих основ с мягкими маслами получают жировые системы для широкого ассортимента продуктов. Способность изменять характеристики плавления и функциональные свойства, связанные с кристаллизацией, без изменения жирнокислотного состава придает процессу переэтерификации целый ряд уникальных возможностей. Суммируя сведения об этих возможностях, можно выделить следующие преимущества процесса переэтерификации [35]:

Изменяются при переэтерификации	Не изменяются при переэтерификации
Температура плавления	Йодное число
Кривая плавления	Жирнокислотный состав
Форма кристаллов	Образование <i>транс</i> -изомеров
Окислительная стабильность	Пищевая ценность

Переэтерификация изменяет природное распределение жирных кислот в триглицеридах на случайное и тем самым улучшает характеристики плавления и кристаллизации. Этот процесс, как правило, содействует кристаллизации жира в β' -полиморфной форме, увеличивая количество сочетаний различных жирных кислот, соединенных с глицериновым каркасом. Было показано, что переэтерифицированная смесь жидкого соевого масла и низкойодного твердого жира из соевого масла кристаллизуется в β' -форме. Соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот может быть изменено в соответствии с конкретными требованиями, и при использовании сырья, содержащего ненасыщенные жирные кислоты в *цис*-форме полученные смеси не будут содержать *транс*-изомеров. Процесс переэтерификации может применяться для производства жировых основ, сходных с системой саломасов, с их последующим использованием в рецептурах шортенингов, маргаринов и других специальных жиров, не содержащих *транс*-изомеры. Влияние переэтерификации смеси жидкого масла с насыщенным твердым жиром на кривую плавления и температуру плавления показано в табл. 4.7. Смесь, содержащая 70% жидкого масла и 30% твердого жира, представляет собой рецептуру универсального шортенинга, остальные смеси — жировые основы маргарина [36].

3. Фракционирование. В процессе фракционирования жиры и масла разделяют на фракции, различающиеся по характеру плавления. Разработка исходных смесей масел и условий фракционирования может обеспечить производство систем фракционированных жировых основ для различных масложировых продуктов. Примером фракционированной жировой основы является использование стеариновой фракции, полученной при винтилизации хлопкового масла, в качестве жировой основы при производстве брусковых маргаринов. В результате сниже-

Таблица 4.7. Влияние переэтерификации на смеси жидкого и насыщенного хлопкового масла

Хлопковое масло, %	70	80	85			
Отверждение хлопковое масло, $T = 60^{\circ}\text{C}$, %	30	20	15			
Смесь	ПЭ	Смесь	ПЭ	Смесь	ПЭ	
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	53,5	43,0	52,0	39,4	50,2	36,0
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 $^{\circ}\text{C}$	31,2	24,3	21,8	18,3	17,0	12,8
21,1 $^{\circ}\text{C}$	31,3	16,4	22,3	11,9	17,3	7,3
26,7 $^{\circ}\text{C}$	31,0	14,5	22,0	9,6	16,7	5,7
33,3 $^{\circ}\text{C}$	31,4	12,5	22,4	7,2	17,0	3,9
40,0 $^{\circ}\text{C}$	21,0	4,5	17,0	—	14,5	—

Примечание. Т — титр, $^{\circ}\text{C}$; ПЭ — переэтерифицированная смесь; ТТГ — твердые триглицериды.

ния поставок хлопкового стеарина для составления этой жировой основы был разработан специальный вид саломаса. Особенность фракционированных продуктов состоит в том, что природные токоферолы обычно остаются в мягких или жидких фракциях, поэтому стеариновые фракции имеют более низкую устойчивость к окислению, чем аналогичные гидрогенизованные компоненты.

4. Масла из генетически модифицированных источников (ГМИ). Многие разновидности масел из ГМИ могут использоваться вместо частично гидрогенизованных жировых продуктов или саломасов. Разновидности масел из ГМИ, имеющие высокое содержание олеиновой кислоты, по всей видимости, могут быть наилучшей альтернативой пластичным фритюрным жирам для общественного питания, используемым в интенсивном режиме. Они же могут заменить частично гидрогенизованный саломас, используемый в качестве жировой основы во многих жидкых шортенингах, специально предназначенных для МКИ, жареных во фритюре, дрожжевых изделий и других пищевых продуктов.

4.8. Внесение эмульгаторов

Способность масложировых продуктов к эмульгированию может быть улучшена путем корректировки структуры жиров и внесения поверхностно-активных веществ. Пищевые эмульгаторы дополняют, расширяют и усиливают функциональность шортенингов, маргаринов или специальных жиров. Эмульгаторы — это амфи菲尔ные вещества, которые одновременно обладают гидрофильными и липофильными свойствами. Такое двойное средство приводит к расположению эмульгаторов на поверхности раздела между двумя обычно несмешивающимися средами с образованием связи между ними, т. е. к эмульгированию. Наряду с образованием эмульсий поверхностно-активные вещества выполняют в пищевых продуктах ряд функций,

не всегда связанных с эмульгированием. В готовых пищевых продуктах эмульгатор может играть разные роли:

- **Эмульгатор** — способствует диспергированию масла и воды с образованием однородной эмульсии типа «вода-в-масле» или «масло-в-воде».
- **Стабилизатор эмульсии** — повышает стабильность эмульсии в дрессингах, соусах, замороженных десертах и аналогах молочных продуктов.
- **Замедлитель черствования** — увеличивает срок хранения выпеченных изделий за счет образования комплексов с молекулами крахмала; мягкий мякиш обеспечивает ощущение свежести хлеба.
- **Пенообразователь** — обеспечивает формирование воздушных пор в процессе аэрирования жидкого взбитого теста, кремов, взбитых сливок и других взбиваемых пищевых продуктов.
- **Текстуратор** — изменяет растяжимость белка, тем самым улучшая текстуру хлебобулочных изделий и МКИ.
- **Смазывающее вещество** — обеспечивает более высокую смазывающую способность, усиливая скользящие или «маслянистые» свойства жиров.
- **Пеногаситель** — стабилизирует пищевые продукты или помогает разрушать нежелательные эмульсии.
- **Диспергирующее вещество** — снижает межфазное натяжение, тем самым облегчая диспергирование твердого вещества, жидкости и газа.
- **Барьер по отношению к воде** — эмульгирует влагу, предотвращая ее потери во время хранения.
- **Барьер по отношению к кислороду** — защищает недостаточно стойкие ингредиенты от окисления.
- **Модификатор кристаллизации** — Изменяет полиморфную форму, размер и скорость роста кристаллов жира.
- **Носитель** — действует как растворитель или диспергирующее вещество для красителей вкусоароматических и других нерастворимых в жире добавок.
- **Вещество, уменьшающее липкость или клейкость** — действует в качестве смазывающего вещества, снижая прилипание пищевого продукта к зубам, упаковке или режущему оборудованию.
- **Увлажнитель** — снижает межфазное натяжение между жидкой и твердой поверхностями, что вызывает равномерное распределение жидкости по поверхности твердых частиц.
- **Агломерирующий агент** — регулирует процесс соединения и укрупнения частиц жира в жидкости.
- **Улучшитель вкуса** — эмульгирует жировую фазу, улучшая органолептические характеристики.

Очевидно, что отдельный эмульгатор или эмульгирующая система не может выполнять все эти разнообразные функции одновременно. Поверхностно-активное вещество, которое будет действовать как эмульгатор, будучи компонентом одного продукта или рецептуры, может вызвать нестабильность в другом. Предрасположенность различных видов эмульгаторов проявлять те или иные из вышеперечисленных свойств зависит от их химической структуры. Многие из выпускаемых

пищевых эмульгаторов являются производными первых среди использовавшихся в промышленных масштабах синтетических эмульгаторов (моно- и диглицеридов), в состав которых входит отличный от глицерина спирт, что обуславливает различия в функциональности. В пищевых продуктах чаще всего применяют эмульгаторы следующих типов:

- моно- и диглицериды (E471);
- эфиры пропиленгликоля (E477);
- сорбитаны (E491–E496);
- полиоксиэтилен-сорбитаны (E432–E436);
- эфиры полиглицерина (E475);
- лактилаты (E481, E482);
- лецитин (E322).

Для подбора подходящей системы эмульгаторов разработчик должен учитывать направление использования, способ подготовки, тип эмульсии, влияние других ингредиентов, экономические критерии и другие факторы, относящиеся к готовому пищевому продукту. Для эффективного улучшения функциональных свойств масложировых продуктов за счет использования системы эмульгаторов важно четко определить свойства пищевых продуктов и параметры их необходимой технологической обработки. Ниже приведен перечень основных факторов, влияющих на выбор системы эмульгаторов [37]:

- функциональные свойства, требующиеся в пищевом продукте;
- используемые технологические процессы (например, гомогенизация, пастеризация, взбивание, термообработка, выпекание, ферментация, перекачивание, экструдирование, сухое смешивание);
- физическая форма конечного продукта (например, жидкость, порошок, твердое вещество, гель, дисперсия, эмульсия, пена);
- способ подготовки, используемый клиентом;
- требования к хранению;
- вкусоароматические свойства и ощущение во рту;
- состав (влияние других ингредиентов);
- экономические показатели;
- требования законодательства¹.

¹ В России применение эмульгаторов регламентируется СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». В соответствии с этим документом применение моно- и диглицеридов (E471) и лецитина (E322) разрешено в соответствии с ТИ во всех пищевых продуктах; дозировка других эмульгаторов зависит от вида продукта и составляет для эфиров пропиленгликоля (E477) от 1 г/кг в забеливателях для напитков и в диетических смесях до 30 г/кг во взбитых декоративных покрытиях, кроме молочных; для сорбитанов (E491–E496) от 500 мг/кг мороженом до 10 г/кг в жировых эмульсиях, сладких хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях, конфетах на основе какао и шоколаде; для полиоксиэтилен-сорбитанов (E432–E436) от 1 г/кг в мороженом, сахаристых кондитерских изделиях, супах консервированных и диетических продуктах до 10 г/кг в жировых эмульсиях для хлебобулочных изделий; для эфиров полиглицерина (E475) от 500 мг/кг в забеливателях для напитков до 5 г/кг в аналогах молока и сливок, в жировых эмульсиях, хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях; для лактилатов (E481, E482) от 2 г/кг в порошках для приготовления горячих напитков до 10 г/кг в жировых эмульсиях. — Примеч. ред.

Роль эмульгаторов и их вклад в функциональные свойства продуктов различного назначения не всегда можно однозначно установить. Однако выбор системы эмульгаторов упрощается после выявления всех требований к функциональности. Следующим шагом при разработке оптимальной эмульгирующей системы является обзор функциональности доступных поверхностно-активных веществ.

4.8.1. Моно- и диглицериды

Моно- и диглицериды (Е471) были первыми жировыми эмульгаторами, которые использовали в качестве пищевых добавок. Эти эмульгаторы впервые применили в маргарине для дрожжевого слоеного теста и шортенинге для бездрожжевого слоенного теста. В США первые патенты на моно- и диглицериды были выданы в 1938 г. и доказали полезность поверхностно-активных веществ при изготовлении эмульсий и маргарина [38]. Моноглицериды, в молекуле которых имеется только один жирнокислотный остаток, присоединенный к глицерину, и две свободные гидроксильные группы глицерина сочетают в себе свойства жиров и воды. Жирнокислотная часть молекулы действует подобно любому другому жиру и легко смешивается с липидами, а две гидроксильные группы смешиваются с водой или растворяются в ней. Таким образом, глицериды стремятся удерживать вместе жиры и воду. В 1933 г. появились шортенинги для кексов с добавками моно- и диглицеридов, имевшие повышенную способность к аэрированию и взбиванию, а также влагоудерживающую способность. Вскоре масложировые продукты с добавками моно- и диглицеридов, обеспечивавшие более длительные сроки хранения изделий из дрожжевого теста, были внедрены в хлебопечение [38].

Моно- и диглицериды до сих пор остаются эмульгаторами, наиболее широко используемыми в пищевой промышленности, они составляют около 70% от всех используемых эмульгаторов. Эти поверхностно-активные вещества требуются почти во всех видах переработанных пищевых продуктов. Основными областями применения являются мучные изделия, готовые смеси, маргарины, пищевые полуфабрикаты и замороженные десерты. Они обычно входят в состав масложировых продуктов, зачастую в сочетании с другими эмульгаторами. Липофильный характер делает их прекрасными эмульгаторами для эмульсий типа «вода-в-масле», являющихся основой маргаринов. При комнатной температуре моно- и диглицериды не растворимы в воде и очень ограниченно растворимы в жирах без повышения температуры.

Выпускаемые препараты моно- и диглицеридов имеют три уровня концентраций:

- 40–46% α-моноглицерида;
- не менее 52% α-моноглицерида;
- дистиллированные с 90% содержанием моноглицерида.

Они производятся в различных физических формах: жидкие, вязкие, пластичные, в виде хлопьев, гранул или порошка. На функциональность моно- и диглицеридов как эмульгаторов оказывает влияние то, в каком из трех основных физических состояний (твердые, пластичные и мягкие) они находятся. Как показано в табл. 4.8, мягкая (включая жидкую) форма моно- и диглицеридов обеспечивает хорошее

аэрирование продуктов с низким содержанием влаги, тогда как твердая форма придает хорошую структуру выпеченным изделиям и увеличивает их сроки хранения. Эмульгаторы промежуточной твердости или пластичные удобнее в работе и обладают функциональными возможностями твердых и мягких моно- и диглицеридов.

Таблица 4.8. Функциональные свойства моно- и диглицеридов

Форма эмульгатора	Функциональные свойства	Применение в пищевых продуктах
Твердый (ЙЧ не более 5)	Удерживание влаги	Все выпеченные изделия
	Повышение мягкости мякиша	Все выпеченные изделия
	Замедление черствения	Все выпеченные изделия
	Повышение объема	Все выпеченные изделия
	Повышение нежности	Все выпеченные изделия
	Улучшение пористости и текстуры	МКИ
	Аэрирование взбиваемого теста	МКИ
	Улучшение органолептических показателей	Хлебобулочные изделия
	Снижение липкости	Жевательная резинка и конфеты
	Уменьшение слипаемости	Макаронные изделия
Пластичный (ЙЧ 70 ± 10)	Стабилизация масла	Арахисовое масло
	Регидратация	Сухой картофель
	Устойчивость эмульсии	Маргарин
	Устойчивость к замораживанию и размораживанию	Замороженные десерты
	Диспергирующее действие	Забеливатели кофе
Мягкий (ЙЧ 90)	Промежуточные между твердой и мягкой формами	Любые продукты
	Аэрирование	Кремы и начинки
	Абсорбция воды	Кремы и начинки
	Улучшение текстуры	Подливы и соусы
	Несвязанная эмульсия	Маргарин
	Диспергирование жира	Продукты для домашних животных
	Диспергирование жира	Пончики, понады

Примечание. ЙЧ – йодное число, г J₂/100 г.

Моно- и диглицериды входят в перечень добавок, которым присвоен статус GRAS (признанный безопасным), установленный Сводом федеральных постановлений США (21 CFR 182.4505), и их дозировка ограничивается технологическими требованиями и стандартами идентичности в случае их применимости. Эмульгаторы, имеющие три разных уровня концентрации (43, 52 и 90%), при использовании

обычно взаимозаменяемы и вносятся в шортенинги, маргарины или специальные жиры с учетом содержания α -моноглицеридов. Оценка функциональных свойств показывает, что содержание диглицеридов в препаратах с содержанием α -моноглицеридов 43 и 52% может оказывать некоторое влияние на функциональность, однако какого-либо значительного улучшения не выявлено. Оптимальную дозировку внесения любого эмульгатора необходимо определять при разработке рецептуры каждого конечного продукта. Излишне высокое или низкое содержание эмульгатора обычно приводит к неудовлетворительным результатам.

Выпускается несколько производных моно- и диглицеридов, в которых в качестве исходных материалов при получении эфиров использованы водорастворимые соединения, например, молочная, лимонная, уксусная кислоты, ангидрид диацетилвинной кислоты и янтарный ангидрид [38–42]:

- Эфиры диацетилвинной кислоты и моноглицерида (*diacetyl tartaric acid esters of monoglyceride, DATEM*), E472e — гидрофильные эмульгаторы, которые зарекомендовали себя как прекрасные хлебопекарные улучшители. Укрепляя клейковину теста, *DATEM* улучшают газоудерживающую способность, что приводит к увеличению объема выпеченных изделий, повышению устойчивости теста к механическим воздействиям и более стабильной расстойке. Усиление клейковины также улучшает структуру мякиша и характеристики корки. Хотя этот эмульгатор в основном используют как хлебопекарный улучшитель, он также применяется в экструдированных продуктах, глазурях, кремах и маргаринах.
- Лактилизованные моноглицериды или эфиры глицерина, молочной и жирных кислот (E472b) представляют собой группу пищевых эмульгаторов, которые применяются в основном в тех случаях, когда требуется аэрирование, например, в топпингах, кремах, глазурах, МКИ. Этот эмульгатор имеет более высокую поверхностную активность и несколько более выраженные гидрофильные свойства, чем обычные моно- и диглицериды. Для получения оптимальных аэрирующих свойств большинство лактилизованных моноглицеридов производят из насыщенных или имеющих низкое йодное число моно- и диглицеридов.
- Цитраты моноглицеридов или эфиры глицерина и лимонной кислоты и жирных кислот (E472c) — гидрофильные эмульгаторы, предназначенные для использования в маргарине в целях снижения разбрзгивания, комплексообразования металлов и в качестве стабилизатора эмульсии в сочетании с другими поверхностно-активными веществами.
- Ацетилизованные моноглицериды или эфиры глицерина и уксусной и жирных кислот (E472f) — эмульгаторы, склонные к образованию α -кристаллов, могут применяться в заменителях кремов и взбитых сливок для улучшения аэрирования, объема, текстуры пены и устойчивости к синерезису. Ацетилизованные моноглицериды образуют пленки, которые эффективно защищают продукт от окисления и потери влаги, что позволяет корочкам пирогов и пиццы дольше оставаться хрустящими и свежими. Кроме того, жидкие ацетилизованные моноглицериды являются эффективными смазывающими материалами, поэтому используются для смазывания форм и противней в хлебопекарной промышленности.

- Сукцинилизированные моноглицериды или эфиры моноглицеридов и янтарной кислоты (E472g) действуют как хлебопекарные улучшители, усиливающие клейковину, которые не чувствительны к механическим воздействиям и отклонениям в качестве муки, что обеспечивает постоянный объем, хорошую текстуру, вкус и мягкость мякиша.

4.8.2. Эфиры пропиленгликоля

Моноэфиры пропиленгликоля и жирных кислот (E477) — группа соединений с умеренной поверхностной активностью, которые являются эффективными эмульгаторами для МКИ и взбитых немолочных продуктов, например, аналогов кремов, взбитых растительных сливок и топпингов распылительной сушки. Моноэфиры пропиленгликоля (*PGME*), представляющие собой склонные к образованию α -кристаллов поверхностно-активные вещества, добавляют не для стабилизации эмульсии, а скорее для воздействия на скорость взбивания, плотность, объем и стабильность пены. Эти эмульгаторы способны активизировать агломерацию жировых шариков с образованием хорошей и устойчивой пены, так как создают защитную α -кристаллическую мембрану на капельках жидкости, что приводит к высокой степени аэрирования.

С помощью *PGME* взбиваемое тесто для МКИ быстро аэрируется (насыщается газом) и выпеченные изделия имеют большой объем и однородную структуру с удлиненными порами. Первоначально рецептуры МКИ с использованием моностеарата пропиленгликоля (*propylene glycol monostearate, PGMS*) предусматривали высокую дозировку эмульгатора при низком содержании жира, однако позже было установлено, что для изготовления МКИ более функционально сочетание *PGMS* с моно- и диглицеридами. Наиболее эффективны для МКИ эмульгаторы, полученные при использовании жировой основы с низким йодным числом. В случае готовых смесей для МКИ шортенинги обеспечивают необходимую устойчивость в условиях взбивания при содержании *PGME* от 8,0 до 16,0% и моноглицеридов — от 2,0 до 6,0%. Промышленно производимые МКИ требуют от эмульгирующей системы меньшей функциональности, поскольку аэрирование достигается с помощью более эффективных способов и оборудования для взбивания. Шортенинги для использования в промышленных условиях содержат обычно от 2,8 до 8,5% *PGME* при общем содержании моноглицеридов от 4,0 до 5,5%.

Взбиваемые эмульсии обычно содержат белки, которые в значительной степени обеспечивают стабильность, необходимую для этих продуктов в жидкой форме. В таких эмульсиях функция моноэфиров пропиленгликоля заключается в обеспечении объема, текстуры пены и устойчивости к синерезису. Структуру формируют агломерированные жировые шарики, образующие сеть внутри пены. В этих продуктах обычно применяется твердая форма с содержанием моноэфиров 90% при дозировке эмульгатора от 0,2 до 1,5%.

В готовых пищевых продуктах с низким содержанием влаги, таких как глазури и начинки, эмульгаторы на основе насыщенных жиров действуют скорее как пеногасители, чем аэраторы; тем не менее в этих продуктах могут использоваться более

мягкие эмульгаторы на основе PGME. Эмульгатор промежуточной твердости, получаемый из гидрогенизированного лярда с ИЧ 50 или гидрогенизированного соевого масла с ИЧ 70, вносимый в универсальный шортенинг для достижения дозировки PGME 2,5–3,5% и общего содержания моноглицеридов от 4,0 до 5,0%, успешно применяется в глазурях, начинках и в МКИ как с низким, так и с высоким содержанием сахара. Эмульгатор промежуточной твердости также использовали при изготовлении постных кексов, печенья и других пищевых продуктов с пониженным содержанием жира.

4.8.3. Эфиры сорбитана

Жирнокислотные эфиры сорбитана (E491–E496) – полученные на основе сорбита аналоги моно- и диглицеридов, немного лучше растворимые в воде. Сорбитанмоностеарат, самый известный из этих поверхностно-активных веществ, представляет собой твердый или гранулированный материал, который перед использованием необходимо дипергировать в воде или жире. Жирнокислотные эфиры сорбитана являются липофильными эмульгаторами и могут использоваться в эмульсиях, для которых желательна пониженная способность к связыванию влаги и повышенное аэрирование. Сорбитанмоностеарат можно использовать в глазурях, взбитых топпингах и забеливателях кофе для улучшения аэрирования, глянца и стабильности, однако наиболее широко он применяется в качестве модификатора или ускорителя кристаллизации в кондитерских глазурях. Эфиры сорбитана особенно эффективны в качестве добавок для улучшения и сохранения глянца, и, кроме того, они оказывают благоприятное влияние на содержание твердого жира, улучшая ощущение во рту.

4.8.4. Полиоксиэтилен-сорбитаны

Этоксилированные эфиры сорбитана (E432–E436), которые часто называют полисорбатами или полиоксиэтилен-сорбитанами, образуются в результате реакции эфиров сорбитана с этиленоксидом. Для использования в пищевых продуктах разрешены три типа полисорбатов: полисорбат 60, полисорбат 65 и полисорбат 80¹. Дозировки внесения этих эмульгаторов ограничены нормативными документами, регламентирующими применение пищевых добавок; однако в большинстве случаев сравнительно малые количества полисорбатов обеспечивают требуемый эффект, тогда как при внесении повышенного количества они придают продуктам горьковато-сладкий вкус. Полисорбаты – гидрофильные эмульгаторы, которые действуют

¹ В соответствии с СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» в настоящее время для использования в пищевых продуктах разрешены четыре типа полисорбатов: полиоксиэтилен (20) сорбитан монолаурат или Твин 20 (E432), полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат, полисорбат 80 или Твин 80 (E433), полиоксиэтилен (20) сорбитан монopalмитат или Твин 40 (E434), полиоксиэтилен (20) сорбитан моностеарат, полисорбат 60 или Твин 60 (E435), полиоксиэтилен (20) сорбитан тристеарат или полисорбат 65. – Примеч. ред.

как сильные поверхностно-активные вещества, существенно снижая межфазное напряжение между водой, жиром и другими ингредиентами, усиливая взаимодействие между ингредиентами и повышая стабильность эмульсии. Полисорбат 60 особенно эффективен в рецептурах эмульсий типа «масло-в-воде». Эти производные сорбита получили большее признание, чем эфиры сорбитана. Полисорбат 60 может применяться в тех же случаях, что и эфиры сорбитана, т. е. в МКИ, взбитых растительных сливках, забеливателях кофе, кремах, кондитерских глазурях, а также в нестандартизованных салатных дресингах. Полисорбат 65 разрешен к использованию в мороженом, замороженных десертах, меллонине¹, фруктовом шербете, а также в хлебопекарных изделиях. Полисорбат 80 может использоваться в различных пищевых продуктах, в том числе в специальных диетических продуктах и муссах как солюбилизирующий и диспергирующий агент в рассолах и маринадах, маринованных продуктах, в выпеченных изделиях.

4.8.5. Эфиры полиглицерина

Эфиры полиглицерина (E475) образуются в результате реакции жирных кислот с полимеризованным глицерином, содержащим от 2 до 10 молекул. Тщательный контроль процессов полимеризации и этерификации позволяет получать эмульгаторы, которые могут использоваться для эмульгирования, загущения, стабилизации, разрушения пен, пластифицирования, модификации кристаллообразования, улучшения глянца, а также для предотвращения прилипания, отделения влаги, комкования и помутнения. Наиболее известными направлениями применения этого эмульгатора являются следующие:

Арахисовое масло. Стабилизация и облегчение пластификации для предотвращения отделения жидкого масла и влаги, а также для улучшения намазываемости и смазывающих свойств, что снижает возможность прилипания арахисового масла к небу.

Глазирование кондитерских изделий. Добавление от 0,5 до 5,0% определенного эфира полиглицерина позволяет улучшить и сохранить характеристики глянца, а также свести к минимуму проблемы, связанные с темперированием и транспортировкой.

Маргарин. Прекрасные эмульгирующие агенты, которые также предупреждают разбрзгивание при внесении в количестве от 0,1 до 0,5% для маргаринов и от 0,1 до 2,0% для низкожирных спредов.

Ингибитор кристаллизации. При дозировке 0,02–0,04% замедляет образование кристаллов в салатных маслах и увеличивает продолжительность хранения до помутнения.

Глазури и начинки. Обеспечивает быстрое, эффективное аэрирование глазурей и начинок и предупреждает отделение влаги при дозировках от 1,0 до 2,0% от массы шортенинга.

¹ Меллонин (*mellorine*) – мороженое, в котором молочный жир полностью заменен на растительный. – Примеч. ред.

Мучные кондитерские изделия. В выпеченных полуфабрикатах для торты и формовых кексах обеспечивает объем, пористость и текстуру аналогично моно- и диглицеридам; высокорецептурные шортенинги в случае использования эфира полиглицерина могут производиться с более низкой дозировкой эмульгатора – от 1,0 до 3,0% от массы шортенинга.

4.8.6. Лактированные эфиры

В пищевых продуктах применяется несколько форм эфиров молочной кислоты. Лактированные моноглицериды или эфиры глицерина и молочной и жирных кислот (Е472b), которые уже упоминались как производные моно- и диглицеридов, являются продуктами реакции глицерина, молочной кислоты и жирных кислот. Двумя самыми известными эмульгаторами этого вида являются глицерин-лакто-пальмитат и глицерин-лактостеарат. Эти эмульгаторы, склонные к образованию α -кристаллов, используют главным образом для обеспечения аэрирования в целях улучшения объема и текстуры, например, в МКИ, сухих полуфабрикатах для МКИ и во взбитых сливках. Большинство эмульгаторов этого вида имеют почти полностью насыщенную жировую основу и обладают некоторой растворимостью в масле, но не растворяются в воде.

Стеароил-лактилаты – эфиры стеариновой и молочной кислот, преобразованные в соли кальция или натрия. Стеароил-лактилат натрия (Е481i), один из самых гидрофильных пищевых эмульгаторов, используется в основном в качестве улучшителя теста в выпеченных изделиях, блинчиках и вафлях. Кроме того, он может эффективно применяться в замороженном взбитом молочном креме и топпингах, поскольку улучшает аэрирование и стабилизирует пену, а также в забеливателях кофе, так как улучшает распределение жира и тем самым усиливает забеливающий эффект. Стеароил-лактилат кальция (Е482), который также в основном используеться как хлебопекарный улучшитель, применяется в смесях для дрожжевых изделий, для облегчения взбивания яичных белков и как улучшитель для сушеного картофеля. При низкой дозировке, обычно 0,25–0,50% от массы муки, стеароил-лактилаты образуют комплексы с крахмалом, замедляя процесс черствования хлеба. Взаимодействие с клейковиной муки позволяет получить более мелкопористую структуру мякиша, повышенный объем и более хрустящую корочку при выпечке хлеба.

4.8.7. Лецитин

Пищевая промышленность в США потребляет свыше 160 тыс. т поверхностно-активных веществ в год, из них 10% природного происхождения и 90% производимых химическим способом. Самым известным, функциональным и широко используемым природным поверхностно-активным веществом является лецитин (Е322). Этот природный эмульгатор обнаружен в яйцах, молочных продуктах, растительных маслах и многих других пищевых продуктах природного происхождения. Лецитин – фосфорсодержащий липидный фосфатид обнаружен во всех растениях и организмах животных. Главным промышленным источником лецитина являются

фосфолипиды, извлекаемые из соевого масла. Лецитин также может быть получен семян других масличных культур, например, кукурузы, хлопчатника, арахиса и подсолнечника, но такой лецитин мало пригоден промышленного использования.

Лецитин широко применяется в пищевых и продуктах, что делает его очень важным побочным продуктом производства соевого масла. Национальная ассоциация по переработке сои (*National Soybean Processor Association*) в начале 1970 гг. установила критерии, характеризующие пластичные и жидкие лецитины, но такие продукты составляют лишь около 15–20% от общего объема используемого лецитина. За последние несколько лет было освоено промышленное производство многих новых типов лецитинов, в том числе обезжиренных, фракционированных и ферментативно-модифицированных (гидролизованных) лецитинов. Лецитин, выделенный из соевых фосфатидов, имеет следующие направления использования в пищевых продуктах [43, 44]:

- **Образование комплексов с белком.** На способности лецитина образовывать комплексы с белком муки (клейковиной) основано его использование в качестве хорошего хлебопекарного улучшителя. Лецитин может действовать как природный улучшитель дрожжевого теста при дозировке от 0,25 до 0,60% от массы муки.
- **Образование комплексов с крахмалом.** Способность образовывать комплексы с крахмалом обусловливает использование лецитина для замедления черствования. Определенные фосфолипиды, например, фосфатидилхолин и фосфатидилэтаноламин, обладают превосходными функциональными свойствами, обеспечивающими предупреждение черствования.
- **Снижение содержания жира.** Гидратированный лецитин может образовывать частицы сферической формы, способные перекатываться на языке, создавая сходное с жиром ощущение во рту. В изделиях из какао и шоколада за счет этого достигается снижение содержания жира на 20–60%. Внесение лецитина в шоколад в количестве около 0,25–0,35% способствует снижению вязкости за счет обволакивания сахара, улучшению хрустящих свойств в результате снижения содержания масла какао и замедляет поседение, поскольку расширяется диапазон возможных температур тепловой обработки.
- **Замена яичного желтка.** Производимый промышленно лецитин может имитировать эмульгирующие характеристики яичного желтка в МКИ, кондитерских изделиях и других пищевых продуктах. Лецитин, как и яичный желток, обеспечивает текучесть взбитого теста для кексов во время выпечки, что предотвращает оседание готового изделия.
- **Предотвращение прилипания.** Лецитин как вещество, предотвращающее прилипание, используется во многих жарочных шортенингах, спреях для форм и в смесях для смазывания хлебопекарных форм, а также в кондитерской промышленности при производстве твердых конфет и кондитерских изделий. Смеси лецитина с маслами или другими растворителями образуют барьер, покрывающий поверхности оборудования.
- **Антиразбрзывывающее действие.** Лецитин используется в маргаринах и спреях при дозировке от 0,1 до 0,5% для предотвращения разбрзгивания. Кроме

того, он действует как эмульгатор, поглощая влагу и предотвращая ее выделение, улучшая текстуру и намазываемость, а также как коричневый пигмент. Разбрзгивание вызывается быстрым, взрывообразным испарением влаги, присущей в маргарине, и возникает вследствие слияния мелких частиц воды в большие капли. Лецитин обволакивает каждую частицу воды защитной мембраной, предотвращая слияние отдельных капелек воды.

- Смачивание.** Порошок какао без добавки лецитина имеет плохие смачивающие свойства независимо от содержания жира. Какао и другие быстрорастворимые порошки для приготовления напитков быстро смачиваются и растворяются в холодной воде при добавке 1,0–1,5% лецитина.
- Антиокислительное действие.** В некоторых маслах лецитин действует как антиоксидант при внесении в количестве от 0,01 до 0,25%. Лецитин в небольших количествах может также эффективно замедлять появление посторонних привкусов в результате гидролиза, действуя таким же образом, как и при предотвращении разбрзгивания.

Требования к внешнему виду и вкусу жиров и масел могут ограничивать применение лецитина, особенно в случае продуктов, подлежащих нагреванию. Лецитин весьма чувствителен к повышенным температурам и может темнеть, образовывать дым и давать неприятный рыбный запах и привкус при температурах выше 49 °C. Кроме того, внесение лецитина в масложировые продукты может влиять на цвет как ингредиента, так и конечного продукта. Стандартный жидккий лецитин пищевого качества имеет коричневый или янтарный цвет и характерный вкус. При обычно используемых низких дозировках лецитина его влияние на цвет, вкус и запах продукта незначительно; тем не менее во избежание проблем при разработке рецептур к использованию лецитина следует относиться осторожно.

4.8.8. Методы выбора эмульгатора

Процесс подбора ингредиентов эмульгирующей системы является скорее искусством, чем наукой, поскольку для этого требуется опыт и испытания функциональной эффективности. Процесс выбора усложняют синергетические эффекты, наблюдаемые для различных сочетаний поверхностно-активных веществ и обеспечивающие желательные функциональные свойства, которые невозможны при использовании единичных эмульгаторов. В связи с этим разработка шортенингов, содержащих эмульгаторы, может потребовать комплексной программы оценки многочисленных поверхностно-активных веществ, смешиваемых в разных соотношениях и в различных дозировках. Поскольку выбор эмульгатора – непростая задача, был разработан ряд схем, облегчающих определение оптимальных систем для конкретных применений. Вероятно, самой известной схемой выбора является оценка гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ).

4.8.8.1. Гидрофильно-липофильный баланс

Эмульгаторы можно классифицировать по сродству к воде и маслу. Поверхностно-активные вещества, обладающие сродством к маслу (липидной фазе), относятся

к категории лиофильных эмульгаторов. Поверхностно-активные вещества, имеющие сродство к воде (водной фазе), относятся к категории гидрофильных эмульгаторов. Жирорастворимые или лиофильные эмульгаторы будут вбирать воду или водорастворимые вещества в масло или липидную фазу. Гидрофильные эмульгаторы будут удерживать маслянную фазу в воде или водной фазе. Мерой сродства эмульгатора с маслом или водой может быть его ГЛБ [45, 46]. Этот показатель выражает относительное притяжение эмульгатора к воде и маслу или к двум фазам рассматриваемой эмульгирующей системы. Для оценки степени сродства каждому эмульгатору присваивается численное значение ГЛБ. Лиофильные эмульгаторы имеют значение ГЛБ меньше 9,0, а гидрофильные – больше 11,0. Значения в интервале от 9,0 до 11,0 являются промежуточными. В целом лиофильные эмульгаторы, например, моно- и диглицериды, имеют значения ГЛБ в интервале от 2 до 4 и склонны образовывать эмульсии «вода-в-масле». Гидрофильные эмульгаторы, например, эфиры полисорбата, имеют значения ГЛБ в интервале от 13 до 17 и склонны образовывать эмульсии «масло-в-воде». Ниже показана взаимосвязь ГЛБ с растворимостью в воде при 21 °C:

Поведение эмульгатора в воде	Интервал ГЛБ
Нерастворим	1–4
Слабо растворим	3–6
Непрозрачная взвесь при интенсивном перемешивании	6–8
Стабильная непрозрачная дисперсия	8–10
Полупрозрачный раствор	10–13
Прозрачный раствор	13 и выше

Лучшие результаты обычно достигаются при использовании не одного эмульгатора, а эмульгирующих систем или путем смешивания двух или более эмульгаторов для получения требуемого значения ГЛБ. Смешанная эмульгирующая система, обычно характеризующаяся как синергетическая смесь эмульгаторов, обладает не только функциональными свойствами каждого отдельного эмульгатора, но также и дополнительными свойствами благодаря эффектам взаимодействия. ГЛБ смеси имеет прямолинейную зависимость и его можно определить, умножая значение ГЛБ каждого компонента смеси на его процентное содержание и суммируя эти числовые значения. Значения ГЛБ для различных поверхностно-активных веществ приведены ниже:

Эмульгатор	Значение ГЛБ
Моно- и диглицериды	
не менее 40% α -моноглицерида	2,8
не менее 52% α -моноглицерида	3,5
не менее 90% α -моноглицерида	4,3

Окончание табл.

Эмульгатор	Значение ГЛБ
Эфиры пропиленгликоля	
моно- и диэфиры пропиленгликоля	3,4
моно- и диэфиры пропиленгликоля и моно- и диглицериды	3,5
Эфиры сорбита	
сорбитанмоностеарат	4,7
сорбитантристеарат	2,1
Полиоксистилен-сорбитаны	
полисорбат 60	14,9
полисорбат 65	10,5
полисорбат 80	15,0
Эфиры полиглицерина	
триглицерин моно-шортенинг	6,0
моностеарат триглицерина	6,2
дистеарат гексаглицерина	8,5
Лактилизованные эфиры	
лактилизованные моно- и диглицериды	2,6
Лецитин	
стандартный жидкий	3,5
обезжиренный, 22% фосфатидилхолина	4,5
обезжиренный, 45% фосфатидилхолина	6,5

Система выбора на основе ГЛБ включает три этапа:

- определение оптимального значения ГЛБ для планируемого продукта;
- определение лучших видов эмульгаторов;
- окончательная корректировка ГЛБ.

В этой процедуре эмульгаторы и смеси со значениями ГЛБ вне установленного интервала ГЛБ могут быть отброшены для сокращения количества испытаний при использовании метода проб и ошибок. Определение наилучшего значения ГЛБ включает следующие шаги:

1. Выбор подходящей пары эмульгаторов (один липофильный, другой гидрофильный) с известными значениями; например, моно- и диглицериды с ГЛБ 2,8 являются липофильными поверхностно-активными веществами, а полисорбат 60 с ГЛБ 14,9 — гидрофильным поверхностно-активным веществом.
2. Приготовление серии опытных эмульсий с выбранными эмульгаторами, которые смешиваются таким образом, чтобы получить различные значения ГЛБ, начиная от полностью липофильного и заканчивая полностью гидрофильного вещества. Для двух поверхностно-активных веществ, предложенных на первом шаге, интервал значений ГЛБ будет от 2,8 до 14,9. Смесь эмульгаторов должна использоваться в избыточном количестве или составлять около 10–12% от содержания жира в конечном продукте.

3. Оценка полученной серии смесей эмульгаторов с использованием подходящих методов оценки функциональной эффективности, основанных на требованиях к продукту. С одной или несколькими смесями эмульгаторов будут получаться лучшие эмульсии, чем с остальными, но если все смеси оказываются хорошими, нужно повторить серию испытаний с более низкой дозировкой смеси эмульгаторов. Если же все смеси дают плохие результаты, нужно повысить дозировку и повторить серию.

4. Окончательные результаты испытаний должны указать с точностью примерно до 2 единиц интервал ГЛБ, который будет наилучшим для данного конечного продукта. Более точное значение ГЛБ при необходимости можно определить с помощью следующей серии испытаний со значениями ГЛБ, входящими в этот интервал.

Подходящий химический тип поверхностно-активных веществ является столь же важным, как и значение ГЛБ. После установления значения ГЛБ нужно определить, не будет ли какая-то другая смесь эмульгаторов работать лучше, не будет ли она более эффективной или более экономически выгодной при том же значении ГЛБ. Цель проведения этих испытаний заключается в выборе нескольких пар эмульгаторов, охватывающих достаточно широкое разнообразие химических соединений. Оценки функциональной эффективности этих смесей являются основой для выбора идеальной смеси эмульгаторов для данного применения.

Метод ГЛБ не является совершенной системой выбора поверхностно-активных веществ. Выбор эмульгаторов для создания эмульсий с использованием ГЛБ дает хороший результат в пищевой системе, содержащей только масло, воду и эмульгаторы, однако во многих пищевых продуктах ее использование ограничено в связи со сложностью их состава. Влияние вида поверхностно-активных веществ на образование комплексов с крахмалом — важная функция для некоторых продуктов, однако ГЛБ не является показателем этого свойства. Эмульгаторы с одинаковым значением ГЛБ могут обладать как отличной, так и неудовлетворительной способностью обеспечивать приемлемые характеристики кекса; выбор эмульгатора становится более сложным при добавлении муки, крахмала, сахара, молока, соли, яиц или других подобных ингредиентов, многие из которых содержат природные эмульгаторы, реагирующие и взаимодействующие друг с другом. Таким образом, подход, основанный на оценке ГЛБ, может облегчить процесс выбора поверхностно-активных веществ, однако для разработки оптимальной эмульгирующей системы необходим также опыт и детально спланированная экспериментальная работа.

4.8.8.2. Функциональные особенности эмульгаторов

Моно- и диглицериды известны как наиболее многофункциональные эмульгаторы. Другие эмульгаторы выполняют, как правило, более конкретные или ограниченные функции. Особенности функциональных свойств являются основой выбора поверхностно-активных веществ при разработке систем эмульгаторов. В табл. 4.9 приведена оценка пяти функциональных свойств эмульгаторов различных типов, которые чаще всего применяются в пищевых продуктах [47–49]:

Таблица 4.9. Функциональные свойства эмульгаторов

Наименование эмульгатора	Стабилизация эмульсии	Образование комплексов с крахмалом	Улучшение теста	Модификация кристаллообразования	Аэрирование
Моно- и диглицериды					
твердые (насыщенные)	2	1	4	3	1
мягкие (ненасыщенные)	2	3	4	3	2
Эфиры пропиленгликоля					
моно- и диефиры пропиленгликоля	5	2	5	1	1
моно- и диефиры пропиленгликоля и моно- и диглицериды	3	1	4	1	1
Эфиры сорбита					
сорбитанмоностеарат	3	5	5	1	3
сорбитантристеарат	3	5	5	1	5
Полиоксиэтилен-сорбитаны					
полисорбат 60	3	2	1	3	1
полисорбат 65	3	3	3	3	2
полисорбат 80	2	3	3	2	2
Эфиры полиглицерина					
триглицерин моно-шортинг	2	3	3	3	1
моностеарат триглицерина	3	3	3	3	1
дистеарат гексаглицерина	1	3	3	1	2
Лактилированные эфиры					
лактилированные моно- и диглицериды	2	4	5	1	1
стеароил-лактилаты	1	2	1	5	2
Лецитин					
стандартный жидкий	3	3	3	1	4

Примечание. Шкала оценки функциональных свойств эмульгатора: 1 — отличное; 2 — хорошее; 3 — слабое; 4 — плохое; 5 — отсутствует.

- Стабилизация эмульсии.** Эмульгаторы способствуют образованию смеси двух обычно несмешивающихся жидкостей. Эмульсия представляет собой дисперсию капелек одной несмешивающейся жидкости в другой. Эмульгаторы способствуют образованию дисперсных систем, снижая поверхностное натяжение на поверхности раздела двух несмешивающихся веществ. Способность эмульга-

тора воздействовать на поверхности раздела связана с его молекулярной структурой. Полярная группа эмульгатора обладает сродством к воде и растворяется в ней, тогда как жирнокислотная часть обладает сродством к жирам и растворяется в этой фазе.

- Образование комплексов с крахмалом.** Крахмал состоит из двух типов углеводов: амилозы и амилопектина. При смешивании этих углеводов с водой и нагревании образуется гель. Компоненты крахмала рекристаллизуются из геля или ретроградируют, и именно этот процесс обуславливает черствение хлебобулочных изделий, липкость макаронных изделий и продуктов из картофеля, затвердевание желейных конфет. Эмульгаторы, которые могут образовывать комплексы с крахмалом, замедляют процесс ретроградации.

- Улучшение теста.** Клейковина, белок пшеничной муки, образует пространственную сеть, которая придает тесту прочность. Некоторые эмульгаторы могут укреплять клейковину и тем самым предотвращать разрушение стенок пор, в которыхдерживаются газы, полученные в результате брожения. В результате поры образуются равномерно, тесто получается нелипким и не слишком упругим, более пригодным для машинной обработки, а готовый хлеб имеет однородную структуру.

- Модификация кристаллообразования.** Триглицериды обладают полиморфными свойствами, т. е. они могут существовать в нескольких кристаллических формах. Эмульгаторы, способные модифицировать форму образующихся кристаллов, могут замедлить процесс возвращения кристаллов к исходной форме. Моноэфиры пропиленгликоля, ацетилированные моноглицериды и лактилированные моноглицериды относятся к поверхностно-активным веществам, склонным к образованию α -формы, и могут стабилизировать моно- и диглицериды в более активной α -форме, обеспечивая улучшение их функциональных свойств. Эфиры сорбита предотвращают жировое поседение шоколадных изделий, замедляя образование β -кристаллов. Эфиры полиглицерина также предотвращают поседение шоколада и эффективны в качестве ингибиторов кристаллизации в салатных маслах. Лецитин был первым ингибитором кристаллизации, который использовался при производстве салатных масел.

- Аэрирование.** Многие пищевые продукты в процессе изготовления имеют вид эмульсий и насыщаются воздухом до образования пены. Эмульгаторы облегчают аэрирование, обеспечивают более быстрое взбивание, однородную структуру пор, больший объем выпеченных изделий и других аэрированных продуктов, таких как кремы, начинки и взбитые сливки.

4.8.8.3. Процедура выбора эмульгатора

Эмульгирующая система, разработанная для определенного продукта, должна быть рассчитана на конкретное применение, поскольку на ее поведение будут оказывать влияние условия обработки и присутствие других ингредиентов. Кроме того, смесь двух или более эмульгаторов дает синергетический эффект, который невозможен при использовании единичного эмульгатора. Создание оптимальной системы требует испытаний пригодных поверхностно-активных веществ путем их смешивания

- в различных соотношениях. При разработке эмульгирующей системы для конкретного применения можно руководствоваться следующими рекомендациями [39]:
1. Следует ознакомиться с соответствующими нормативными документами для уточнения ограничений на использование эмульгаторов или отдельных требований к стандартизованным продуктам. Должны рассматриваться только эмульгаторы, официально разрешенные для данного продукта.
 2. Выявляют требования пищевой системы к функциональным свойствам, приемлемые способы обработки и физическую форму конечного продукта.
 3. Определяют перечень поверхностно-активных веществ, которые обладают функциональными свойствами, подходящими для данной пищевой системы. В табл. 4.9 приведена оценка функциональных свойств различных эмульгаторов, чаще всего используемых в пищевых продуктах. Также следует проконсультироваться с поставщиками поверхностно-активных веществ в целях получения информации о примерных дозировках, способах внесения, функциональных свойствах продукта и других существенных вопросах.
 4. Используя систему оценки ГЛБ, отбирают разрешенные эмульгаторы с функциональными характеристиками, подходящими для данного пищевого продукта. Определяют наиболее многообещающие смеси и затем проводят их испытания для выявления оптимального состава эмульгирующей системы.
 5. Оптимизируют дозировку эмульгаторов в этой системе. Оптимальный диапазон дозировок эмульгаторов (или плато) обеспечивает максимальную функциональность; при использовании добавок вне этого диапазона их функциональные свойства проявляются в меньшей степени.

4.9. Разработка жировых продуктов

Жиры и масла являются основными функциональными ингредиентами в самых различных пищевых продуктах. Они обладают особыми физическими свойствами, важными для технологического процесса обработки и конечного использования как природных, так и предварительно обработанных пищевых продуктов. Структура глицеридов и состав жиров, присутствующих в таких пищевых продуктах, также существенно различаются. Жирнокислотный и триглицеридный состав жиров влияет на функциональные свойства пищевых продуктов и пищевых ингредиентов даже при умеренном содержании жира. Взаимосвязь между триглицеридным составом и конечными характеристиками становится очевидной при оценке физических и химических свойств; поэтому жиры и масла со сходными физическими и химическими свойствами даже при разном составе триглицеридов могут иметь функциональные характеристики, требующиеся для данного пищевого продукта. Жировые системы для пищевых продуктов и пищевых ингредиентов могут создаваться несколькими способами. При создании рецептур масложировых продуктов для определенного применения используются три метода:

1. **Разработка для применения.** Использование качественных знаний о влиянии исходных масел, саломасов, фракционированных жиров, переэтерифицирован-

ных продуктов, эмульгаторов и других добавок на консистенцию масложирового продукта и поведение в конечном продукте.

2. **Аналитическая разработка.** Подбор компонентов с учетом их вклада в обеспечение заранее заданных аналитических ограничений.
3. **Копирование триглицеридной структуры.** Дублирование триглицеридной структуры конкретного продукта путем смешивания фракций, полученных из различных исходных масел.

4.9.1. Разработка для применения

Разработка масложирового продукта для определенного применения начинается с определения ключевых функциональных свойств, которые этот продукт должен обеспечить в конечном пищевом продукте, и использования имеющихся знаний для оценки и определения физических и химических показателей, которые с наибольшей вероятностью обеспечат наличие предполагаемых функциональных свойств. Выделение первоочередных и второстепенных функциональных свойств и пренебрежение незначимыми свойствами является важным моментом в этом методе разработки продуктов. В результате этих исследований получают информацию для разработки спецификации масложирового продукта, в которой должны быть указаны физические и химические показатели, необходимые для соответствия требованиям конечного пищевого продукта. В большинстве случаев требования к функциональным свойствам являются стандартными, предъявляемыми к уже существующему продукту; тем не менее разрабатываемый продукт может иметь улучшенные характеристики по сравнению с оригиналом или уже используемым продуктом.

Требования к функциональным свойствам, как правило, могут быть преобразованы в аналитические показатели, что позволяет в спецификации разрабатываемого продукта установить определенные ограничения. Например, основные требования к функциональным свойствам салатного масла можно определить посредством холодного теста (метод AOCS Cc 11-53, *Cold Test Method*) [50], который применяют для определения устойчивости масла к кристаллизации при погружении образца в ледянную ванну. Этот метод анализа был разработан в целях оценки пригодности салатных масел для производства майонеза и салатных дрессингов. Масло, которое мутнеет или затвердевает при низких температурах, будучи использованным для приготовления салатного дрессинга, будет вызывать разрушение эмульсии и, как следствие, расслоение продукта. Подобным образом кривые плавления или содержания твердых триглицеридов (ТТГ) играют важную роль в качестве показателя требуемой консистенции и функциональности шортенингов, маргаринов и других масложировых продуктов. Измерение содержания ТТГ для определения пригодности маргарина производится при температурах, отличающихся от температур испытаний шортенинга в связи с различиями в применении этих двух масложировых продуктов.

1. Типичные температуры, при которых измеряется содержание ТТГ для маргарина:
— содержание ТТГ при 10 °C показывает пригодность для формования в брикеты и намазываемость продукта при холодильных температурах;

- содержание ТТГ при 21,1 °С характеризует устойчивость продукта к отделению жидкого масла при комнатной температуре;
 - содержание ТТГ при 33,3 °С характеризует ощущение во рту или степень плавления во рту.
2. Типичные температуры, при которых измеряется содержание ТТГ для шортенинга:
- содержание ТТГ при 10 °С характеризует консистенцию при температурах отлежки;
 - содержание ТТГ при 26,7 °С характеризует консистенцию при типичной температуре замеса бездрожжевого или дрожжевого теста.
 - содержание ТТГ при 40 °С характеризует термоустойчивость шортенинга при высоких температурах хранения.

Приведенные температуры измерения ТТГ применяются для стандартных продуктов, но могут оказаться неприменимыми для разработки конкретного продукта. Поэтому температуры, при которых проводят измерения, следует устанавливать для каждого продукта индивидуально. Тем не менее в каждом случае контроля ТТГ необходимо провести измерения не менее чем в трех точках, чтобы избежать того, что называется «неопределенностью наклона» [25]. Требуемый наклон кривой плавления для масложировых продуктов — это разница между измерениями при наименьшей и наибольшей температуре. В зависимости от заданных допусков наклон может значительно варьироваться, что иногда достаточно существенно сказывается на оценке функциональных свойств продукта. Например, если требуемый наклон кривой плавления для конкретного продукта при изменении температуры от 10 до 40 °С составляет 18% с допустимым отклонением при определении содержания ТТГ ± 3% при 10 °С и ± 2% при 40 °С, то фактической наклон может быть от 13 до 23% или ± 5%. Кроме того, значение наклона может выходить за границы этого интервала, если содержание ТТГ измерялось только при одной или двух температурах. В связи с этим важно задать такие температуры измерения ТТГ, наклон и допустимые отклонения, которые позволят адекватно оценить функциональные свойства продукта.

4.9.2. Аналитическая разработка

Разработка рецептуры масложирового продукта, удовлетворяющего имеющейся спецификации, требует знания вклада каждого отдельного компонента в аналитически определяемые физические и химические показатели. Многие показатели жировых смесей, например, йодное число и жирнокислотный состав, являются линейными, поэтому соответствующие показатели смеси могут быть просто суммой средневзвешенных показателей компонентов смеси. Однако содержание ТТГ смеси жиров и масел является нелинейной функцией по отношению к содержанию отдельных компонентов, и для определения возможных компонентов смеси, удовлетворяющей заданным ограничениям, требуется определенная квалификация и опыт.

Вклад каждого компонента смеси в содержание ТТГ можно вычислить алгебраически, однако для разных типов жировых основ требуются разные формулы. Существуют три типа жировых основ:

- жидкое масло, которые оказывают «разбавляющее» влияние на ТТГ;
- твердые жиры, вклад которых в ТТГ составляет 100% или более;
- жиры, которые вносят линейный вклад в содержание ТТГ.

Для выполнения этих вычислений необходимо наличие данных о содержании ТТГ для каждого компонента и ожидаемое содержание в смеси. На основе этих данных находят коэффициенты, используемые для вычисления вклада отдельных компонентов в готовую смесь. Эти вычисления позволяют разработчику рецептуры определить требуемый состав смеси, в меньшей степени загружая лабораторию приготовлением и анализом различных смесей:

1. **Вычисления для жидкого масла.** Жидкие масла оказывают разбавляющее действие на вклад твердых жиров в содержание ТТГ. Степень такого отрицательного воздействия зависит от количества жидкого масла в смеси и содержания ТТГ в твердой жировой основе. Коэффициент разбавления K_p вычисляется по формуле:

$$K_p = \frac{\text{TTG}_{жо} \cdot C_{жо} - \text{TTG}_{см}}{C_{жм}},$$

где $\text{TTG}_{жо}$ — содержание ТТГ в твердой жировой основе, %; $C_{жо}$ — содержание жировой основы в смеси, %; $\text{TTG}_{см}$ — содержание ТТГ в жировой смеси, %; $C_{жм}$ — содержание жидкого масла в смеси, %.

Коэффициенты разбавления изменяются для каждой смеси масла с базовым компонентом, а также в зависимости от уровня каждого базового компонента. Фактические значения содержания ТТГ в смесях рафинированного и отбеленного соевого, кукурузного или хлопкового масла с саломасами из соевого масла иллюстрируют разбавляющее действие этих масел (табл. 4.10). Вычисленные коэффициенты разбавления для тех же самых смесей (табл. 4.11) показывают снижение содержания ТТГ под влиянием жидкого масла. Коэффициенты разбавления верны только для той смеси, на основании которой были получены эти данные. Результаты для смеси другого состава будут отличаться от первой смеси в связи с изменением триглицеридного состава и воспроизводимости метода определения содержания ТТГ.

Таблица 4.10. Содержание ТТГ в смеси жидкого масла с различными саломасами

РО соевое масло, %:	0	20	40	60	80
Саломас, %	100	80	60	40	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 60					
TTG при 10,0 °С	64,2	47,2	32,3	20,0	8,0
TTG при 21,1 °С	56,2	36,5	24,2	14,0	4,6
TTG при 26,7 °С	52,7	34,2	21,5	11,7	3,3
TTG при 33,3 °С	35,8	22,0	12,0	5,7	0,5
TTG при 40,0 °С	13,2	7,2	3,0		

Окончание табл. 4.10					
РО соевое масло, %:	0	20	40	60	80
Саломас, %	100	80	60	40	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66					
ТТГ при 10,0 °C	61,5	45,0	30,7	19,0	8,0
ТТГ при 21,1 °C	48,5	34,0	21,5	12,5	5,2
ТТГ при 26,7 °C	41,5	28,5	17,5	9,0	2,0
ТТГ при 33,3 °C	23,8	14,5	8,0	3,2	
ТТГ при 40,0 °C	4,3	1,7			
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74					
ТТГ при 10,0 °C	39,1	28,0	18,7	10,5	3,6
ТТГ при 21,1 °C	21,0	14,0	8,5	4,0	
ТТГ при 26,7 °C	12,7	7,9	4,0		
ТТГ при 33,3 °C	1,9				
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 80					
ТТГ при 10,0 °C	25,4	16,8	12,2	6,8	3,0
ТТГ при 21,1 °C	10,4	6,4	3,6	1,7	
ТТГ при 26,7 °C	4,7	2,3	1,0		
РО кукурузное масло, %	0	20	40	60	80
Саломас: гидрогенизированное кукурузное масло с ЙЧ 66, %:	100	80	60	40	20
ТТГ при 10,0 °C	62,6	46,3	31,1	19,1	9,3
ТТГ при 21,1 °C	49,8	35,0	22,2	12,7	5,3
ТТГ при 26,7 °C	43,3	29,1	17,2	9,0	2,9
ТТГ при 33,3 °C	24,3	14,8	7,4	2,5	
ТТГ при 40,0 °C	4,7				
РО хлопковое масло, %	0	20	40	60	80
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66, %	100	80	60	40	20
ТТГ при 10,0 °C	60,5	46,0	32,3	19,5	8,5
ТТГ при 21,1 °C	49,0	35,0	23,2	13,0	5,0
ТТГ при 26,7 °C	44,3	30,3	19,4	10,0	2,8
ТТГ при 33,3 °C	26,5	16,5	9,8	4,5	
ТТГ при 40,0 °C	5,8	2,4			

Примечание. РО — рафинированное и отбеленное; ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; ТТГ — твердые триглицериды.

Состав и свойства масел	Таблица 4.11. Коэффициенты разбавления твердых триглицеридов (K_p) жидкими маслами	20	40	60	80
		80	60	40	20
РО соевое масло, %:					
Саломас, %					
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 60					
K_p при 10,0 °C	-20,8	-15,6	-9,5	-6,0	
K_p при 21,1 °C	-32,3	-23,8	-14,1	-8,3	
K_p при 26,7 °C	-39,8	-25,3	-15,6	-9,1	
K_p при 33,3 °C	-33,2	-23,7	-14,4	-8,3	
K_p при 40,0 °C	-16,8	-12,3	-8,8	-3,3	
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66					
K_p при 10,0 °C	-21,0	-15,5	-9,3	-5,4	
K_p при 21,1 °C	-24,0	-19,0	-11,5	-5,6	
K_p при 26,7 °C	-23,5	-18,5	-12,7	-7,9	
K_p при 33,3 °C	-22,5	-15,8	-10,5	-6,0	
K_p при 40,0 °C	-8,7	-6,5	-2,9	-1,0	
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74					
K_p при 10,0 °C	-16,5	-12,0	-8,5	-5,3	
K_p при 21,1 °C	-14,0	-10,3	-7,3	-5,3	
K_p при 26,7 °C	-11,3	-9,1	-8,5	-3,2	
K_p при 33,3 °C	-7,6	-2,9	-1,3	-0,5	
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 80					
K_p при 10,0 °C	-17,6	-10,1	-5,8	-2,6	
K_p при 21,1 °C	-10,1	-6,6	-4,1	-2,6	
K_p при 26,7 °C	-16,4	-4,6	-3,1	-1,2	
РО кукурузное масло, %		20	40	60	80
Саломас: гидрогенизированное кукурузное масло с ЙЧ 66, %:		80	60	40	20
K_p при 10,0 °C	-18,9	-16,2	-9,9	-4,0	
K_p при 21,1 °C	-24,2	-19,2	-12,0	-5,8	
K_p при 26,7 °C	-27,7	-22,0	-13,9	-7,2	
K_p при 33,3 °C	-23,2	-18,0	-12,0	-6,1	
K_p при 40,0 °C	-18,8	-7,1	-3,1	-1,2	
РО хлопковое масло, %		20	40	60	80
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66, %		80	60	40	20
K_p при 10,0 °C	-12,0	-10,0	-7,8	-4,5	
K_p при 21,1 °C	-21,0	-15,5	-11,0	-6,0	
K_p при 26,7 °C	-25,7	-18,0	-12,9	-7,6	
K_p при 33,3 °C	-23,5	-15,3	-10,2	-6,6	
K_p при 40,0 °C	-11,2	-8,7	-3,9	-1,5	

Примечание. ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; РО — рафинированное и отбеленное.

2. **Вычисления для смеси жировых основ.** Содержание ТТГ в смеси жировых основ (саломасов и жиров) является линейной функцией, и значения ТТГ для смеси определяют суммированием средневзвешенных значений для всех температур, при которых во всех компонентах имеется присутствуют ТТГ. Отсутствие ТТГ в любом из компонентов указывает на то, что твердые вещества других основ будут разбавляться. Эффект разбавления определяют таким же способом, как для жидких масел.
3. **Вычисления для смесей с твердыми жирами.** При использовании низкойодных твердых жиров их вклад в содержание ТТГ в смеси обычно составляет 100% или более, поскольку они являются почти полностью насыщенными. Измерить фактические значения содержания ТТГ в таких жирах не представляется возможным, поскольку их расширение будет во время анализа выводить дилатометр из строя. Их влияние на содержание ТТГ можно определить, оценивая смеси твердого жира с требуемым базовым компонентом или жидким маслом для определения «скачка» или расширения твердого жира при каждой температуре измерения содержания ТТГ. С скачок содержания ТТГ зависит от температуры определения, количества твердого жира в смеси и исходного масла, насыщением которого получен твердый жир. Коэффициент, соответствующий скачку содержания ТТГ (K_c), вычисляют по формуле

$$K_c = \frac{TTG_{sm} - TTG_{жо}}{C_{тж}},$$

где TTG_{sm} — содержание ТТГ в жировой смеси, %; $TTG_{жо}$ — средневзвешенное содержание ТТГ в жировой основе, %; $C_{тж}$ — содержание низкойодного твердого жира в смеси, %. $C_{жм}$ — содержание жидкого масла в смеси, %.

В табл. 4.12 приведены значения содержания ТТГ в смесях, составленных из различных саломасов и трех твердых жиров: пальмового масла с титром 56 °С, гидрогенизированного хлопкового масла с ЙЧ 4 и гидрогенизированного соевого масла с ЙЧ 28. В табл. 4.13 приведены коэффициенты скачка содержания ТТГ, вычисленные для тех же смесей, которые рассмотрены в табл. 4.12.

Таблица 4.12. Содержание ТТГ в смесях твердых жиров с более мягкими саломасами

Твердый жир: пальмовое масло, Т = 56, %	0	4	8	10	15
Саломас, %	100	96	92	90	85
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 109					
TTГ при 10,0 °C	2,0	6,0	10,0	12,0	17,0
TTГ при 21,1 °C	0,8	5,2	9,7	11,5	16,8
TTГ при 26,7 °C	—	4,9	9,7	11,5	16,8
TTГ при 33,3 °C	—	3,8	8,0	10,2	15,5
TTГ при 40,0 °C	—	1,0	5,5	7,3	12,5

Твердый жир: пальмовое масло, Т = 56, %	0	4	8	10	15
Саломас, %	100	96	92	90	85
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74					
TTГ при 10,0 °C	41,0	42,0	44,5	45,0	48,0
TTГ при 21,1 °C	23,5	26,8	31,0	32,5	36,7
TTГ при 26,7 °C	16,0	22,5	28,0	30,0	34,5
TTГ при 33,3 °C	4,0	11,5	18,0	21,5	26,0
TTГ при 40,0 °C	—	3,0	9,5	12,0	17,5
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66					
TTГ при 10,0 °C	64,0	66,0	67,0	67,3	68,0
TTГ при 21,1 °C	55,0	57,0	59,2	60,5	61,5
TTГ при 26,7 °C	50,5	53,5	56,5	58,0	59,5
TTГ при 33,3 °C	32,0	37,5	42,5	44,8	47,5
TTГ при 40,0 °C	15,0	17,5	23,5	26,0	31,0
Твердый жир: гидрогенизированное хлопковое масло с ЙЧ 4, %	0	5	10	15	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 91,5, %	100	95	90	85	80
TTГ при 10,0 °C	18,1	21,9	25,1	29,2	33,5
TTГ при 21,1 °C	7,6	12,9	18,6	22,6	26,4
TTГ при 26,7 °C	3,2	11,9	18,0	22,0	26,0
TTГ при 33,3 °C	0,1	8,5	14,7	19,5	24,0
TTГ при 37,8 °C	—	6,1	12,2	17,7	22,6
TTГ при 40,0 °C	—	5,1	10,9	16,8	22,2
Твердый жир: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 28, %	0	5	10	15	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 91,5, %	100	95	90	85	80
TTГ при 10,0 °C	18,1	23,7	26,8	29,9	31,8
TTГ при 21,1 °C	7,6	12,6	17,0	21,1	25,1
TTГ при 26,7 °C	3,2	9,6	14,8	19,6	23,7
TTГ при 33,3 °C	0,1	4,6	8,9	13,3	17,5
TTГ при 37,8 °C	—	1,8	5,2	8,7	12,4
TTГ при 40,0 °C	—	1,0	3,5	6,9	10,4

Примечание. Т — титр, °C; ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; ТТГ — твердые триглицериды.

Таблица 4.13 . Коэффициенты скачка содержания ТТГ (K_c)

Твердый жир: пальмовое масло, Т = 56, %	4	6	10	15
Саломас, %	96	94	90	85
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 109				
K_c ТТГ при 10,0 °C	1,02	1,02	1,02	1,02
K_c ТТГ при 21,1 °C	1,11	1,16	1,08	1,07
K_c ТТГ при 26,7 °C	1,23	1,20	1,15	1,12
K_c ТТГ при 33,3 °C	0,95	0,95	1,02	1,03
K_c ТТГ при 40,0 °C	0,25	0,50	0,73	0,83
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74				
K_c ТТГ при 10,0 °C	0,66	0,74	0,81	0,88
K_c ТТГ при 21,1 °C	1,19	1,15	1,14	1,12
K_c ТТГ при 26,7 °C	1,79	1,66	1,56	1,39
K_c ТТГ при 33,3 °C	1,92	1,87	1,79	1,51
K_c ТТГ при 40,0 °C	0,75	0,92	1,20	1,17
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66				
K_c ТТГ при 10,0 °C	1,14	1,06	0,97	0,96
K_c ТТГ при 21,1 °C	1,05	1,13	1,10	0,96
K_c ТТГ при 26,7 °C	1,26	1,26	1,26	1,11
K_c ТТГ при 33,3 °C	1,70	1,70	1,60	1,35
K_c ТТГ при 40,0 °C	0,78	1,12	1,25	1,22
Твердый жир: гидрогенизированное хлопковое масло с ЙЧ 4, %	5	10	15	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 91,5, %	95	90	85	80
K_c ТТГ при 10,0 °C	0,94	0,88	0,92	0,95
K_c ТТГ при 21,1 °C	1,14	1,18	1,08	1,02
K_c ТТГ при 26,7 °C	1,77	1,51	1,28	1,17
K_c ТТГ при 33,3 °C	1,68	1,46	1,29	1,20
K_c ТТГ при 37,8 °C	1,22	1,22	1,18	1,13
K_c ТТГ при 40,0 °C	1,02	1,09	1,12	1,11
Твердый жир: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 28, %	5	10	15	20
Саломас: гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 91,5, %	95	90	85	80
K_c ТТГ при 10,0 °C	1,30	1,05	0,97	0,87
K_c ТТГ при 21,1 °C	1,08	1,02	0,98	0,95
K_c ТТГ при 26,7 °C	1,31	1,19	1,13	1,06
K_c ТТГ при 33,3 °C	0,90	0,88	0,88	0,87
K_c ТТГ при 37,8 °C	0,36	0,52	0,58	0,62
K_c ТТГ при 40,0 °C	0,20	0,35	0,46	0,52

Примечание. Т – титр, °C; ЙЧ – йодное число, г J₂/100 г; ТТГ – твердые триглицериды.

4.9.3. Копирование триглицеридной структуры

Природные жировые системы представляют собой смеси различных триглицеридов. Их функциональные свойства и качественные характеристики непосредственно связаны с типом триглицеридов, присутствующих в жировой системе. Разработка рецептуры масложирового продукта методом копирования триглицеридной структуры природного образца требует знания качественного и количественного триглицеридного состава этого образца жировой системы. Определение триглицеридного состава жира или масла вполне возможно, но для этого требуется хорошо оснащенная лаборатория и трудоемкий, длительный анализ. Правильное представление о молекулярном составе жиров можно получить по жирнокислотному составу с дополнительным уточнением, позволяющим различить позиционные и геометрические изомеры жирных кислот и триглицеридов.

После определения молекулярной структуры исходной жировой системы (образца) для получения ее аналога, имеющего требуемый состав, смешивают отдельные компоненты, состоящие из определенных масел и продуктов гидрогенизации, фракционирования, переэтерификации или сочетания этих процессов. Триглицериды с нежелательной структурой, которые содержатся в исходных маслах или образуются в результате обработки, необходимо удалить из смеси. Этот процесс приводит к появлению одного или нескольких вторичных продуктов, поэтому при разработке продукта-аналога требуются дополнительные исследования по рентабельному использованию этих фракций.

Этот метод разработки рецептуры был успешно использован в промышленности, но область его применения в основном ограничена эквивалентами масла какао. Масло какао преимущественно (примерно на 75%) состоит из симметричных триглицеридов с олеиновой жирной кислотой в положении sn-2. Кроме того, оно содержит приблизительно 20% триглицеридов, жидких при комнатной температуре, с диапазоном плавления 32–35 °C и размягчающихся примерно при температуре 30–32 °C.

Уникальный триглицеридный состав, а также чрезвычайно низкое содержание диглицеридов обеспечивают маслу какао желательные физические свойства и способность рекристаллизоваться в стабильную кристаллическую форму.

Масло какао – простая трехкомпонентная система, состоящая из триглицеридов типа пальмитиновая–олеиновая–пальмитиновая (*palmitic–oleic–palmitic, POP*), пальмитиновая–олеиновая–стеариновая (*palmitic–oleic–stearic, POS*) и стеариновая–олеиновая–стеариновая (*stearic–oleic–stearic, SOS*). Если компоненты, содержащие эти три триглицерида, смешиваются в правильных пропорциях, то получающийся в результате продукт будет вести себя аналогично маслу какао [51]. Промышленные продукты, состоящие из фракции пальмового масла со средней точкой плавления, богатой триглицеридами *POP*, и тропических масел, получаемых из плодов деревьев ши или сэл, фракционируют в целях получения фракций, обогащенных триглицеридами *POS* и *SOS*. При правильных подготовке и смешивании этих компонентов получается растительный жир, который по своим функциональным свойствам эквивалентен маслу какао [52].

4.10. Взаимозаменяемость исходных масел и жиров

Возможность замены одного исходного масла на другое в ряде случаев может быть весьма желательной в силу разных причин, например, наличия сырья, снижения расходов, религиозных запретов, потребительских предпочтений, законодательства и т. д. Степень возможной взаимозаменяемости определяется несколькими факторами:

- характеристикаами первоначального продукта;
- заменяемым исходным маслом и маслами;
- требованиями к функциональным свойствам;
- имеющимися у разработчика рецептуры знаниями и информацией о жировых продуктах.

Разработчик рецептур, естественно, использует в качестве заменителей те масла и жиры, которые доступны ему; они могут отличаться от образца по химическому составу и физическим свойствам, в связи с чем для того, чтобы они стали адекватными заменителями, могут потребоваться различные методы обработки. Кроме того, для успешной замены или разработки альтернативной рецептуры необходимо учитывать влияние эмульгаторов, антиоксидантов, ингибиторов кристаллизации, пеногасителей и других добавок.

Возможность замены исходного масла предполагает, что существует продукт с приемлемыми функциональными свойствами. Любая разработка альтернативной рецептуры начинается с определения требований к продукту. Например, маргарин разрабатывался в целях обеспечения надежных поставок более дешевого заменителя сливочного масла. От этого продукта требовалось, чтобы его вкусовые характеристики, консистенция и ощущение во рту были такими же, как у сливочного масла. В этом случае технологическая обработка использовалась для производства заменителя, а не для точного аналога существующего продукта.

В процессе разработки рецептур со взаимозаменяемыми жирами и маслами применяют следующие средства:

- аналитические методы для определения характеристик существующего продукта;
- процессы, изменяющие физические и химические показатели исходных масел;
- испытания функциональных свойств, позволяющие определить наличие требуемых характеристик у продукта-заменителя;
- базы данных, позволяющие осуществить отбор потенциальных компонентов продукта [53].

Степень возможной взаимозаменяемости определяется характеристиками исходного продукта, маслами-заменителями и предъявляемыми требованиями к функциональности. В простейших случаях в целях замены исходных масел используют следующие операции:

- прямая замена одного масла другим;
- смешивание натуральных масел;
- включение в состав заменителя гидрогенизованных масел или твердых жиров для получения нужной кривой плавления (содержания ТТГ).

Разработка альтернативной рецептуры становится более сложной при существенных различиях характеристик исходных масел, как в случае замены полутвердого масла (например, пальмового) жидким (например, соевым). Также необходимо учитывать форму кристаллов вносимого масла или жира и его влияние на кристаллизацию продукта. Полиморфная β -форма стабильнее β' -формы, но скорость перехода из одной кристаллической формы в другую различна для каждого типа масла. Для большинства шортенингов и маргаринов предпочтительна β' -форма, поскольку она обеспечивает пластичность, однородную текстуру и повышенную взбиваемость. Для β -кристаллической формы характерно образование крупных гранулированных кристаллов и соответственно продукты получаются восковыми и зернистыми с низкой способностью к аэрированию. Масложировые продукты, имеющие β -форму кристаллов, хорошо проявляют себя в хрустящих пирогах, для которых желательна зернистая текстура; во фритюрных жирах, кристаллы которых разрушаются при нагревании и в жидких шортенингах, где для поддержания стабильности и текучести предпочтительны крупные зернистые кристаллы. Соотношение компонентов β - и β' -форм помогает определить доминирующую кристаллическую форму, однако более высокоплавкая часть триглицеридов отверженного продукта обычно вынуждает жир принять характерную для них кристаллическую форму. На практике использование твердых жиров β' -типа в количестве около 5% позволяет стабилизировать продукт в β' -полиморфной форме. Другими способами стабилизации β' -кристаллов являются переэтерификация, транс-изомеризация жирных кислот, хранение при низких температурах и использование таких добавок, как сорбитантристеарат и диглицериды.

Литература

1. Markley, K. S. Nomenclature, classification and description of individual acids // *Fatty Acids / Markley, K. S., ed. — 2nd ed. — Vol. 1. — New York: Interscience Publishers, 1960. — P. 34, 35, 36–46, 50–53.*
2. Cook, R. Thermally induced isomerism by deodorization // *INFORM*, 2002, 13, 71–76.
3. Watkins, B. A., Hennig, B., Taborek, M. Dietary fat and health // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products / Hui, Y. H., ed. — 5th ed. — Vol. 1 — New York: John Wiley & Sons, 1996. — P. 168–169.*
4. Haumann, B. F. Stearic acid: a «different» saturated fatty acid. *INFORM*, 1998, 9, 202–208.
5. Neff, J. Fat city for fat research // *Food Process.*, 1998, 59(2), 31–35.
6. Dutton, H. J., Evans, C. D., Cowan, J. C. Status of research on the flavor problem of soybean oil at the Northern Research Laboratory // *Am. Assoc. Cereal Chemists*, 1953, 11, 116–135.
7. Hunter, J. E. *Trans*-fatty acids, effects and alternatives // *Food Technol.*, 2002, 56(12), 140.
8. Gunstone, F. D., Hilditch, T. // *J. Chem. Soc*, 1946, 1022.
9. Erickson, D. R., List, G. R. Fat degradation reactions // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products / Applewhite, T. H., ed. — 4th ed. — Vol. 3 — New York: John Wiley & Sons, 1985. — P. 275–277.*
10. Fritsch, C. W. Lipid oxidation: the other dimensions // *INFORM*, 1994, 5, 423–436.
11. White, P. J. Flavor quality of fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 352–353.*
12. Buck, D. F. Antioxidants in soya oil // *JAOCs*, 1981, 58, 275.
13. Sherwin, E. R. Antioxidants for vegetable oils // *JAOCs*, 1976, 53, 430–436.

14. *Tenox Natural Tocopherols* / Eastman Chemical Co. // Technical Data Bulletin 2G-263 – Kingsport, TN, 1990.
15. Chahine, N. H., MacNeill, R. F. Effect of stabilization of crude whale oil with tertiary butylhydroquinone and other antioxidants upon keeping quality of resultant deodorized oil // *JAOCS*, 1974, 51, 37–41.
16. Sherwin, E. R. Antioxidants for food fats and oils // *JAOCS*, 1992, 49, 468–172.
17. Luckadoo, B. M., Sherwin, E. R. Tertiary butylhydroquinone as antioxidant for crude sunflower seed oil // *JAOCS*, 1972, 49, 95–97.
18. Sherwin, E. R., Luckadoo, B. M. Studies on antioxidant treatment of crude vegetable oils // *JAOCS*, 1970, 47, 19–23.
19. Kraybill, H. R. et al. Butylated hydroxyanisole as an antioxidant for animal fats // *JAOCS*, 1949, 26, 449–453.
20. Bessler, T. R., Ortheofer, R. T. Providing lubricity in food fat systems // *JAOCS*, 1983, 60, 1765–1768.
21. Broady, H., Cochran, M. Shortening for bakery cream icings and cream fillers // *The Baker's Digest*, 1978, 52(12), 23.
22. Hoerr, C. W. Morphology of fats, oils, and shortenings // *JAOCS*, 1960, 37(10), 539–546.
23. Hoerr, C. W., Moncrieff, J., Paulicka, F. R. Crystallography of shortenings // *The Bakers Digest*, 1966, 40(4), 38–40.
24. Hoerr, C. W., Ziembka, J. V. Fat crystallization points way to quality // *Food Eng.*, 1965, 37(5), 90–93.
25. Wiederman, L. H. Margarine and margarine oil, formulation and control // *JAOCS*, 1988, 55, 825–828.
26. Posmore, J. Application of modification techniques // *Recent Advances in Chemistry and Technology of Fats and Oils* / Hamilton, R. J., Bhati, A., eds. – London: Elsevier, 1987. – P. 172–175.
27. Mattil, K. F. Plastic shortening agents // *Bailey's Industrial Oil and Fats Products* / Swern, D., ed. – 3rd ed. – New York: Interscience, 1964. – P. 273–275.
28. Williams, K. A. // *J. Soc. Chem. Ind.*, 1927, 46, 448–449.
29. Latondress, E.-G. Formulation of products from soybean oil // *JAOCS*, 1981, 53, 185–187.
30. O'Brien, R. D. Formulation: single feedstock situation // *Hydrogenation: Proceedings of an AOCS Colloquium* / Hastein, R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1987. – P. 155–169.
31. Latondress, E. G. Shortenings and margarines: basestock preparation and formulation // *Handbook of Soya Oil Processing and Utilization* / Erickson, D. R. et al., eds. – Champaign, IL: American Soybean Association and AOCS Press, 1980. – P. 146–154.
32. Thomas III, A. E. Importance of glyceride structure to product formulation // *JAOCS*, 1981, 58, 238–239.
33. Patterson, H. B. W. Hydrogenation of vegetable oils // *Oleagineux*, 1973, 28, 585.
34. Hastert, R. C. Cost/quality/health: the three pillars of hydrogenation // *Proceedings of World Conference, Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices* / Erickson, D. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1990. – P. 148–149.
35. Lampert, D. Processes and products of interesterification // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. – 2nd ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 208–222.
36. Wainwright, B. Specialty fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. – 2nd ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 2000. – P. 505–511.
37. Nash, N. H., Brickman, L. M. Food emulsifiers science and art // *JAOCS*, 1972, 49, 457–461.
38. Birnbaum, H. The monoglycerides: manufacture, concentration, derivatives, and applications // *The Baker's Digest*, 1981, 55(12), 6–16.
39. Dziezak, J. D. Emulsifiers: the interfacial key to emulsion stability // *Food Technol.*, 1988, 42(10), 172–186.
40. Krog, N. Functions of emulsifiers in food systems // *JAOCS*, 1977, 54, 124–131.

41. Neu, G. D., Simcox, W. J. Dough conditioning and crumb softening in yeast-raised bakery products with succinylated monoglycerides // *Cereal Foods World*, 1975, 20, 203–208.
42. Henry, C. Monoglycerides: the universal emulsifier // *Cereal Foods World*, 1995, 40, 734–738.
43. Silva, R. Phospholipids as natural surfactants for the cereal industry // *Cereal Foods World*, 1990, 35, 1008–1012.
44. Sinram, R. D. The added value of specialty lecithins // *Oil Mill Gazetteer*, 1991, Sept., 22–26.
45. *The Atlas HLB System* / Anon. – 3rd ed. – Wilmington, DE: Atlas Chemical Industries, 1963. – P. 3–20.
46. Griffin, W. C., Lynch, W. C. Surface-active agents // *CRC Handbook of Food Additives* / Furia, T. E., ed. – Vol. 1. – Boca Raton, FL: CRC Press, 1972. – P. 404–410.
47. Grindsted Emulsifiers / Anon. – North Kansas City, MO: Grindsted Products – P. 3–5.
48. Durkee Food Emulsifiers / Anon. – Cleveland, OH: Durkee Industrial Foods Group – P. 6–8.
49. *Those Wonderful Disappearing Emulsifiers from Humko Chemical* / Anon. – Memphis, TN: Humko Chemical Division, Witco Corp. – P. 1–3.
50. *The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* / American Oil and Chemists' Society – 4th ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1994.
51. Shukla, V. K. S. Confectionery fats // *Edible Fats and Oils Processing – Basic Principles and Modern Practices: World Conference Proceedings* – Erickson, D. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1990. – P. 228.
52. Haumann, B. F. Confectionery fats for special uses // *JAOCS*, 1984, 61, 468–172.
53. Young, F. V. K. Interchangeability of fats and oils // *JAOCS*, 1985, 62, 372–375.

Глава 5

Типы шортенингов

5.1. Введение

Первоначально слово «шортенинг» (*shortening*) использовалось для характеристики роли натуральных твердых жиров, таких как топленый свиной жир (лярд) и сливочное масло, в выпечке. Эти жиры использовались для придания выпеченным продуктам рассыпчатости¹, поскольку препятствовали склеиванию пшеничной клейковины при замесе и выпечке. Позднее термин «шортенинг» начали применять производители растительных масел, отказавшиеся от названия «заменитель животного жира». В категорию шортенингов входили все новые продукты, и эти ингредиенты, имевшие ранее весьма ограниченное применение, начали использоваться для производства всех видов выпечки. В наши дни слово «шортенинг» стало почти синонимом выражения «жировой продукт». В это понятие теперь входит множество видов пищевых жиров, применение которых не имеет отношения к выпечке. Чаще всего продукты, относящиеся к шортенингам, состоят только из жировых веществ; исключением является шортенинг для слоенного теста, в составе которого допускается присутствие влаги. Многие масложировые продукты в настоящее время называют шортенингом, чтобы отличать их от маргарина. Жирсодержащий продукт принято считать маргарином, если доля жира в нем составляет не менее 80% и содержание витамина А соответствует нормативам. Продукты, не отвечающие этим критериям, относятся к шортенингам, для которых в США стандарт идентичности отсутствует. В настоящее время шортенингом называют продукт, полученный в результате переработки масел или жиров, оказывающий влияние на стабильность, сохранение качества при хранении, вкус и запах, текстуру и внешний вид готовых пищевых продуктов за счет обеспечения эмульгирования, смазывающего действия, влияния на структуру, барьерных свойств по отношению к влаге, а также вследствие выполнения функций носителя вкусоароматических веществ и переносчика тепла при термообработке.

¹ Название «шортенинг» (*shortening*) происходит от английского слова *short* – рассыпчатый (применительно к печенью). – Примеч. перев.

5.1.1. Развитие производства

Нельзя сказать точно, когда и каким образом человек научился применять жиры и масла, но известно, что первобытные народы, обитавшие в самых разных климатических условиях, применяли их как в пищу, так и в качестве лекарства, косметического средства, горючего для освещения, консерванта, смазки, а также в других целях. Применять жиры в пищу человек начал, скорее всего, инстинктивно, тогда как к более широкому их использованию его подтолкнуло наблюдение за их характеристиками и поведением в различных условиях окружающей среды. Первые жиры, которые начал использовать человек, были, вероятнее всего, животного происхождения и выделялись из тканей путем нагревания или кипчения. Для получения масел из семян и орехов потребовалось разработать более сложные методы переработки, включающие в себя термическую обработку, измельчение и отжим [1].

Вероятно, первые животные жиры были получены человеком из туш диких животных. Затем человек приручил животных, и жир домашних животных стал важным пищевым продуктом. В пищу из всех животных жиров предпочитали использовать свиной, а другие виды жиров применяли в непищевых целях. Одной из причин такого выбора был более приятный вкус свиного жира, но все же главным его достоинством, обусловившим применение в пищевых продуктах, была пластичная консистенция, легко позволяющая при комнатной температуре вносить его в тесто для хлеба, печенья, кексов и мучных кондитерских изделий, а также в большинство других видов выпечки. Говяжий или бараний жир для такого применения имеют слишком твердую консистенцию, а жиры, которые в то время получали из морских животных, – слишком текучую [2].

Шортенинги из жиров растительного происхождения впервые начали производить в США. После гражданской войны площади посева хлопчатника значительно увеличились, в результате чего возросло производство хлопкового масла. Сначала его использовали в качестве недорогого заменителя китового жира, но такое применение сошло на нет с развитием нефтехимической отрасли в США. В Европе хлопковое масло использовалось как ингредиент кормов для животных, кроме того, им разбавляли более дорогое оливковое масло. В связи с такой фальсификацией были введены пошлины на импортируемое из США хлопковое масло, его экспорт в Италию был полностью прекращен. Однако в связи с высокими ценами на свиной жир хлопковое масло нашло применение на внутреннем рынке. На мясоперерабатывающих предприятиях начали тайком добавлять хлопковое масло в свиной жир. Обнаружить это удалось тогда, когда «Армор энд Компани» (*Armour and Company*) заметили, что на их предприятие поступает больше свиного жира, чем можно получить, зарезав все имевшееся на тот момент поголовье свиней. Обман был раскрыт, последовало расследование в конгрессе, в результате которого производителей обязали называть продукцию такого типа «смесь со свиным жиром» [3, 4].

Но для выпечки и обжаривания предпочтение все же отдавалось свиному жиру, и широкое применение хлопкового масла в этих областях стало возможным лишь после значительного совершенствования технологий переработки масла. Технология щелочной рафинации была разработана в Европе в 1840-е гг., но в США на-

чала применяться только в 1880-е гг. Этот химический метод рафинации удаляет свободные жирные кислоты и значительную долю пигментов, но и после очистки хлопковое масло далеко не всегда имело приемлемые показатели. Потребитель пришел к белому цвету свиного жира, поэтому для получения приемлемого заменителя лярда хлопковое масло, имеющее соломенно-желтый цвет, приходилось отбеливать. Сначала хлопковое масло в целях отбеливания выдерживали в течение длительного времени (до 18 мес.) на солнце в неглубоких чанах. Первым абсорбентом, применявшимся для отбеливания, стал активированный уголь, позднее он был заменен фуллеровыми землями (отбеленными глинами), патенты на применение которых были выданы в 1880 г. [5]. На первых этапах применения жидкые растительные масла переводили в твердое или пластичное состояние путем смешивания большого количества растительного масла с небольшой долей олеостеарина или других твердых животных жиров; однако хлопковое масло придавало такому продукту настолько сильный неприятный вкус и запах, что это отрицательно сказывалось на спросе. Попытки устраниить неприятный запах химическими методами или скрыть его за счет специй или вкусовых добавок не увенчались успехом. Примерно с 1891 г. начала применяться дезодорация, осуществлявшаяся путем пропускания острого пара через нагретое масло, и большинство американских производителей вскоре взяли этот метод на вооружение [6]. Позднее процесс дезодорирования был усовершенствован Вессоном, который обрабатывал масло перегретым паром, выдерживая его под вакуумом [7].

Внедрение технологии каталитической гидрогенизации позволило компаниям, перерабатывавшим растительные масла, стать независимыми от мясоперерабатывающих предприятий и положило начало новой эпохи. До этого момента в качестве загустителя смеси приходилось использовать олеостеарин, и мясокомбинаты, осознавая свою монополию, предлагали этот продукт по высоким ценам. Гидрогенизация же предоставила возможность преобразовывать жидкие растительные масла в полутвердое состояние, при этом полученный продукт по консистенции напоминал жиры, производившиеся с добавлением стеарина из животных жиров. В 1897 г. в Париже Сабатье открыл парофазную каталитическую гидрогенизацию, используя в качестве катализатора никель. Шесть лет спустя Норман, немец, работавший в Англии, получил британский патент на гидрогенизацию, а в 1906 г. гидрогенизация китового жира была осуществлена в промышленных масштабах. В 1909 году компания «*Procter & Gamble*» приобрела права на патент Нормана в США, а в 1911 г. выпустила первый шортенинг, изготовленный полностью из растительного сырья. Продукция получила название «Киспо» (*Kispo*), но затем ее переименовали в «Криско» (*Crisco*), по первым буквам названия основного компонента — кристаллизованное хлопковое масло (*Crystallized Cottonseed Oil*) [8]. В США Криско до сих пор занимает ведущее место среди шортенингов для домашней кулинарии. Успех гидрогенизированного хлопкового масла на рынке привел к тому, что другие компании подали в суд. В результате Верховный суд США принял решение считать недействительным исключительные права «*Procter & Gamble*» на пользование патентом Нормана, и с того момента все компании отрасли получили возможность применять технологию гидрогенизации [7, 9].

Мясоперерабатывающие предприятия по-прежнему предлагали смеси на основе топленого свиного жира (которые позднее стали называть просто «смеси»), а гидрогенизацию применяли лишь для производства твердых жиров, которые иногда использовались вместо олеостеарина. Производители жиров на основе хлопкового масла оказались людьми дальновидными и перестали называть свою продукцию «заменителем свиного жира», вместо этого позиционируя ее как новый пищевой ингредиент, который стал известен под называнием «шортенинг». Впоследствии развитие этого продукта происходило в двух разных направлениях: производился как шортенинг, состоящий только из гидрогенизированного растительного масла, так и имеющий сложный состав, подобно упоминавшимся выше смесям.

Благодаря процессу гидрогенизации шортенинги на основе хлопкового масла обладали явным преимуществом по сравнению с жировыми смесями, предлагаемыми мясоперерабатывающей промышленностью. Эта важнейшая технология позволяла изменять структуру жидкого по своей природе масла и получать более твердый продукт. Свойства шортенинга на основе гидрогенизированного хлопкового масла можно было целенаправленно регулировать, тогда как консистенция свиного жира зависела от времени года, от породы и возраста свиней, от кормов, на которых их выращивали. Шортенинг на основе гидрогенизированного хлопкового масла отличала исключительная нейтральность вкуса, стойкость к окислению и однородность — все это и заставило как крупные хлебопекарные предприятия, так и домохозяек предпочесть его продуктам на основе животных жиров. Потребители готовы были к более высокой цене на шортенинги из гидрогенизированного хлопкового масла.

Отверждение масел с получением мягких и пластичных шортенингов и маргаринов представляло собой серьезную проблему для производителей пищевых масел. Чистый свиной жир содержит сравнительно небольшую долю тугоплавких фракций, поэтому для получения из него однородной пластичной массы было достаточно медленного охлаждения. Для этого жир, как правило, перемешивали в чанах, снабженных охлаждающей водяной рубашкой. Шортенинг обоих типов — как сочетающий в своем составе свиной жир и хлопковое масло, так и гидрогенизованный — в результате такой переработки приобретал зернистую структуру. В 1883 г. Бернэмом был запатентован холодильный барабан с внутренним охлаждением, предназначенный для кристаллизации смесей, содержащих свиной жир. Барабан представлял собой вращающийся полый металлический цилиндр, охлаждаемый посредством циркуляции холодной воды или рассола. На вращающийся барабан тонким слоем наносилась смесь, содержащая свиной жир, или шортенинг; на холодной поверхности жидкий жир переходил в твердое состояние, после чего соскребался в специальную емкость, так называемый поддон или желоб для сбора, где продолжалась кристаллизация и происходило насыщение продукта воздухом. Собранный в желоб продукт под большим давлением продавливали через небольшое отверстие, благодаря чему воздух равномерно распределялся в масле. Использование такого процесса кристаллизации позволяло вводить в состав смеси на основе свиного жира большее количество хлопкового масла [10].

В начале 1930-х гг. был разработан усовершенствованный теплообменник для фризерования мороженого, на основе которого был создан закрытый кристаллиза-

тор непрерывного действия скребкового типа. Этот вид оборудования стал использоваться для пластификации шортенинга и маргарина вместо охлаждающего барабана [11]. Установка *Votator®* позволяла за несколько секунд охладить шортенинг или маргарин и обеспечить его пластификацию при непрерывном прохождении сырья через закрытую систему с автоматическим управлением. Применение вататора имело ряд преимуществ [12]:

- закрытая система лучше обеспечивала соблюдение санитарных норм;
- продукт получался более однородным за счет более точного регулирования введения азота, температуры, параметров перемешивания под давлением и количества подаваемого сырья;
- сократилась себестоимость продукции благодаря экономии трудовых ресурсов, меньшей производственной площади и снившейся потребности в холодае;
- уменьшились потери продукта.

Некоторые разновидности таких закрытых установок, в которых охлаждение продукта происходит на внутренних стенках цилиндра, до сих пор применяются для пластификации шортенингов и маргарина.

В 1933 г. был внедрен в производство шортенинг *High Ratio* (высокорецентурный) с дополнительно вносимыми глицеридами¹; это повлекло за собой значительные изменения в хлебопекарной промышленности и в производстве шортенинга. Новый шортенинг содержал моно- и диглицериды, обеспечивавшие более тонкую дисперсию частиц жира в тесте для торты, т. е. шарики жира получались меньшего размера и в большем количестве, благодаря чему взбитое тесто становилось прочнее. Шортенинг, содержащий эмульгаторы, позволял вводить в тесто для торта большее количество жидкости, благодаря чему стало возможным повышение дозировки сахара. Кроме того, поверхностно-активные вещества способствовали лучшему аэрированию и взбиванию, и функциональные свойства шортенинга стали в меньшей степени зависеть от особенностей его кристаллизации и содержания ТТГ. Это преимущество позволило также сократить дозировку шортенинга в рецептурах некоторых видов мучных кондитерских изделий, не снижая при этом степени аэрирования и нежной текстуры готового продукта. Внесение моно- и диглицеридов в шортенинги дало возможность изготавливать более влажные и пышные торты с однородной мелкопористой текстурой, имевшие более длительные сроки хранения. Дополнительным положительным моментом стало и то, что использование шортенингов, содержащих эмульгаторы, позволяло производить более легкие глазури и кондитерские начинки с более высоким содержанием влаги, сроки хранения изделий из дрожжевого теста стали более длительными [13]. За счет внесения эмульгаторов улучшились такие функциональные свойства шортенингов, как способность к аэрированию, удержанию влаги, к образованию комплексов с крахмалом, а также другие существенные характеристики, что положительно сказалось на качестве многих пищевых продуктов.

¹ Правообладателем названия *High Ratio* является компания «Procter & Gamble», Цинциннати, штат Огайо.

Развитие производства шортенингов, в состав которых входили эмульгаторы, обеспечило новые сферы применения этой продукции масложировой отрасли и положило начало выпуску шортенингов для конкретных продуктов. Вскоре после окончания Второй мировой войны были запущены в производство новые типы шортенингов, специально разработанные для определенных областей применения, например, для производства выпеченных полуфабрикатов для торты, фунтовых кексов, сухих полуфабрикатов для МКИ, хлебобулочных изделий, изделий из слоенного или слоеного теста, а также глазури, кремовых начинок, взбитых растительных сливок [14]. Разработка шортенингов для узкого применения повлекла за собой дальнейшее всестороннее развитие масложировой отрасли, а шортенинги нашли применение не только в производстве выпеченных изделий. Были созданы новые продукты, например, заменители молочного жира, специальные жиры для кондитерских изделий, для предприятий общественного питания и других направлений использования, успешно применяемые именно благодаря целенаправленной разработке шортенингов конкретного назначения.

В конце 1950 гг. инфляция и возросшая стоимость рабочей силы обусловили необходимость повышения уровня автоматизации, что вызвало особый интерес производителей пищевых продуктов к новым способам обработки всех ингредиентов. На предприятиях, потреблявших большие объемы фасованного шортенинга, начали искать пути к бестарной транспортировке и хранению этого продукта. Зачастую внедрение этих систем заставляло предприятия пищевой промышленности устанавливать оборудование для пластификации в дополнение к установкам для хранения и выгрузки шортенинга в разогретом состоянии. Такие технологические требования, связанные с бестарным хранением, способствовали разработке жидкого шортенинга. За счет особой обработки этот продукт, представляющий собой суспензию твердых жиров в жидком масле и содержащий эмульгаторы или другие добавки, оставался жидким или текучим при комнатной температуре. Такой шортенинг можно без нагревания перекачивать насосами, дозировать и хранить бестарным способом. В жидкий шортенинг требуется вносить эмульгаторы или другие добавки, обеспечивающие функциональные свойства, необходимые при производстве определенных видов изделий — чаще всего МКИ, хлебобулочных изделий, заменителей молочных продуктов, продуктов, обжаренных во фритюре, и др. Жидкие шортенинги не вытеснили с рынка пластичный шортенинг, фасованный или поставляемый наливом, а сформировали особый тип шортенинга.

В настоящее время имеются шортенинги для отдельных пищевых продуктов, зачастую даже разработанные для той или иной технологии производства. Для обеспечения особых функциональных свойств, необходимых в некоторых технологических процессах, были разработаны шортенинги и стабилизаторы глазури в форме хлопьев. Оба этих продукта отличаются как от традиционного шортенинга, находящегося в твердом состоянии и имеющего пластичную консистенцию, так и от разработанных позднее жидких шортенингов — и тот, и другой по форме напоминают хлопья или стружку. Благодаря шортенингу в форме хлопьев стало возможно внедрение новых технологий производства слоеного теста, обеспечивающих хлопьевидную структуру готовой продукции. Стабилизаторы улучшают функциональные

свойства и внешний вид упакованных масложировых продуктов, что обеспечивает им более высокий спрос на рынке.

Развитие технологий позволило расширить имеющиеся знания о маслах и жирах, что способствовало внедрению более совершенных видов продукции во всех отраслях пищевой промышленности. С помощью специализированных видов шортенинга были созданы совершенно новые пищевые продукты, расширен ассортимент продукции для розничной торговли и предприятий общественного питания. Слово «шортенинг» больше не связано с функцией, которую обеспечивает масложировой продукт, и не указывает на тип или консистенцию такого продукта. В настоящее время производят шортенинги как с пластичной консистенцией, так и жидкые, хлопьевидные и порошкообразные. Они могут быть предназначены для самых разных сфер применения, например, для хлебопекарной, кондитерской промышленности, для производства заменителей молочных продуктов, снеков, диетических смесей и различных готовых пищевых продуктов.

5.1.2. Исходные масла

Шортенинги обладают уникальным для пищевых ингредиентов свойством — широкими возможностями замены одного вида сырья другим при производстве многих продуктов. Однако иногда при замене в данном продукте определенного масла на другое может потребоваться дополнительная обработка, что может повысить себестоимость продукции до нежелательного уровня. При условии достижения в результате этой обработки необходимых физических и химических показателей готового продукта главным предметом рассмотрения в процессе принятия решения о применении нового сырья становится цена на него. Как показывает опыт, даже небольшие различия в стоимости различных исходных масел могут значительно повлиять на соотношение масел, применяемых в производстве шортенинга.

В прошлом масла и жиры в составе того или иного шортенинга могли заменяться в более широких пределах, чем в настоящее время. Сейчас производитель обязан приводить на этикетке перечень исходных масел, что затрудняет выпуск того же самого продукта из другого сырья. Но потребители шортенингов могут выбирать среди нескольких вариантов, изготовленных из разного сырья, если при этом функциональные свойства продукта остаются сопоставимыми. В табл. 5.1 показаны изменения в применении различных видов исходных масел при производстве шортенингов в США с 1940 по 2000 г. [2, 15–17].

В 1940 г. применение свиного жира в качестве шортенинга значительно снизилось, а основным маслом, используемым для производства шортенингов, стало хлопковое. Интересно, что в этот же период времени второе место по объему применения в производстве шортенингов занимало соевое масло, на которое приходилось почти 18% от общего объема сырья. В следующем десятилетии, на которое пришлись годы Второй мировой войны, произошли значительные изменения в сырьевой базе, что можно легко заметить при сравнении сведений за 1940 и 1950 гг.: самым широко применяемым растительным маслом стало уже не хлопковое, а соевое, на долю которого приходилась почти половина используемого сырья (48,7%), кроме того,

Таблица 5.1. Применение растительных масел и животных жиров в производстве шортенингов в США, тыс. т

Наименование сырья	Год						
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Кокосовое масло	8,2	9,1	4,5	20,4	46,8	15,4*	—
Кукурузное масло	0,5	0,5	1,8	5,4	НД	122,6	12,3
Хлопковое масло	373,6	249,2	165,7	125,3	85,8	114,4	75,4
Пальмовое масло	НД	НД	НД	40,9	85,4	94,9*	84,9*
Арахисовое масло	10,4	5,4	0,9	7,3	НД	НД	НД
Соевое масло	96,2	381,8	530,7	990,6	1203,5	1817,8	2594,2
Свиной жир (лярд)	7,7	80,4	217,9	195,2	171,6	119,9	108,5
Твердые животные жиры	26,3	14,1	121,7	237,0	305,5	289,2	128,9
Неидентифицированный жир	20,0	12,3	1,4	3,2	8,2	6,4	—
Всего	542,9	752,8	1044,6	1625,3	1906,8	2233,3	2831,6
На душу населения, кг	—	5,0	5,7	7,9	8,3	10,1	10,5

* По приблизительным оценкам; НД — нет данных.

благодаря внедрению переэтерификации свиного жира в 1950 г. этот вид сырья вернулся в производство шортенинга. Переэтерификация позволила изменить триглицеридную структуру свиного жира так, что его консистенция, внешний вид и способность к взбиванию стали сопоставимы с соответствующими характеристиками шортенингов из растительного сырья.

Соевое масло, в прошлом мало распространенное и вызывавшее много проблем, во время Второй мировой войны стало широко применяться в связи с отсутствием других масел. После войны объемы его использования могли сохраниться лишь при условии разработки технологии, обеспечивающей стабильность органолептических показателей продукции на основе соевого масла. В конце Второй мировой войны стало известно, что немецкие производители растительного масла разработали способ замедлить ухудшение вкуса и запаха соевого масла. Для этого дезодорированное масло обрабатывали лимонной кислотой, связывающей металлы-прооксиданты в виде хелатных (комплексных) соединений [18]. Такая обработка повышала стабильность органолептических показателей соевого масла. Были разработаны и другие технологические приемы, позволяющие достичь того же эффекта (например, применение более подходящего катализатора гидрогенизации, антиоксидантов, поверхностью-активных веществ и насыщения азотом). Использование этих способов обработки в сочетании с другими технологическими усовершенствованиями и усилением контроля качества позволили соевому маслу в 1960 г. занять доминирующее положение среди других видов сырья для шортенингов, обеспечивая более

половины от общего объема исходных масел. Впоследствии доля соевого масла в производстве шортенинга возросла и по данным на 2000 г. превысила 86%.

В середине 1970-х гг. наметилась тенденция существенного увеличения объемов использования пальмового масла при производстве шортенингов в США. Если в 1960 г. его применение было столь незначительно, что данные об этом даже не зафиксированы, то в 1975 г. в производстве шортенингов на его долю приходилось 16% от общего объема сырья. Достаточно низкие цены на пальмовое масло стимулировали многие компании к использованию этого сырья во всех возможных направлениях. Пальмовое масло оказалось отличной пластифицирующей добавкой, вызывающей кристаллизацию шортенинга в β' -форме; оно в больших количествах применялось в производстве картофеля-фри. Таким образом, увеличение применения пальмового масла в производстве шортенингов произошло в первую очередь за счет сокращения доли хлопкового масла и твердых животных жиров. Применение пальмового масла в течение некоторого времени составляло около 5% от общего объема сырья, применяемого для производства шортенинга. Затем его использование резко снизилось в связи с получившими широкую известность сведениями о потенциальной опасности использования данного масла в пищу (особенно это касалось влияния насыщенных жирных кислот на развитие атеросклероза). В начале 1990-х гг. применение пальмового масла для производства шортенинга сократилось до 1,5%, но затем снова стало расти.

Кокосовое масло и другие лауриновые масла считаются менее подходящими для производства большинства шортенингов в связи с характерным для них небольшим диапазоном пластической деформации, склонностью к пенобразованию при использовании для обжаривания во фритюре в смеси с другими жирами, а также вследствие мыльного привкуса, возникающего в результате гидролиза. Однако тот же диапазон пластической деформации, которому способствует четко выраженная температура плавления, является преимуществом при производстве начинок для конфет и печенья, поскольку продукция на основе этих масел великолепно «тает во рту». Кокосовое масло, применяемое отдельно от других масел, обладает значительной стабильностью при жарке благодаря высокому содержанию насыщенных жирных кислот, оно широко применялось в качестве фритюра в мексиканской кухне. Возможно, именно этим объяснялся высокий уровень его применения в 1980–81 гг. Это направление использования также претерпело значительные изменения в связи с распространением информации о негативных последствиях использования этого масла в качестве фритюрного жира. В связи с этим предприятия общественного питания отказались от применения кокосового масла для жарки и заменили его другими шортенингами, считающимися более безопасными для здоровья. Несомненно, что именно благодаря таким изменениям в 1990 г. для производства шортенингов было использовано значительное количество кукурузного масла, но после 1991–1992 гг. его применение сильно сократилось, что связано с переходом предприятий общественного питания на использование для жарки продуктов других растительных масел, в основном соевого масла.

С середины 1950-х гг. животные жиры снова завоевали популярность, они заняли заметное место среди жирового сырья для производства шортенинга. Возрос-

ший объем применения лярда и твердых животных жиров объяснялся двумя причинами:

- предприятия фаст-фуда (быстрого питания) провели кампанию по продвижению картофеля фри, обладающего мясным привкусом, который появляется при обжаривании во фритюре на основе твердых животных жиров;
- переэтификация свиного жира придала ему функциональные свойства, позволяющие применять его в производстве выпеченных изделий наравне с гидрогенизованными растительными маслами.

Позднее появились технологии, позволившие заменить переэтифицированный свиной жир смесью растительных масел и твердых животных жиров, имевшей более благоприятные экономические показатели. Применение животных жиров возрастило до тех пор, пока озабоченность общественности по поводу отрицательного влияния холестерина на здоровье не вынудила крупные предприятия-производители пищевых продуктов перейти на более безопасное жировое сырье. Применение животных жиров, на долю которых в течение 30 лет приходилось от 25 до 30% от общего объема сырья для шортенингов, к 2000 г. снизилось до 8% и менее.

Общий объем применения шортенингов в США за пятьдесят лет (с 1950 по 2000 г.) увеличился более чем в пять раз, а в пересчете на душу населения — более чем вдвое. Возросшее применение шортенингов отчасти объясняется тем, что в США изменились привычки питания, а именно — время, место и частота приемов пищи. Намного большее распространение получили полуфабрикаты быстрого приготовления и снэки, развивались и предприятия общественного питания. По некоторым оценкам, в США в настоящее время около 45% средств, расходуемых на продукты, приходится на питание вне дома. Эти изменения повлияли на ассортимент и объемы производства шортенингов. Пищевой промышленности и предприятиям общественного питания требовалась жиры определенного назначения, обладающие соответствующими функциональными свойствами и обеспечивающие более высокое качество продукции. Но при этом объем потребления шортенингов для домашней кулинарии начал снижаться.

В большинстве случаев рост или снижение использования различных видов жирового сырья определяется экономическими причинами, но многие из относительно недавних изменений были связаны со стремлением производителя улучшить имидж своей продукции путем повышения ее безопасности для здоровья. Возможно, в будущем стремление к здоровому питанию будет способствовать развитию технологий, изменяющих состав исходных масел. Селекция растений и генная инженерия сделали возможным производство масел, обогащенных каким-либо одним компонентом, или практически не содержащих нежелательных веществ. В табл. 5.2 приведен жирнокислотный состав трех видов масел, промышленно выпускаемых из семян модифицированных масличных культур. В настоящее время выпускается масло из гибридных культур подсолнечника и сафлора, в котором повышенное содержание олеиновой кислоты и значительно снижена доля линолевой. Низкоэруковое рапсовое масло (канола) появилось в результате модификации рапса или горчицы, в результате которой из состава масла почти полностью исчезла эруковая кислота ($C_{18:1}$). Эти и другие изменения, произошедшие в выращивании масличных

культур, рассмотрены в главе 1. Производимые на данный момент растительные масла из модифицированных культур не предназначались и не применялись для производства шортенингов, за исключением масла канолы (рапсового), требующего гидрогенизации для такого применения. Однако теоретически с помощью биотехнологии можно обеспечить практически любой состав масла [19]. В пользу этой теории говорит создание рапсового масла с повышенным содержанием лауриновой кислоты [20]. Таким образом, возможно, в будущем для производства шортенингов с требуемыми функциональными характеристиками не потребуется дополнительной переработки, поскольку фермеры смогут выращивать масличные культуры, обеспечивающие необходимые технологические свойства и пищевую ценность.

Таблица 5.2. Жирнокислотный состав масел гибридных масличных культур, %

Наименование жирной кислоты	Сафлоровое масло		Подсолнечное масло		Рапсовое масло	
	обычное	высоко-олеиновое	обычное	высоко-олеиновое	обычное	низко-эруковое (канола)
Миристиновая C _{14:0}	0,1	—	0,1	—	—	0,1
Пальмитиновая C _{16:0}	6,8	3,6	7,0	3,7	4,0	4,1
Пальмитолеиновая C _{16:1}	0,1	0,1	0,1	0,1	—	0,3
Стеариновая C _{18:0}	2,3	5,2	4,5	5,4	2,0	1,8
Олеиновая C _{18:1}	12,0	81,5	18,7	81,3	34,0	60,9
Линолевая C _{18:2}	0,4	7,2	67,5	9,0	17,0	21,0
Линоленовая C _{18:3}	—	0,1	0,8	—	7,0	8,8
Арахиновая C _{20:0}	0,3	0,4	0,4	0,4	—	0,7
Гадолиновая C _{20:1}	0,1	0,2	0,1	—	9,0	1,0
Бегеновая C _{22:0}	0,2	1,2	0,7	0,1	—	0,3
Эруковая C _{22:1}	—	—	—	—	26,0	0,7
Лигноцериновая C _{24:1}	—	0,3	—	—	—	0,2

5.1.3. Формы выпуска шортенингов

Потребности пищевой промышленности обеспечиваются производством шортенингов в трех формах: пластичной, жидкой (пригодной для перекачивания насосами) и гранулированной (в виде хлопьев, порошка). Практически все виды шортенинга могут поставляться как в упаковке, так и бесстарным способом (наливом):

- **Пластичные шортенинги.** Состав большинства таких шортенингов обеспечивает оптимальные функциональные характеристики в готовом продукте. Шортенинги универсального назначения представляют собой смесь жиров животного и растительного происхождения, содержащую эмульгаторы или без них, с широким диапазоном использования. Но большинство других видов шортенингов, как правило, классифицируют в соответствии с назначением (например, шортенинги для МКИ, глазури, меллорина, заменители молочного жира, хлебопекарные, фритюрные жиры и т. п.).

- **Жидкие шортенинги.** Жидкими или текучими шортенингами считаются все жидкые суспензии, состоящие из диспергированного в жидком масле твердого жира, как правило, в β-кристаллической форме, или тугоплавкого эмульгатора. Этот тип шортенингов был разработан для бесстарной транспортировки и дозирования при комнатной температуре, а также для более удобного обращения с фасованным продуктом, который можно перекачивать и отмерять волюметрически.
- **Шортениги в виде хлопьев, гранулированные, порошкообразные.** Шортенинги этого типа состоят из тугоплавких пищевых масел, которые подверглись отверждению с образованием этих форм в целях облегчения транспортировки, более быстрого плавления или для обеспечения определенных функций в пищевом продукте.
- **Бестарная транспортировка (наливом).** Пищевые предприятия, применяющие шортенинги в достаточно больших объемах, чаще всего закупают жидкий шортенинг наливом. Поставки осуществляются в автоцистернах, вмещающих от 18 до 22 т продукта, или в железнодорожных цистернах вместимостью от 68 до 82 т. Системы бесстарной транспортировки пластичного шортенинга, который обычно поставляют в фасованном виде, предусматривают наличие на предприятиях пищевой промышленности оборудования для его хранения и переработки, в первую очередь установки для его охлаждения и пластификации. Некоторые виды продукции допускают внесение шортенинга сразу после пластификации, без темперирования, поскольку характер кристаллизации обеспечивается эмульгаторами (например, при производстве сухих полуфабрикатов для МКИ), тогда как при производстве других видов продукции для обеспечения требуемого качества шортенинг необходимо темперировать.

5.2. Пластичные шортенинги

При разработке шортенингов для применения в производстве пищевых продуктов необходимо учитывать многие факторы, которые зависят от конкретного потребителя, имеющегося у него оборудования, его технических возможностей, предпочтений, клиентской базы и многих других особенностей. В настоящее время разрабатываются шортенинги как специального назначения, так и универсального характера. Свойства универсального шортенинга должны обеспечивать более широкие возможности применения, чем у шортенинга, рассчитанного на конкретную технологию и вид продукции. Разработка шортенинга с определенными функциональными свойствами должна предусматривать три стадии.

- **Определение требований к продукту.** Выявляют функциональные требования, предъявляемые к шортенингу в отрасли или на конкретном предприятии пищевой промышленности, которые связаны с применением готового продукта, сроком его хранения и технологическими требованиями производства.
- **Разработка состава.** При разработке состава шортенинга, в который входят различные масла, жиры и пищевые добавки, необходимо установить пределы

допустимых отклонений в дозировке каждого компонента, обеспечивающие однородность продукта и оптимальные функциональные характеристики.

- **Отработка технологических параметров.** Особое внимание уделяют химическим и физическим показателям, которые являются критическими для достижения соответствующих данному шортенингу функциональных характеристик. Отработка параметров может включать в себя выбор поставщиков сырья и учитывать, помимо прочего, темперирование и систему поставок потребителю.

Наиболее важными для шортенинга характеристиками могут быть разные его свойства в зависимости от вида пищевого продукта, для которого он предназначен. При производстве некоторых продуктов вкус, который шортенинг придает изделию, почти не имеет значения; однако шортенинг оказывает положительное воздействие на текстуру готовой продукции. Это особенно заметно на примере недавно появившихся обезжиренных продуктов: в большинстве из них отсутствуют те качества, которые придавали привычному продукту масложировые составляющие. В большинстве случаев шортенинг одновременно выполняет несколько функций. При обжаривании во фритюре жиры служат средой, передающей тепло, смазывающим веществом и придают характерный вкус продукту. Шортенинги обеспечивают аэрирование, смазывающую способность и необходимую структуру МКИ, глазури, начинок, в том числе кремовых, взбитых сливок. Изделиям из дрожжевого и бездрожжевого слоеного теста и основам для пиццы шортенинг придает характерную структуру. При производстве продукции из дрожжевого теста, например, хлебобулочных изделий, шортенинг обеспечивает смазывание и увеличивает срок хранения продукта. Таким образом, шортенинг играет важнейшую роль в формировании характерной структуры большинства видов готовых пищевых продуктов и оказывает заметное влияние на качество готовых изделий.

При разработке шортенингов для узкой области применения особенно важную роль играют физические свойства применяемых жиров и масел. Для обеспечения требуемых характеристик масла могут быть модифицированы с помощью различных технологий. Основной технологией, применяемой для изменения физических характеристик шортенингов, является гидрогенизация. Температуру плавления и форму кривой плавления определенного масла можно полностью изменить с помощью данной технологии, при этом изменение характеристик будет зависеть от условий проведения гидрогенизации. Возможность управления условиями гидрогенизации позволяет производителю производить шортенинги, физические свойства которого более точно соответствуют предъявляемым требованиям. Однако спрос на шортенинги, не содержащие *транс*-изомеров жирных кислот, может привести к использованию других технологий модификации масел в целях обеспечения их функциональности, в частности, переэтерификации, фракционирования, а также к производству продуктов на основе масел из ГМИ.

Значительное влияние на консистенцию, кристаллическую структуру и функциональные характеристики шортенинга оказывает его состав, но помимо него важную роль играют и методы пластификации и темперирования. Пластификацию шортенинга осуществляют перед его фасованием, что обеспечивает однородность продукта по всему объему, более привлекательный внешний вид, лучшие функциональные

характеристики. Метод отверждения шортенинга оказывает значительное влияние на форму и размер кристаллов, а также на скорость их перехода в устойчивую кристаллическую форму. Для отверждения шортенингов и придания им желательной консистенции обычно применяется технология шокового охлаждения: нагретый жир быстро охлаждается в цилиндрических скребковых теплообменниках (переходадителях), поступает в обрабатывающую установку или декристаллизатор, затем его фасуют и темперируют в состоянии покоя. Охлаждающие установки отводят теплоту кристаллизации, обеспечивают формирование кристаллов и осуществляют механическую обработку, тогда как декристаллизаторы повышают пластичность и улучшают текстуру отверженного шортенинга. После фасовки большинство видов хлебопекарных шортенингов темперируют в течение 24–72 ч при температуре 29,4 °С, что позволяет обеспечить оптимальную консистенцию и способность к взбиванию. В процессе темперирования температура каждого кристалла повышается в одинаковой степени и достигает необходимого значения, при этом на поздних этапах преобразования кристаллов продукт не перемешивается.

5.3. Жидкие шортенинги

До начала применения эмульгаторов, антиоксидантов и пеногасителей функциональные свойства масложировых продуктов зависели исключительно от их жирно-кислотного состава, формы кристалла, а также от методов пластификации и темперирования. Способность пластичных шортенингов к аэрированию коррелирует с полиморфной формой триглицеридов, тогда как от степени насыщенности или ненасыщенности зависит срок хранения и стабильность при жарке. Жиры, состоящие из мелких кристаллов в β' -форме, обеспечивают аэрирование взбитого теста намного эффективнее, чем жиры с крупными β -кристаллы, а насыщение ненасыщенных жирных кислот позволяет устраниć реакционно-активный участок, с которым мог бы взаимодействовать кислород, благодаря чему улучшаются такие показатели, как устойчивость к окислению, срок хранения и стабильность при жарке.

В настоящее время в состав жидких шортенингов вводят эмульгаторы, антиоксиданты и пеногасители. Хотя форма кристаллов и степень насыщенности исходных масел по-прежнему играют важную роль, использование этих добавок позволило обеспечить необходимые функциональные характеристики, ранее определявшиеся только составом жирового сырья. При использовании таких добавок функциональные характеристики продукта стали намного меньше зависеть от наличия твердых жиров, что привело к разработке и внедрению жидких, или текучих, шортенингов, предназначенных для мучных изделий (как дрожжевых, так и на химических разрыхлителях), для жарки во фритюре и на сковороде на предприятиях общественного питания, а также для производства заменителей молочных продуктов. Жидкий, или текучий, шортенинг сочетает в себе отличные функциональные характеристики пластичного шортенинга и удобство транспортировки и хранения наливом, присущее жидким маслам. Жидкий шортенинг представляет собой стабильную дисперсную систему, текучую и пригодную к перекачиванию насосами

в температурном диапазоне от 15 до 32 °С, непрерывной фазой которой является жидкое масло, а дисперсной фазой — твердые вещества в требуемой полиморфной форме. Твердые вещества могут быть представлены твердыми жирами или эмульгаторами, а иногда и теми, и другими. При выборе жидкого масла руководствуются требованиями к окислительной стабильности, выбор твердых веществ зависит от назначения шортенинга.

При производстве стабильной текучей суспензии важно учитывать тип и содержание твердых веществ. Для жидкого шортенинга, в отличие от пластичных, желателен состав, стабильный в β-форме, крупные кристаллы которой обычно образуют устойчивую дисперсию. Аэрирование взбитого теста для кексов при использовании пластичного шортенинга достигается при однородной пластичной консистенции, что обеспечивается применением масел, кристаллизующихся в β'-форме, а также быстрым охлаждением и темперированием, тогда как аэрирование жидких шортенингов обусловлено наличием соответствующей эмульгирующей системы. Для повышения устойчивости к окислению смазывающих жировых смесей со слабо выраженным вкусом в их состав добавляются антиоксиданты. Весьма эффективным пенообразителем является полидиметилсилоксан (Е900), который также предотвращает окисление; благодаря ему жидкий непрозрачный шортенинг приобретает функциональные свойства, характерные для пластичного тугоплавкого фритюрного жира.

Процесс кристаллизации жидких шортенингов играет такую же важную роль, как и состав жидкого масла, поскольку он обеспечивает концентрацию β-кристаллической матрицы, при которой вязкость будет достаточно низкой для перекачивания насосом или для переливания, но при этом и достаточно высокой, для сохранения стабильности суспензии в течение длительного срока. При производстве жидкого шортенинга требуется правильно подобрать ингредиенты, растворить в жидком масле добавки и твердые масла и обеспечить регулируемую кристаллизацию продукта. Технологии кристаллизации жидких шортенингов с низким и с высоким содержанием твердого жира более подробно рассмотрены в главе 2 (п. 2.17.4).

Жидкий шортенинг после кристаллизации не требует темперирования, его можно непосредственно после выработки направлять потребителю как в фасованном виде, так и наливом. В обоих случаях преимущество перед пластифицированным шортенингом состоит в удобстве применения и дозирования. Фасованный жидкий шортенинг можно наливать из потребительской тары, отмеряя нужный объем. Для хранения жидкого шортенинга, поставляемого наливом, не требуется оборудования с подогревом, перекачивание насосом и дозирование этого продукта можно осуществлять при комнатной температуре.

5.4. Шортенинги в виде хлопьев, гранулированные и порошкообразные

Шортенинги в виде хлопьев представляют собой тугоплавкий продукт из пищевых масел, отверженный и имеющий форму тонких хлопьев (стружки), которая облегчает работу с ним, способствует быстрому плавлению, а также может выпол-

нять особые функции в составе отдельных пищевых продуктов. Традиционно в хлопьевидной форме выпускаются продукты на основе насыщенных масел, известных как стеарин или низкойодные твердые жиры. В настоящее время помимо хлопьев из твердых жиров выпускаются шортенинги, предназначенные для конкретных направлений использования, в которых эта форма желательна. Такие хлопьевидные шортенинги и стабилизаторы находят применение в производстве многих видов пищевой продукции. Третьим видом продукции на основе тугоплавких низкойодных жиров является порошкообразный шортенинг.

Для твердых жиров или стеаринов селективность гидрогенизации не имеет особого значения, поскольку реакция обеспечивает почти полную насыщенность жира; однако для шортенинга в виде хлопьев и некоторых видов стабилизаторов селективность играет очень важную роль, поскольку определяет функциональные характеристики готового продукта. Сыре для шортенинга в форме хлопьев гидрогенизируются селективно, чтобы кривая плавления имела крутой наклон, а температура плавления была минимально возможной, но при этом позволяла бы продукту сохранять форму хлопьев после упаковки, во время транспортировки на предприятия пищевой промышленности, при переработке в готовую продукцию и до момента его использования потребителем.

Состав большинства видов шортенингов в форме хлопьев можно подобрать на основе системы саломасов, представленной в табл. 4.6 (п. 4.5), при этом возможно использование либо смеси селективно гидрогенизованных саломасов, или саломасов, особым образом гидрогенизованные в присутствии обработанного серой катализатора, что обеспечивает требуемый крутой наклон кривой плавления и заданную температуру плавления. Температура плавления большинства видов шортенинга-хлопьев из масел производства США обычно составляет от 43 до 48 °С. При более низкой температуре плавления такие шортенинги зачастую требуется охлаждать перед употреблением, чтобы они не потеряли форму и не слиплись, находясь в упаковке. Шортенинг в форме хлопьев также производится на основе гидрогенизованных лауриновых масел — кокосового или пальмоядрового. Температура плавления шортенинга на основе лауриновых масел составляет от 38 до 42 °С. В состав хлопьев могут быть введены вкусоароматические добавки, красители, специи и другие вещества в целях защиты от окисления или удобства внесения добавок в данный пищевой продукт.

Стабилизаторы продукции для выпечки получают путем менее селективной гидрогенизации, их температура плавления обычно составляет от 45 до 52 °С. Незначительный наклон кривой плавления таких саломасов позволяет стабилизировать глазурь разных видов и другие компоненты МКИ, сохраняя при этом мягкую консистенцию. При производстве стабилизаторов глазури обычно используют масла, получаемые в США, что позволяет достичь требуемого состава и физических показателей.

Порошкообразные шортенинги в зависимости от способа получения бывают двух типов:

- сухие жиры — распылительная сушка жировой эмульсии, содержащей нежироные носители;

- гранулированные жиры — распыление тугоплавкой жировой смеси с последующим охлаждением.

Сухие жиры (порошкообразные шортенинги распылительной сушки) представляют собой частично гидрогенизованные жиры, заключенные в оболочку из водорастворимых веществ. Шортенинги могут быть гомогенизированы в растворе различных носителей (например, в обезжиренном молоке, в растворенных сухой кукурузной патке, казеинате натрия, соевом изоляте). В состав шортенинга для придания ему определенных функциональных свойств могут входить эмульгаторы. Содержание жира в сухих жирах составляет обычно от 50 до 80% и зависит от состава исходной эмульсии перед распылительной сушкой [21]. Этот вид шортенингов применяют в производстве некоторых сухих полуфабрикатов, благодаря чему облегчается процесс смешивания с другими сухими ингредиентами.

Для придания порошкообразной или гранулированной формы твердым жирам применение носителя не требуется. В США используют три основных способа производства порошкообразных или сыпучих жиров: распылительное охлаждение, измельчение хлопьев жира, а также образование хлопьев при распылении и их измельчение. Твердые жиры, полученные методом распылительного охлаждения, сложнее точно дозировать или перемешивать до однородного состояния. Из-за своей сферической формы частицы порошка, полученного путем распылительного охлаждения, могут действовать как шарикоподшипники, в результате чего вибрационные питатели могут неравномерно подавать сырье; кроме того, в сухих смесях сферические частицы имеют тенденцию образовывать отдельный слой. Частицы, образовавшиеся в результате измельчения готовых хлопьев или сразу после их образования путем распыления, имеют неправильную, угловатую форму, благодаря чему вибрационный или шнековый питатель подает их с постоянной скоростью, а в смеси с другими сыпучими веществами такие гранулы распределяются более равномерно.

Литература

1. Markey, K. S. Historical and general // *Fatty Acids: Their Chemistry, Properties, Production, and Uses* / Markley, K. S., ed. — 2nd ed. — Part 1 — New York: Interscience, 1960. — P. 13.
2. Mattil, K. F. Plastic shortening agents // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. — 3rd ed. — New York: Interscience, 1964. — P. 265–271, 296.
3. Jones, L. A., King, C. C. *Cottonseed Oil* / National Cottonseed Products Association and the Cotton Foundation. — Memphis, TN, 1990. — P. 5–7.
4. Meyer, L. H. Fats and other lipids // *Food Chemistry* / Meyer, L. H., ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1975. — P. 55.
5. Black, H. C. Edible cottonseed oil products // *Cottonseed and Cottonseed Products* / Alton E. Bailey, A. E., ed. — New York: Interscience, 1948. — P. 732–733.
6. Morris, C. E. Mechanics of deodorization // *AOCS*, 1949, 26, 607.
7. Wrenn, L. B. Pioneer oil chemists: Allbright, Wesson // *INFORM*, 1995, 6, 98.
8. Wrenn, L. B. Eli Whitney and his revolutionary gin // *INFORM*, 1993, 4, 12–15.
9. Hasten, R. C. Oilseed processing: past, present, and future // *INFORM*, 1998, 9, 1140.
10. O'Brien, R. D. Shortening technology // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Fair, W. E., Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 422–426.

11. Rini, S. J. Refining, bleaching, stabilization, deodorization, and plasticization of fats, oils, and shortenings // *AOCS*, 1960, 37, 519.
12. Slaughter, Jr., J. E. *Proceedings: A Six Day Short Course in Vegetable Oils*. — August 16–21. — Champaign, IL: AOCS Press, 1948. — P. 120.
13. Hartnett, D. I. Cake shortenings // *AOCS*, 1977, 54, 557.
14. Robinson, H. E., Mattel, K. F. Fifty years of progress in the technology of пищевые жиры и масла // *AOCS*, 1959, 36, 434–436.
15. *Fats and Oils Situation* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture Economic Research Service, 1977.
16. *Oil Crops Situation and Outlook Yearbook* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture Economic Research Service, 1985.
17. *Oil Crops Situation and Outlook Yearbook* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture Economic Research Service, 2000. — P. 50, 63.
18. Dutton, H. J. History of the development of soy oil for edible uses // *AOCS*, 1981, 58, 234–236.
19. Haumann, B. F. The goal: tastier and «healthier» fried foods // *INFORM*, 1996, 1, 320–334.
20. Del Vecchio, A. J. High-laurate canola // *INFORM*, 1996, 7, 230–242.
21. Weiss, T. J. Shortening: introduction // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 129–130.

Глава 6

Хлебопекарные шортенинги

6.1. Введение

Термином «хлебопекарные шортенинги» обозначают не только масложировые продукты, используемые в процессе выпекания хлебобулочных изделий; к ним относятся также шортенинги, применяемые для производства любых пищевых продуктов, основным ингредиентом которых является мука, а термообработка осуществляется путем прямого теплового излучения от стен или от верхней и нижней внутренних поверхностей печи либо другого нагревательного устройства. Более конкретный перечень таких продуктов включает в себя хлебобулочные изделия, кексы, торты, изделия из сдобного теста, бисквиты, печеные, крекер, и различные пироги — в этой продукции мука является основным и необходимым ингредиентом. Кроме того, в эту группу входят и различные виды глазури, кремов, топпингов, начинок и т. п., использующиеся для отделки готового изделия. В домашней кулинарии выпечку можно назвать искусством, в котором изредка случаются неудачи, тогда как на промышленных предприятиях это скорее прикладная наука, для них в связи с большими объемами производства однородность продукции совершенно необходима, ошибки могут привести к очень серьезным последствиям. Для поддержания рентабельности предприятия хлебопекарной или кондитерской промышленности необходимо обеспечить выпуск качественной продукции при минимальной ее себестоимости, а для этого крайне важным является постоянство характеристик всех используемых ингредиентов.

В хлебопекарной промышленности шортенинг является очень важным ингредиентом, поскольку его доля в большинстве видов выпечки составляет от 10 до 50 %. Шортенинг оказывает влияние на различные свойства выпеченной продукции, а именно [1]:

- придает продукту рассыпчатость или сдобность и мягкость, улучшая его органолептические характеристики;
- способствует аэрированию, необходимому для разрыхления и увеличения объема продукции;

- обеспечивает желательную пористость и текстуру;
- придает хлопьевидную структуру хрустящим пирогам, дрожжевому или бездрожжевому слоеному тесту;
- играет роль смазки, предотвращая слипание частиц клейковины, благодаря чему замедляется черствение продукции;
- повышает способность удерживать влагу, что позволяет увеличить сроки хранения;
- обеспечивает характерную структуру МКИ, глазурей и начинок.

Обладающий большим диапазоном пластической деформации универсальный шортенинг, который производят путем смешивания неселективно гидрогенизированного саломаса с твердыми низкоденным жирами, является основой для многих видов хлебопекарных шортенингов как широкого назначения, так и специализированных. На рис. 6.1 показано развитие ассортимента масложировых продуктов, основанных на универсальном шортенинге, в результате которого обеспечиваются необходимые функциональные характеристики жиров в различных выпеченных изделиях.



Рис. 6.1. Разработка специализированных хлебопекарных шортенингов на основе универсального продукта

Технологии, благодаря которым стало возможно производство универсального шортенинга, позволили создать и многие специализированные жировые продукты. Гидрогенизация и смешивание различных саломасов с исходными маслами позволили регулировать содержание ТТГ, показатели плавления и характерную форму кристаллизации — показатели, определяющие консистенцию продукта. В результате предприятия масложировой отрасли получили возможность разрабатывать шортенинги с заданными функциональными характеристиками. Внесение эмульгаторов обеспечивает эмульгирование, способствующее повышению влажности готового продукта, а также аэрирование, удерживание влаги, образование комплексов с крахмалом, замедление черствения, улучшение органолептических показателей и другие функциональные возможности, что повышает эффективность применения хлебопекарного шортенинга. Два подхода к получению шортенинга с широким диапазоном пластиичности (производство продукта с внесением эмульгаторов и без них) позволили разработать специализированные жиры, представленные на рис. 6.1, а также некоторые другие.

За время, прошедшее после внедрения моно- и диглицеридов в хлебопекарную отрасль, были разработаны несколько видов новых эмульгаторов, которые оказались очень полезны для производителей шортенингов и различных мучных и кондитерских изделий. Эти эмульгаторы при правильном их применении позволяли снизить зависимость способности к аэрированию от кристаллической формы пластифицированного или твердого шортенинга. Шортенинги с повышенной способностью к эмульгированию нашли широкое применение в производстве сухих полуфабрикатов для домашней выпечки, что позволяло сократить продолжительность замеса, увеличить объем готового изделия, повысить устойчивость теста при замесе. Более сложные типы эмульгирующих систем способны были обеспечить такую же способность к аэрированию, как и кристаллические жиры, что позволило наладить промышленный выпуск жидкого шортенинга. Были разработаны поверхностно-активные вещества, способные образовывать комплексы с крахмалом или взаимодействующие с белками муки, и отчасти благодаря таким веществам жидкие шортенинги начали применяться для производства изделий из дрожжевого теста. Свойства эмульгаторов и разработка некоторых особых технологических процессов дали возможность использовать жидкие шортенинги, представляющие собой взвесь твердых жиров и эмульгаторов в жидком масле, в производстве МКИ и изделий из дрожжевого теста. Казалось, что характеристики этого жидкого шортенинга идеально соответствовали требованиям хлебопекарной промышленности: он обладал необходимыми функциональными свойствами, при этом его можно было хранить в цистернах без подогрева, отмерять в требуемых количествах и перекачивать насосом, что позволяло соблюдать требуемую дозировку ингредиентов смеси. Однако жидкий шортенинг не оправдал возлагавшихся на него надежд: как правило, для поддержания однородности его требуется перемешивать, а функциональные характеристики позволяют применять его лишь в узких областях. Например, жидкий шортенинг для МКИ может применяться исключительно для производства кексов и выпеченных полуфабрикатов для тортов или даже только для полуфабрикатов определенного типа, он непригоден для использования в глазурях, начинках или

для производства других мучных изделий — из дрожжевого или взбитого теста. Наиболее эффективно применение жидких хлебопекарных шортенингов на крупных предприятиях по изготовлению МКИ, а также при производстве хлебобулочных изделий по непрерывной технологии, где используются специальные автоматизированные производственные линии.

Шортенинги в виде хлопьев постепенно становились специализированным ингредиентом, для определенных видов выпеченных изделий. Функциональные особенности этого продукта практически всегда зависят от соотношения твердых и жидких веществ или содержания ТТГ, а также от температуры плавления. Эти характеристики, а также хлопьевидная или гранулированная форма шортенинга обусловили его удобство в работе и способность растапливаться быстро или с данной скоростью, выполняя функции, требующиеся для определенного вида изделий. Хлопьевидные продукты традиционного типа, т. е. низкойодные твердые жиры, могут применяться в различных целях, но чаще всего их используют в целях регулирования характеристик плавления какого-либо жирового продукта. Шортенинги и стабилизаторы в форме хлопьев представляют собой продукты селективной гидрогенизации смесей различных масел или отдельного масла, имеющие функциональные характеристики, требующиеся при производстве печенья, основы для пиццы, хлебобулочных изделий, глазури, донатсов, различных сухих полуфабрикатов и прочих видов мучных изделий.

6.2. Универсальные шортенинги

Универсальный хлебопекарный шортенинг стал компромиссным продуктом: он может применяться для производства выпеченных изделий, глазури и начинок, а также в качестве фритюрного жира. В состав универсального шортенинга, как правило, входит либо 3–15% практически полностью насыщенного твердого жира в β' -кристаллической форме, смешанного с частично гидрогенизованным саломасом, либо смесь твердых животных жиров с растительным маслом, либо переэтерифицированный свиной жир.

Функциональные свойства универсального шортенинга зависят главным образом от содержания твердых веществ при определенной температуре. Состав универсального шортенинга подбирают таким образом, чтобы он при температурах от 10 до 15 °C не был слишком твердым и не становился слишком мягким при 32–38 °C. Твердые шортенинги в β' -кристаллической форме добавляют для расширения диапазона пластической деформации, повышения устойчивости шортенинга к воздействию высоких температур и обеспечения требуемой формы кристаллов. В качестве твердой жировой основы, вызывающей кристаллизацию в β' -форме, что способствует улучшению текстуры, консистенции и способности к взбиванию, используют, как правило, почти полностью насыщенное хлопковое масло, пальмовое масло или твердый животный жир. Состав наиболее распространенных видов универсального шортенинга (растительного и смешанного происхождения) представлен в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Состав универсального шортенинга

Наименование жирового сырья	Содержание компонентов, %					
	Растительное сырье	Смесь сырья животного и растительного происхождения				
Гидрогенизированное хлопковое масло, ЙЧ 80	90,0	—	—	—	—	91,0
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 88	—	88,0	—	—	—	89,0
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 96	—	—	—	35,0	—	—
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 109	—	—	—	—	14,5	—
РО пальмовое масло	—	—	91,0	55,0	—	—
Твердый животный жир	—	—	—	—	82,5	—
Гидрогенизированное хлопковое масло, Т = 60	10,0	—	—	—	—	—
Пальмовое масло, Т = 56	—	12,0	9,0	10,0	—	—
Твердый животный жир, Т = 59	—	—	—	—	3,0	11,0
Содержание ТТГ, % при:						
10,0 °C	26	31	25	32		
26,7 °C	20	20	18	21		
40,0 °C	Не менее 9	11	10	Не менее 9		

Примечание. ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; РО — рафинированное и отбеленное; Т — титр, °C.

Гидрогенизация жиров или масел повышает устойчивость шортенинга к окислению и стабильность при жарке. В наибольшей степени это происходит при селективных условиях гидрогенизации и низком йодном числе саломаса; однако неселективная гидрогенизация обеспечивает более плоскую форму кривой плавления и, соответственно, широкий диапазон пластической деформации. По мере повышения твердости саломаса снижается его количество в рецептуре, необходимое для обеспечения желательной консистенции. При сокращении дозировки твердого жира уменьшается диапазон пластической деформации и снижается термоустойчивость шортенинга; следовательно, повышение окислительной стабильности достигается при одновременном снижении пластичности, а широкий диапазон пластической деформации обеспечивается за счет устойчивости к окислению и стабильности при жарке. Кроме того, окислительная стабильность смеси не является усредненным значением стабильности всех ее компонентов. Эта характеристика непосредственно связана с содержанием и типом ненасыщенных жирных кислот, присутствующих в смеси. Так, при смешивании в равных пропорциях саломаса, имеющего индукционный период по МАК 40 ч, и саломаса с индукционным периодом 100 ч этот показатель стабильности смеси будет иметь не среднее значение (70 ч), а около 40 ч, приближаясь к более ненасыщенному компоненту [2]. При решении данной проблемы

необходимо выбирать компромиссное решение, учитывая при этом требования, которые предъявляются к шортенингу в предполагаемой сфере его применения.

Важной характеристикой универсального хлебопекарного шортенинга является диапазон пластической деформации, поскольку консистенция зависит от температуры. Не вызывает сомнения, что продукт с хорошим диапазоном пластичности остается мягким при низких температурах и твердым при высоких. Если было возможно достичь идеального диапазона пластичности, продукт имел бы одну и ту же наиболее желательную консистенцию, при низких и высоких температурах. В действительности же при температурах выше этого диапазона шортенинг становится хрупким, при более низких — слишком мягким. В обоих случаях снижается взбиваемость и обрабатываемость продукта. Пластичен и удобен в работе, как правило, шортенинг с содержанием твердых жиров от 15 до 25%. По этой причине универсальный шортенинг, функциональные свойства которого при производстве мучных изделий зависят от консистенции, должен иметь состав, обеспечивающий плавный наклон кривой плавления. Это позволяет жиру оставаться пластичным в более широком диапазоне температур, в отличие от шортенинга с крутым наклоном кривой плавления.

Способность к взбиваемости и диапазон пластичности шортенинга зависят в первую очередь от правильного выбора жировой основы — саломасов и твердых жиров, во вторую очередь — от условий охлаждения и темперирования. Универсальный шортенинг и другие шортенинги с широким диапазоном пластичности обычно подвергают быстрому охлаждению до температуры 15–21 °C с последующей стадией кристаллизации или обработки, затем шортенинг расфасовывают и темперируют при температуре 27 °C в течение 24–72 ч в зависимости от размера упаковки. Влияние темперирования показано на рис. 6.2, на котором приведены данные по уни-

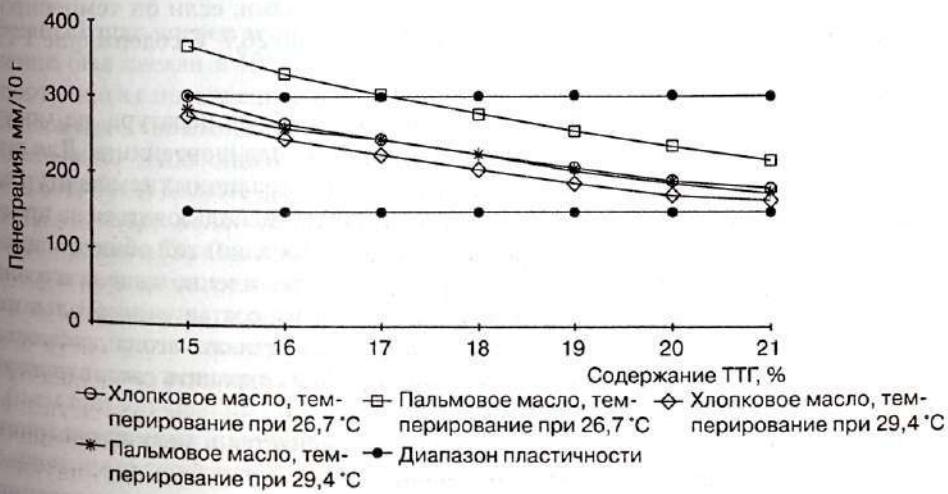


Рис. 6.2. Влияние темперирования при температурах 26,7 и 29,4 °C на консистенцию шортенингов, в которых в качестве твердого жира были использованы гидрогенизированное хлопковое масло с титром 60 °C или пальмовое масло с титром 56 °C

версальным шортенингам, стабилизированным с помощью гидрогенизированного хлопкового масла с титром 60 °С и пальмового масла с титром 56 °С; темперирование осуществляли при температуре 26,7 и 29,4 °С в течение 48 ч. Консистенцию оценивали с помощью измерения пенетрации при температуре 26,7 °С, при этом содержание ТТГ в обоих видах шортенинга при 26,7 °С составляло от 15 до 21%. Диапазон пластической деформации в соответствии с данным методом укладывается между значениями пенетрации от 150 до 300 мм/10 г (при значениях пенетрации ниже 150 мм/10 г жир был слишком твердым, выше 300 мм/10 г — слишком мягким). В результате этих испытаний было выявлено, что универсальный шортенинг приемлемого качества можно производить с использованием в качестве отверждателя компонента любого из вышенназванных жиров, но при этом наблюдали некоторые особенности:

- Для достижения одного и того же содержания ТТГ требуется большее количество пальмового масла в качестве твердого жира, чем хлопкового масла.
- Шортенинги на основе пальмового и хлопкового гидрогенизованных масел с одинаковым содержанием ТТГ имели разную консистенцию, измеренную методом пенетрации. Шортенинг, содержащий в качестве твердого жира пальмовое масло, оказался значительно мягче шортенинга с тем же содержанием ТТГ, но полученного с использованием хлопкового масла. Для получения одинаковой консистенции шортенинг с пальмовым маслом должен иметь содержание ТТГ примерно на 2% больше, чем в шортенинге с хлопковым маслом.
- Шортенинг с гидрогенизованным хлопковым маслом в качестве твердого жира, темперированный при температуре 29,4 °С, при измерении пенетрации показывал результаты, близкие к шортенингу с применением пальмового масла, темперированному при 26,7 °С. Шортенинг, содержащий пальмовое масло, может обладать лучшими функциональными свойствами, если он темперировался при более низкой температуре, особенно если при 26,7 °С содержание ТТГ составляет менее 17%.

Измерения пенетрации, проведенные лишь при одной температуре, не могут охарактеризовать рабочий диапазон для того или иного вида шортенинга. Для его достоверной оценки необходимо провести измерения при различных температурах, в особенности в том диапазоне, в котором шортенинг будет использоваться на предприятии-потребителе. В большинстве пекарен и кухонь предприятий общественного питания возможности регулирования температуры ограничены, чаще всего она колеблется в достаточно широких пределах. В связи с этим состав универсального шортенинга и технологии его производства должны обеспечивать его способность выдерживать большие колебания температур обработки и сохранять свою структуру при замесе.

Наиболее широко универсальный шортенинг применяется в мелких пекарнях и на предприятиях общественного питания, поскольку там очень большое значение имеют взбиваемость, особенности эмульгирования, возможность использования в глазурях, широкий диапазон обработки, поглощение влаги и стабильность в составе выпеченных и обжаренных пищевых продуктов.

При разработке универсального шортенинга его характеристики попытались сбалансировать таким образом, чтобы продукт можно было успешно использовать в любых сферах применения. Путем изменения состава и технологии обработки шортенинга возможно существенное улучшение любой из его характеристик, но нельзя изготовить шортенинг, одинаково хороший во всех отношениях, поскольку одни его качества оказывают негативное воздействие на другие. Так, например, пищевые добавки, улучшающие одни функциональные свойства, обычно снижают или подавляют другие:

- Полидиметилсиликсан (Е900) является пеногасителем и повышает стабильность жиров при жарке, но ухудшает свойства, требующиеся для производства выпеченных изделий — некоторых видов кексов и печенья.
- Некоторые антиоксиданты, применяемые в целях замедления окислительной порчи и, соответственно, повышения стабильности вкуса, реагируют с пищевыми кислотами, в результате чего продукт приобретает розовый или лиловый оттенок.
- Эмульгаторы, улучшающие качество выпечки во многих отношениях, очень заметно снижают стабильность фритюрных жиров.

Предприятиям-потребителям шортенингов необходимо выбрать один из комpromissных вариантов: либо использовать для изготовления своей продукции универсальный шортенинг и работать только с ним, либо применять несколько видов специализированных шортенингов, что усложнит налаживание бесперебойного снабжения.

6.3. Универсальный шортенинг с эмульгаторами

Важный шаг вперед в области производства шортенинга и технологий хлебопечения был сделан в 1930-е гг. Благодаря разработке и внедрению в производство шортенинга с повышенным содержаниемmono- и диглицеридов значительно повысилось качество выпеченной продукции. Внесение в состав универсального шортенинга mono- и диглицеридов сделало возможным производство торты, в рецептуре которых было больше сахара и влаги, что позволило повысить их объем, улучшить вкус, добиться более мелкой пористости и нежной текстуры, а также увеличить срок годности [3]. Поскольку дозировка сахара и влаги по сравнению с количеством муки и других ингредиентов стала гораздо выше, такой тип шортенинга стали называть *High Ratio* (от англ. «высокое соотношение»)¹. Благодаря такому типу шортенинга удалось также улучшить качество глазури и начинок, поскольку появилась возможность увеличить степень аэрирования и влажность, что позволило повысить объем при улучшении стабильности эмульсии. Кондиционирование теста и замедление черствения продукции имели место и в изделиях из дрожжевого теста, благодаря чему облегчалась обработка теста, увеличивались сроки хранения продукции,

¹ Правообладателем названия *High Ratio* является компания «Procter & Gamble», Цинциннати, штат Огайо.

повысилась мягкость мякиша, т. е. продукция стала более привлекательной для потребителя [4]. Применение шортенинга при производстве многих других видов выпечки также стало эффективнее за счет улучшения таких функциональных свойств, как взбиваемость, образование комплексов с крахмалом и стабилизация эмульсии. Все эти положительные изменения стали возможны благодаря добавлению в состав шортенингов типа «*high ratio*» моно- и диглицеридов. Новый тип универсального шортенинга по сравнению с традиционным, не содержащим эмульгаторов, обладал функциональными преимуществами в большинстве сфер применения, за исключением случаев, когда удержание влаги, аэрирование, а также модификация белка скавзываются отрицательно. Так, например, применение такого шортенинга в качестве фритюрного жира нежелательно, так как это приводит к чрезмерному образованию дыма и пены, а также к потемнению продукции.

Для полной реализации преимуществ универсального шортенинга, содержащего эмульгаторы, потребовалось изменить рецептуру глазури, дрожжевого теста и кексов. Разработчики шортенинга сами предложили внести эти изменения, поскольку стремились заинтересовать потребителя новым типом шортенинга. Наиболее сильно изменились рецептуры кексов: производители были вынуждены существенно изменить соотношение ингредиентов в рецептуре в соответствии с усовершенствованными функциональными свойствами шортенинга. В табл. 6.2 приведены изменения, которые были внесены в рецептуры кексов с использованием универсального шортенинга без эмульгаторов, когда ему на смену пришел шортенинг, содержащий эмульгаторы.

Таблица 6.2. Соотношение ингредиентов в составе кекса

Наименование ингредиентов	Количество ингредиентов в рецептурах с универсальным шортенингом	
	без эмульгаторов	с эмульгаторами
Сахар	Не превышает количества муки	Может достигать 140% от количества муки
Жидкие компоненты	Равно количеству муки	Равно количеству сахара или слегка его превышает
Шортенинг	Не превышает количества яиц	Не превышает количества яиц

Благодаря использованию эмульгаторов замес теста для кексов стал осуществляться более эффективно. Замес теста с универсальным шортенингом почти всегда осуществляли методом взбивания, который заключался в многостадийном интенсивном перемешивании. Вначале шортенинг смешивали и растирали с сахаром, при этом он насыщался пузырьками воздуха, образуя взбитую массу. Затем, на втором и третьем этапах, в эту массу вводили жидкие компоненты, муку и другие сухие ингредиенты. Использование универсального шортенинга, содержащего эмульгаторы, позволило внедрить метод смешивания, не предусматривающий длительного взбивания, поскольку эмульгатор в достаточной степени обеспечивал удерживание пузырьков воздуха во взбитом тесте. Все количество предусмотренного рецептурой шортенинга и сухих ингредиентов смешивали с частью питьевого молока или воды, яйца вносили на последнем этапе замеса. Общая продолжительность замеса взбито-

го теста, которая при использовании метода взбивания составляла от 15 до 20 мин, сократилась благодаря внедрению метода смешивания до 9–12 мин.

Разработка рецептуры универсального шортенинга, содержащего эмульгаторы, включает в себя выбор количества и типа эмульгаторов, вносимых в жировую основу. Моно- и диглицериды средней твердости способствовали расширению многофункциональности такого шортенинга. Оптимальные объем, удерживание влаги, структуру, пористость и текстуру кексов, а также повышение качества дрожжевых изделий обеспечивают эмульгаторы, полученные из полностью насыщенных жиров. В то же время для производства более гладких и аэрированных глазурей или начинок подходят моноглицериды, полученные из негидрогенизованных масел. Компромиссный вариант, то есть шортенинг, подходящий и для МКИ, и для глазури, можно обеспечить путем применения эмульгатора из гидрогенизированного масла средней твердости, или смеси различных животных жиров: для большинства растительных масел ЙЧ должно иметь значение от 72 до 78, для жиров животного происхождения — от 55 до 60. Содержание α -моноглицеридов (от 2,5 до 3,2%) в универсальном шортенинге подбиралось очень осмотрительно, с расчетом на пригодность шортенинга для производства как МКИ, так и глазури. Глазури и начинки требуют присутствия эмульгатора в меньшем количестве, чем большинство видов МКИ; следовательно, содержание α -моноглицерида в универсальном шортенинге может оказаться удовлетворительным для изготовления большинства видов выпеченных изделий, но обеспечить особо высокое качество определенного вида изделий этот шортенинг не позволяет.

Разработчики шортенингов постоянно оценивают ранее не применявшиеся, новые или усовершенствованные виды эмульгаторов в целях подобрать состав, идеально подходящий для МКИ или глазури, или же для универсального шортенинга. На данном этапе большинство эмульгаторов, подобно моно- и диглицеридам, являются поверхностно-активными веществами, имеющими функциональные характеристики, благоприятные для производства МКИ, но отрицательно воздействующие на свойства глазури, и наоборот. Тем не менее были разработаны и такие эмульгирующие системы, которые обеспечивали более высокие универсальные функциональные свойства шортенинга по сравнению с продуктом, содержащим моно- и диглицериды средней твердости. В таких системах сочетаются высокая способность к аэрированию, которую придают им такие эмульгаторы, как полисорбат 60, эфиры полиглицерина или этоксилированные моноглицериды, и свойства универсального шортенинга, обеспечиваемые моно- и диглицеридами средней твердости, иногда в системы включается и моноэфиры пропиленгликоля (PGME), также средней твердости. В результате в шортенинге эмульгаторы, обеспечивающие аэрирование, сбалансированы с обеспечивающими необходимую структуру и текстуру моно- и диглицеридами и PGME средней твердости, что позволяет использовать его для производства и МКИ, и продукции типа глазури. Состав такого шортенинга подбирают таким образом, чтобы в большинстве случаев дозировка шортенинга в рецептуре МКИ оставалась той же, что и при использовании стандартного универсального шортенинга с эмульгаторами, но при этом повышался объем изделия, улучшалась текстура и стабильность эмульсии.

Введениеmono- и диглицеридов в состав шортенингов снизило зависимость способности к взбиванию от таких параметров, как свойства кристаллической структуры, соотношение твердой и жидкой фаз, способ замеса. Если все функциональные свойства универсального шортенинга, не содержащего эмульгаторов, обеспечивались составом жировой основы, то внесение эмульгаторов не только обеспечило достижение таких же свойств, но и позволило улучшить их. Тем не менее для любого вида универсального шортенинга важен широкий диапазон пластичности, который обеспечивается кристаллизацией в β' -форме, правильным соотношением твердой и жидкой фаз, а также соблюдением всех параметров пластификации. В последние годы стал значительно лучше регулироваться температурный режим при транспортировке, хранении и применении, но универсальный шортенинг должен по-прежнему обладать широким диапазоном пластичности, чтобы не терять своей структуры при механическом или ручном замесе. Такие дефекты шортенинга, как хрупкость, комковатость, мучнистость или другие пороки текстуры, которые мешают его правильному распределению в выпеченных изделиях, приводят к получению нестандартных изделий и неоднородных партий.

6.4. Шортенинг для сухих полуфабрикатов МКИ

Производители сухих полуфабрикатов МКИ осознавали, что для расширения рынков сбыта требуются очень удобные в приготовлении полуфабрикаты, чтобы и самые неопытные кулинары могли бы испечь вкусный, нежный кекс, который сохранял бы свои качества достаточно долго после выпекания. Для удовлетворения этих требований необходимо было использовать для полуфабрикатов шортенинг, отличающийся от применяемого на хлебопекарных предприятиях. Шортенинг для полуфабрикатов, предназначенных для розничной торговли, должен обладать пластичностью, позволяющей обрабатывать его на имеющемся оборудовании для соединения сухих смесей, количество эмульгаторов в нем должно обеспечивать аэрирование теста с высоким содержанием влаги и высокую мягкость готового изделия, кроме того, его окислительная стабильность должна быть достаточной, чтобы обеспечить длительное хранение полуфабриката.

Развитию производства сухих смесей способствовало появление шортенингов, содержащих эмульгаторы. Первоначально в состав сухих полуфабрикатов входил тот же универсальный шортенинг, который использовался в промышленных условиях, и так продолжалось достаточно долго. Хотя соотношение сахара и муки в полуфабрикатах МКИ составляет от 90 до 125%, было понятно, что в состав смесей необходимо включать моноглицериды, причем для обеспечения высокого качества их содержание должно быть больше, чем для промышленно выпускаемых изделий. Было выявлено, что даже при повышенной дозировке те моно- и диглицериды, которые входили в состав универсального шортенинга, применяемого в промышленности, не обеспечивали желательного эффекта при изготовлении МКИ из сухих полуфабрикатов. Кроме того, вскоре стало ясно, что одни виды моно- и диглицеридов подходят больше, а другие — меньше. Было замечено, что шортенинг, содержащий

определенный вид моноглицеридов, мог на одном предприятии обеспечивать достаточно высокое качество, а в других условиях и на другой муке оказывался менее эффективным. Примерно десять лет, с 1947 по 1957 г., на многих предприятиях пытались использовать в сухих полуфабрикатах самые разные типы шортенинга для выпечки, пробуя различные варианты моно- и диглицеридов. Варьировались вид жирового сырья для этерификации, твердость и степень гидрогенизации саломаса. Каждый из этих факторов в какой-то степени влиял на функциональные свойства эмульгаторов, в наибольшей степени для сухих полуфабрикатов подходили моно- и диглицериды, полученные из саломаса с ЙЧ 30 или ниже, или же их смеси с более мягкими моно- и диглицеридами, при этом содержание α -моноглицерида в шортенинге составляло от 3,0 до 4,0%.

За это же время значительно вырос объем продаж сухих смесей, а здоровая конкуренция компаний приводила к разработке все более удачных сухих полуфабрикатов для МКИ. Совершенствование всех ингредиентов и технологических процессов производства смесей привело к тому, что потребитель привык получать из сухих полуфабрикатов высококачественные готовые изделия — большого размера, мелкопористые, приятные на вкус, с высокой влажностью. При производстве полуфабрикатов основная проблема заключалась в обеспечении равномерного распределения шортенинга среди других ингредиентов и определении параметров темперирования для получения оптимальной кристаллической структуры. Эта задача была решена путем совершенствования методов экструдирования шортенинга и образования оболочки из ингредиентов сухой смеси. Для достижения этих целей необходимо тщательно подбирать эмульгаторы для шортенинга — чаще всего использовали моноглицериды, иногда — сорбитанмоностеарат или этоксилированные производные. Эффективные системы эмульгирования позволяли добиться лучшего аэрирования взбитого теста и стабилизации эмульсии; за счет удерживания повышенного количества воздуха увеличивался объем готового изделия. Для достижения большего объема изделия производители увеличили массу полуфабриката в упаковке, что потребовало соответствующего увеличения количества вносимой жидкости. Благодаря совершенствованию сырья и технологических процессов появилась возможность упростить изготовление домашней выпечки, поскольку теперь замес осуществлялся всего в два этапа.

В начале 1960-х гг. в области производства сухих полуфабрикатов был сделан еще один важный шаг вперед. Были разработаны и внедрены в производство полуфабрикатов шортенинги, в состав которых входили эмульгаторы, вызывающие кристаллизацию жира в α -форме. В качестве таких эмульгаторов сначала применяли глицериллактопальмитат, а затем моноэфир пропиленгликоля (PGME). Шортенинги усовершенствованного состава облегчили диспергирование жира и улучшили удерживание воздуха. Хотя принято считать, что эти эмульгаторы эффективно улучшают аэрирование взбитого теста для кексов, было выявлено, что в процессе аэрирования определяющую роль играют растворимые белки, но стабильность полученной эмульсии достигается только в системах, содержащих эмульгаторы, способствующие образованию α -кристаллов [5]. Появление шортенинга, содержащего PGME, позволило разработать более удобную, однофазную технологию замеса теста

для МКИ. Выпеченные полуфабрикаты для торта, изготовленные с применением шортенинга с PGME путем однофазного замеса, имели большой объем, мелкопористую структуру, высокую влажность и ровную поверхность. Разработка новых эмульгирующих систем в целях улучшения функциональных свойств сухих полуфабрикатов не прекратилась с появлением предназначенного специально для них шортенинга с PGME, но этот эмульгатор почти во всех случаях стал входить в состав эмульгирующих систем. Для совершенствования этих систем использовали эффект синергизма, что позволило сделать изделия из полуфабрикатов еще более влажными и улучшить их органолептические свойства, сохраняя при этом большой объем изделия и мелкопористую текстуру. Использовались синергетические системы, состоящие из эфиров полиглицерина или полисорбата 60, моно- и диглицеридов, PGME и лецитина. Появление таких эмульгирующих систем, а также совершенствование других ингредиентов рецептуры позволило вводить в состав теста большее количество влаги, а кроме того, вводить в тесто жидкое масло. Кексы, выпеченные по рецептуре, в которой использовано жидкое масло, получаются более мягкими и кажутся более влажными на ощупь.

Способность шортенинга к аэрированию и эмульгированию зависит не только от эмульгирующей системы, но и от степени дисперсности. Внедрение новых способов смешивания сухих ингредиентов полуфабриката, систем эмульгирования и сама консистенция шортенинга привели к замене применявшимся ранее методов замеса теста для выпечки на более совершенный метод взбивания теста. Следовательно, шортенинг, способный обеспечить большую степень аэрирования и эмульгирования, может оказаться непригодным из-за недостаточной пластичности или низкой степени дисперсности. В соответствии с запросами производителей сухих полуфабрикатов при разработке шортенинга особое внимание уделялось его пластичности, поскольку к ней предъявляются разные требования в зависимости от имеющегося оборудования для смешивания ингредиентов. Приготовление сухого полуфабриката начинается, как правило, с внесения пластицированного шортенинга в ленточный смеситель, содержащий предварительно смешанные сухие ингредиенты, после чего происходит тщательное перемешивание. После этого смесь поступает в накопители, а затем в оборудование для заключительной обработки. Обычно это оборудование представляет собой турбулизатор, т. е. по сути полый цилиндр, внутри которого закреплена ось с быстро врачающимися перемешивающими лопастями. Заключительная обработка состоит в том, чтобы обеспечить контакт всех сухих ингредиентов с шортенингом и образование оболочки из этих ингредиентов вокруг частиц жира, в результате чего смесь приобретает вид однородного сухого порошка. После окончательной обработки сухой полуфабрикат может храниться в накопителях до фасовки [6, 7].

Слишком твердый шортенинг сложно равномерно распределить по всей массе сухой смеси; сделать это можно только с помощью специальных технологий. Слишком мягкий шортенинг будет впитываться в муку, что осложнит фасование и создаст проблемы при упаковке. Такой полуфабрикат слеживается и комкуется, в результате чего в накопителях образуются «своды» и «тунNELи», что затрудняет транспортировку смеси при помощи конвейера и ее расфасовку. Впитывание жира

в упаковочный материал в конечном счете может привести к порче продукции во время хранения. Функциональные свойства муки, пропитавшейся жиром, ухудшаются, она хуже впитывает влагу. Кроме того, при изготовлении взбитого теста из сухого полуфабриката частицы мягкого шортенинга, дисперсированные в водной фазе, имеют сферическую форму вместо неправильной. У кекса из такого теста нетипичная пористость и текстура: поры имеют сферическую форму и утолщенные стенки.

Учитывая все эти особенности, производителям сухих полуфабрикатов можно рекомендовать использовать самый твердый тип шортенинга из обладающих подходящими функциональными свойствами при условии, что его можно должным образом обрабатывать при помощи имеющегося на предприятии оборудования. Как правило, особые требования к пластичности шортенинга, предназначенного для узкой сферы применения, можно удовлетворить путем изменения соотношения твердых и мягких компонентов в составе используемых саломаса и твердого жира. Однако избыток твердого жира может привести к резкой кристаллизации и образованию гранул во время дисперсирования расплавленного жира в сухой смеси. Таким образом, на функциональные характеристики хорошо аэрируемого шортенинга для сухих полуфабрикатов влияют следующие факторы:

- эмульгирующая система;
- особенности состава жиров;
- количество жира в рецептуре полуфабриката;
- способ введения шортенинга в смесь сухих ингредиентов.

Желание потребителей еще больше упростить приготовление выпеченных изделий из сухих полуфабрикатов способствовало разработке еще одного вида шортенинга для полуфабрикатов. Изделия из полуфабрикатов, рассчитанных на выпекание в обычной духовке, в микроволновой печи получаются менее удачно. Эксперименты показали, что для изготовления в микроволновой печи в рецептуру мучных изделий должно входить большее количество как шортенинга, так и влаги. Также было выявлено, что при выпечке в микроволновой печи для удержания влаги требуется более высокое содержание эмульгаторов, причем оно будет различным в зависимости от вида изделия (например, белый или желтый кекс, выпеченный полуфабрикат для шоколадного торта и др.) [7].

6.5. Шортенинг для отдельных видов МКИ

Попытки использовать в промышленном производстве МКИ (в основном кексов и выпеченных полуфабрикатов для тортов) тот же пластифицированный хорошо аэрируемый шортенинг, который был разработан для сухих полуфабрикатов, были неудачны. Это связано с особенностями эмульгирующих систем, требующих достаточно строгого соблюдения определенных параметров, что оказалось нереальным при наличии множества предприятий, использующих различные рецептуры и имеющих разные условия изготовления МКИ. Кроме того, на каждом предприятии требуется жесткое соблюдение утвержденных рецептур, тогда как простое введение нового вида шортенинга без изменения рецептуры и технологии замеса не позволяет

добиться желаемого результата. Эффективное применение эмульгаторов, обеспечивающих высокую степень аэрирования, возможно лишь при существенной доработке рецептур выпускаемых изделий и технологии их замеса, на большинстве предприятий также выяснилось, что такой шортенинг чувствителен к замене каких-либо ингредиентов или изменениям рецептуры и технологии замеса. В связи с этим возникла необходимость расширения границ возможного применения шортенингов данного типа без потери преимуществ, обеспечиваемых применением отдельных эмульгаторов, и разработки их синергетических сочетаний, позволяющих создать эмульгирующие системы, предназначенные для промышленного производства МКИ. Следовало добиться сбалансированного соотношения эмульгаторов различных типов, обеспечивающего оптимальный объем изделий, их симметричность, пористость, органолептические характеристики и удерживание в них влаги, а также обеспечить производителю возможность в определенных пределах изменять условия изготовления МКИ.

Большинство производимых в промышленных условиях мучных изделий из соответствующего сырья изготавливается с использованием пластифицированного универсального шортенинга с эмульгаторами. На многих предприятиях после пробного применения специализированных шортенингов для МКИ предпочтение было отдано универсальному шортенингу, поскольку при этом сокращается ассортимент закупаемой масложировой продукции. Но многие пекарни, предлагающие свою продукцию в розницу или мелким оптом, могут применять специализированные шортенинги, включенные в состав полуфабрикатов для изготовления конкретных мучных изделий. Благодаря применению таких полуфабрикатов небольшое предприятие получает возможность производить кексы, торты и другие изделия из специально предназначенных для них ингредиентов, при этом снабжение предприятия сырьем не усложняется. Шортенинг для полуфабрикатов, применяемых в промышленном производстве отдельных изделий, по системе эмульгирования несколько отличается от входящего в состав полуфабриката для домашней выпечки. Эта разница объясняется главным образом двумя факторами: способом изготовления взбитого теста и требованиями к готовому изделию. Для промышленного производства требуется меньшее количество эмульгатора и менее сложный состав их смеси, небольшая модификации обусловлена возможностями промышленного оборудования и применяемых технологий. Механическое эмульгирование, которое происходит в промышленных сбивальных машинах, осуществляется намного эффективнее, чем при помощи бытовых миксеров; кроме того, готовые изделия промышленного производства не должны быть слишком хрупкими, поскольку их необходимо упаковывать и транспортировать, при этом вкусовые характеристики должны остаться на достаточно высоком уровне.

6.6. Жидкий шортенинг для МКИ

Экономические условия и внедрение автоматизации обусловили потребность в производстве жидкого шортенинга для МКИ, а появление новых видов эмульгаторов позволило разработать такой шортенинг. Он сочетает в себе отличные функ-

циональные характеристики, свойственные пластичному шортенингу, с удобством бестарной транспортировки и хранения, присущим жидким маслам. Для жидкого непрозрачного шортенинга характерно присутствие небольшого количества высокофункциональных твердых веществ, распределенных в жидком масле. Большинство функциональных особенностей жидкого шортенинга для МКИ обеспечивается входящими в состав шортенинга эмульгаторами. Использование различных эмульгаторов, в том числе лактилированных глицеридов,monoэфиров пропиленгликоля и моно- и диглицеридов, позволяют жидкому шортенингу для МКИ обеспечить аэрирование, нежную текстуру и удерживание влаги в продукте.

Регулировать вязкость жидкого шортенинга можно путем внесения твердых жиров с низким йодным числом. Большое значение для стабильности жидкой дисперсии имеет тип и количество твердых веществ. В отличие от пластичного твердого шортенинга, жидкий шортенинг должен содержать твердые жиры, склонные к кристаллизации в β -форме. Крупные β -кристаллы обеспечивают получение стабильной дисперсии, что препятствует повышению вязкости или образованию геля при правильном проведении кристаллизации. Образование в жидком шортенинге β' -кристаллов может привести к повышению вязкости, в результате чего продукт может загустеть до твердого состояния.

Не менее важным для текучести фактором, чем надлежащий состав, являются условия, в которых проводится кристаллизация жидкого шортенинга в целях придания ему устойчивой β -кристаллической формы. Необходимо обеспечить стабильное протекание кристаллизации и определенный диапазон концентрации закристаллизовавшегося жира, которая должна быть достаточно низкой для сохранения текучести и возможности перекачивать шортенинг насосом, но при этом достаточно высокой для обеспечения требуемой стабильности суспензии. Приемлемых результатов можно добиться путем кристаллизации жидкого шортенинга с помощью технологического процесса B (п. 2.17.4), но помимо него многими компаниями-производителями шортенинга применяются и другие запатентованные методы. Основной целью является производство стабильного жидкого шортенинга, вязкость которого не будет повышаться.

Появление способов обработки, обеспечивающих сусpenдирование в жидком масле эмульгаторов, а иногда и твердых жиров, позволили создать жидкий шортенинг, который можно перекачивать насосом при комнатной температуре, что необходимо в условиях автоматизации производства. Как правило, жидкий шортенинг был удобнее в работе и лучше распределялся в жидком тесте для торты, что способствовало лучшей аэрации теста. Благодаря способности жидкого шортенинга для МКИ захватывать и удерживать пузырьки воздуха увеличился объем готовых изделий, текстура и пористость стала более равномерными, улучшились органолептические характеристики, но при этом изделия получались настолько мягкими, что это осложняло заключительную обработку и транспортировку, в связи с чем возникла необходимость внесения изменений в рецептуру. В табл. 6.3 приведено сравнительное соотношение ингредиентов теста для торта при использовании жидкого шортенинга и двух типов пластичного универсального шортенинга. Указанные изменения рецептуры в случае применения жидкого шортенинга были обусловлены

в первую очередь более низким содержанием ТТГ при температуре применения шортенинга, а также повышением способности к аэрированию за счет более эффективных эмульгирующих систем. За счет таких свойств шортенинга выпеченный полуфабрикат для торта получался излишне мягким, что привело к изменению рецептуры. Продолжительность взбивания сократилась в связи с текучестью жидкого шортенинга, что ускоряет процесс смешивания с сухими и жидкими ингредиентами взбитого теста, при этом ускоряется и аэрирование за счет использования эмульгирующих систем с повышенным уровнем влажности.

Таблица 6.3. Изменения рецептуры полуфабриката для торта по сравнению с рецептурой, использующей универсальный пластичный шортенинг без эмульгаторов

Ингредиенты	Количество ингредиента в рецептуре с использованием	
	универсального пластичного шортенинга, содержащего эмульгаторы	жидкого шортенинга для МКИ
Шортенинг	Увеличено	Уменьшено
Сахар	Увеличено	Без изменений
Жидкие ингредиенты	Увеличено	Увеличено
Разрыхлитель	Увеличено	Уменьшено
Продолжительность взбивания	Уменьшено	Уменьшено

Еще одним фактором, важным для качества жидкого шортенинга для МКИ, является масло, на основе которого он изготовлен, и его окислительная стабильность. Определение индукционного периода по МАК или с помощью прибора Рансимат позволило установить, что масла с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот обладают, как правило, низкой устойчивостью к окислению.

Оксилительная стабильность может быть повышена путем внесения антиоксидантов. Как правило, в этих целях применяют трет-бутилгидрохинон (ТБГХ), либо применением незначительно гидрогенизированного масла, остающегося жидким при комнатной температуре. При необходимости повышения стабильности без использования антиоксидантов в качестве основы жидкого шортенинга могут применяться высокостабильные масла, полученные с помощью фракционирования. Чаще всего в производстве жидкого шортенинга для МКИ применяют частично гидрогенизированное растительное масло. Как правило, используют соевое масло с йодным числом от 100 до 109. Применяемые эмульгирующие системы обычно содержат моно- и диглицериды в сочетании с лактилизованными глицеридами или моноэфирами пропиленгликоля. Во многих случаях эмульгирующие системы разрабатываются для определенных групп потребителей, поскольку жидкий шортенинг для МКИ остается узкоспециализированным продуктом как для производителей масложировой продукции, так и для хлебопекарных предприятий.

6.7. Шортенинг для глазури и начинок

Жировая глазурь является отделочным полуфабрикатом на основе сахара, имеющим относительно низкое содержание влаги (от 10 до 15%), применяемым для отделки поверхности торты или пирожных. Сливочные кремы представляют собой стабильную при хранении взбитую пенообразную массу, предназначенную для прослаивания торты и пирожных. Кремы также изготавливают на основе сахара, но они аэрированы в большей степени, чем жировая глазурь, и содержат большее количество влаги (от 20 до 25%). Эти два вида кондитерской продукции объединяет то, что все функциональные свойства, необходимые для кремов, требуются, хотя и в меньшей степени, для жировой глазури. Качество глазурей и кремов определяется следующими важными характеристиками.

- **Объем готового продукта.** Аэрирование влияет на органолептические качества, легкость и стоимость готовой продукции. Жировую глазурь обычно аэрируют до достижения относительной плотности от 0,75 до 0,80 г/см³ или до объема от 125 до 135 см³/100 г, тогда как относительная плотность кремов должна быть гораздо меньше – от 0,45 до 0,50 г/см³, т. е. объем составляет от 200 до 250 см³/100 г. Для каждого продукта способность к насыщению воздухом определяется эмульгирующей системой шортенинга и его пластичностью, которая зависит от соотношения жидких и твердых жиров в используемой жировой основе, от ее кристаллической структуры и условий проведения пластификации.
- **Устойчивость к синерезису.** При непосредственном контакте двух материалов, имеющих разную активность воды, влага обычно перемещается в направлении того из них, в котором активность воды ниже – изделие отмокает. Риск синерезиса высок у торты и пирожных, заполняемых и прослаиваемых кремом, а также у покрываемых жировой глазурью. Шортенинг, который благодаря своим эмульгирующим возможностям способен удерживать необходимое количество влаги, устойчив к синерезису. Стабильность эмульсии можно определить по текстуре глазури или крема: однородность говорит о том, что эмульсия была густой и обладала, скорее всего, низкой активностью воды, тогда как комковатый внешний вид указывает на жидкую эмульсию, имеющую высокую активность воды.
- **Органолептические показатели.** Приемлемость органолептических показателей глазурей и кремов определяется по трем основным характеристикам:
 - **Однородность.** В отделочном полуфабрикате сахар, имеющий крупные частицы или недостаточный уровень влажности, может сделать массу зернистой, а нерастворившиеся кристаллы сахара будут скрипеть на зубах.
 - **Таяние во рту.** Желательно, чтобы крем или глазурь быстро таяли во рту, в противном случае они будут маскировать некоторые приятные оттенки вкуса и аромата. На таяние во рту влияют:
 - содержание влаги;
 - характер эмульсии (связная или свободная);
 - форма кривой плавления и температура плавления шортенинга;
 - степень аэрирования.

- Вкус и аромат.** Шортенинг может придавать неприятные или нежелательные привкусы и запахи, обусловленные составом жировой основы или применением некоторых эмульгаторов. Различные эмульгаторы, в состав которых входит глицерин, пропиленгликоль или сорбит, обладают горьковато-сладким вкусом, но различить его при тех небольших дозировках, которые имеют место в продукте, обычно невозможно. Обычно привкусы и запахи шортенинга представляют собой либо вкус и запах масла до переработки, либо возвратный вкус растительного сырья.
- Термостойкость.** Глазури и кремы должны выдерживать перепады температур, происходящие при стандартных условиях хранения готовой продукции. Структура глазури или крема определяется шортенингом, и на нее влияют как вид жировой основы, так и способ изготовления. Температура плавления жировой основы должна быть достаточно высокой, чтобы продукт не растаял при тех температурах, в которых он предположительно окажется до момента употребления в пищу. Термостойкость шортенинга зависит от выбора жировой основы и твердого жира для шортенинга, а также от эмульгирующей системы.
- Консистенция.** Для получения равномерного слоя глазури она должна быть достаточно густой, но при этом легко намазывающейся и не слишком вязкой. Кремы тоже должны иметь густую, но не жесткую консистенцию, позволяющую избегать растекания между слоями торта и оставаться внутри пирожного после введения. На структуру кремов и глазурей влияет консистенция шортенинга, а также эмульгирующая система.

Для изготовления кремов и жировых глазурей используется множество разнообразных рецептов, возможно применение шортенинга самых различных типов. Для глазури используется и сливочное масло, и маргарин, и универсальный шортенинг, но с начала 1930-х гг. наиболее широкое применение находит универсальный шортенинг, содержащий эмульгаторы, а в последние годы также и шортенинг, специально разработанный для производства глазурей и кремов. В состав шортенинга для кексов и глазурей, называемого также шортенингом *High Ratio*, входит такое количество пластичных моно- и диглицеридов, которое позволяет обеспечить удовлетворительное качество широкого ассортимента продукции — кексов и выпеченных полуфабрикатов для торты, глазурей, начинок, изделий из дрожжевого теста и других. Было установлено, что использование только моно- и диглицеридов не может обеспечить все необходимые качества, в частности, объем и стабильность глазурей и кремов. Наиболее удачным оказалось использование специализированного шортенинга, сочетающего в себе жир с подходящей кристаллической структурой и эмульгирующие системы, состоящие из гидрофильных и липофильных составляющих. Кремы и глазури, в состав которых входит такой шортенинг, быстро аэрируются и достигают большого объема, обладают отличными вкусовыми качествами, обусловленными быстрым таянием продукта во рту, без обволакивания, которое ранее было свойственно кремам и глазурям. Влияние отдельных компонентов специализированного шортенинга для глазурей и кремов на качество продукта в целом описано ниже [8–10].

- Состав жировой основы.** Жировая основа большинства специализированных шортенинга для глазурей и кремов состоит из саломасов и твердых жиров, применяемых при производстве универсального шортенинга. Твердые жиры обеспечивают плоскую кривую плавления, т. е. расширение диапазона пластичности и прочность кремов и глазурей. Однако избыточное количество твердого жира приводит к снижению пластичности шортенинга, в результате чего затрудняется процесс его введения в продукт, кремы и глазури уже не так быстро тают во рту. Иногда применяются более мягкие среди твердых жиров (например, гидрогенизированное хлопковое масло с ЙЧ от 25 до 30), поскольку это позволяет несколько повысить их дозировку по сравнению с твердыми жирами, обладающими низким йодным числом (4,0 или ниже). Для производства наиболее термостабильных глазурей и кремов доля твердых жиров, кристаллизующихся в β'-форме, должна составлять от 15 до 20%.
- Эмульгирующая система.** Многочисленные испытания подтвердили, что моно- и диглицериды, применяемые отдельно, не способны обеспечить выполнение всех требований, предъявляемых к аэрированию, структуре и стабильности кремов и глазурей. Применение систем, синергетически сочетающих в себе липофильные и гидрофильные эмульгаторы, позволило изготавливать глазури и кремы с более высоким удельным объемом, отличными органолептическими качествами, повысить густоту и стабильность эмульсии. В состав эмульгирующих систем входят следующие компоненты:
 - Липофильные эмульгаторы.** Многие шортенинги для глазурей и кремов используют синергетические системы, содержащие два эмульгатора, стабилизирующих эмульсии «вода-в-масле»: моно- и диглицериды (Е471) и лецитин (Е322). Лецитин, природный эмульгатор, обеспечивает текучесть и стабильность эмульсии. Мягкие моно- и диглицериды, полученные из негидрогенизованного или обладающего сравнительно высоким йодным числом (90 или менее) сырья, при низких дозах внесения придают глазурям и кремам наиболее приемлемые характеристики. При содержании α-моноглицеридов выше 2,5% устойчивость глазурей и кремов снижается [11]. Использование шортенинга, содержащего моно- и диглицериды с низким йодным числом, способствует получению слишком густой эмульсии, что ограничивает аэрирование при любом количестве шортенинга в рецептуре.
 - Гидрофильные эмульгаторы.** Особенно эффективны для обеспечения высокой степени аэрирования глазурей и кремов эфиры полиглицерина и олеиновой кислоты (Е475), а также полиоксиэтилен (20) сорбитан моностеарат (полисорбат 60, Е435), полиоксиэтилен (20) сорбитан моноолеат (полисорбат 80, Е433). Кроме того, эти гидрофильные эмульгаторы обеспечивают стабильность эмульсии, снижая миграцию жира в мякиши торта.

Эффективность шортенинга для глазурей и кремов определяется сочетанием жировой основы, обладающей широким диапазоном пластической деформации, и синергетической эмульгирующей системы. Тем не менее шортенинг для кремов и глазурей различается в зависимости от производителя, кроме того, на одном и том

же предприятия может производиться продукция, разработанная специально для того или иного заказчика. В среднем шортенинг исключительно растительного происхождения включает в себя от 15 до 20% твердых жиров, кристаллизующихся в β' -форме, от 1,0 до 1,5% мягких моно- и диглицеридов, около 0,25% жидкого лецитина, а также или 1,5–2,0% мягкого эфира полиглицерина, или 0,4–0,75% полисорбата 60. Остальную часть шортенинга составляет саломас с ЙЧ 80–88. В шортенинге, содержащем животные жиры, применяют такие же эмульгирующие системы, при этом в случае использования в качестве жировой основы переэтерифицированного свиного жира количество вносимого твердого жира сохраняется, а при использовании смеси твердых животных жиров и мягкого гидрогенизированного соевого или хлопкового масла дозировка твердых жиров будет ниже (от 10 до 12%).

6.8. Стабилизаторы глазури

Существует много видов глазури для декоративного оформления выпеченной или жареной продукции. Самый простой вид глазури изготавливают в основном из сахарной пудры; с добавлением количества воды, необходимого для требуемой консистенции массы, в зависимости от способа нанесения. Такая сахарная глазурь может быть текучей или иметь пластичную консистенцию; обычно она используется для украшения донатсов, булочек, изделий из дрожжевого слоеного теста, хлеба, пирожных, печенья и т. п. Вследствие потери влаги глазурь на водной основе может мутнеть и затвердевать, в связи с чем она быстро осыпается с поверхности изделия. При контакте с упаковкой глазурь может прилипать к ней, после прикосновений на ее поверхности часто остаются следы пальцев. Благодаря введению в состав глазури небольшого количества стабилизатора, произведенного по соответствующей технологии, она приобретает эластичность и теряет липкость, кроме того, она быстрее отвердевает, после чего на ней уже не остается следов пальцев.

Таблица 6.4. Содержание ТТГ в стабилизаторах глазури в зависимости от температуры плавления

Показатель	Вид стабилизатора глазури		
	1	2	3
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	45,0	47,0	52,0
Содержание ТТГ, %, при:			
10,0 °С	67,0	65,0	77,0*
21,1 °С	58,0	60,0	74,0*
26,7 °С	53,0	58,0	72,0*
33,3 °С	38,0	45,0	71,0*
37,8 °С	21,0	30,0	58,0*

* Приблизительное значение, поскольку твердость продукта слишком высока для проведения измерений.

Стабилизаторы глазури гидрогенизируют до получения температур плавления вблизи 45, 47 и 52 °С. В их состав иногда включают лецитин, иногда нет, в зависимости от требований к текучести готовой глазури. Текучесть глазури возрастает пропорционально количеству лецитина на отрезке до 0,5%, но выше этого значения начинает снова понижаться. Гидрогенизация стабилизаторов глазури обеспечивает форму кривой плавления и температуру плавления, соответствующие назначению выпускаемой глазури. Наклон кривой плавления очень важен, поскольку глазурь должна отвердевать при определенной температуре, сохранив при этом эластичность, поскольку хрупкая глазурь будет осыпаться с готового продукта. В табл. 6.4 приведены предельные значения содержания ТТГ, соответствующие температурам плавления трех наиболее распространенных стабилизаторов глазури.

Стабилизаторы глазурей изготавливают в форме хлопьев, что облегчает их обработку, фасовку, дозирование, а также ускоряет расплавление в процессе производства глазури. Обычно в глазурь вносят от 1 до 6% стабилизатора, его расплавляют и медленно вносят в основную массу глазури, постоянно перемешивая для предотвращения затвердевания стабилизатора до его равномерного распределения в смеси. Стабилизаторы глазури в форме хлопьев производят с использованием холодильных барабанов, на которых продукт затвердевает в форме тонких пластинок, имеющих большую площадь поверхности, за счет чего хлопья быстро плавятся при нагревании.

6.9. Хлебопекарный шортенинг

Хотя в рецептуре белого хлеба шортенинг составляет весьма небольшую долю, он является одним из наиболее важных в функциональном отношении ингредиентов, поскольку влияет на замес теста, его разделку, расстойку, объем изделия, а также вкусовые свойства и срок хранения выпеченного хлеба. Все это связано со смазывающими свойствами шортенинга. Для производства хлеба, имеющего привлекательный внешний вид и хороший вкус и аромат, требуется правильная дозировка шортенинга. Оптимальное его количество на разных предприятиях будет различным в связи с различиями в технологическом процессе, условиях расстойки, качестве муки; однако чаще всего для производства качественного хлеба количество шортенинга в рецептуре должно составлять около 3,0% (за 100% принятая масса муки).

В течение многих лет наиболее подходящим шортенингом для выпекания хлеба считался паровой лярд высшего сорта. Затем, благодаря применению моно- и диглицеридов, изменились представления о хлебе: вместо жесткого, трудноразжевываемого он стал мягким, легко поддающимся сжатию. Использование шортенинга, содержащего эмульгаторы, или отдельное внесение моно- и диглицеридов позволили выпекать хлеб, который сохранял мягкость в течение длительного времени и в торговом сети, и дома у потребителя. Хлебопекарные предприятия и поставщики ингредиентов ввели в методы контроля качества «пробу на сжатие», которую раньше использовали в быту для определения свежести хлеба. Органолептическая оценка качества в значительной степени коррелирует с этим простым методом определения степени жесткости изделия. За успешным применением моно- и диглицеридов

последовало внедрение других ПАВ. Появились концентрированные эмульгаторы, позволившие более гибко подойти к производству хлеба и регулировать его мягкость, а также облегчавшие разделку теста и расширявшие допустимые пределы колебаний качества муки.

В связи с возникшей озабоченностью по поводу возможной опасности некоторых ПАВ для здоровья и введения потребителя в заблуждение относительно качества продукта путем искусственного повышения мягкости хлеба, в 1952 г. был ограничен перечень эмульгаторов, разрешенных к применению, в стандарты идентичности на хлебобулочные изделия были введены нормативы содержания эмульгаторов в рецептуре. Управление по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) ограничило дозировку разрешенных к применению ПАВ значением 0,5% по отношению к массе муки. В 1978 г. стандарты на хлебобулочные изделия были пересмотрены, разрешение на применение получили ранее запрещенные моно- и диглицериды, глицерина и диацетилвинной и жирных кислот эфиры (DATEM), пропиленгликоля и жирных кислот эфиры (PGME), а также другие пи-

Таблица 6.5. Свойства эмульгаторов как улучшителей хлеба

Наименование эмульгатора	Индекс пищевой добавки	Функциональные свойства		Максимально допустимая дозировка, % от массы муки
		Смягчение мякиша	Усиление клейковины	
Моно- и диглицериды:				
насыщенные	E471	Очень хорошее	Слабое	Согласно GMP
ненасыщенные		Слабое	Слабое	Согласно GMP
Лецитин	E322	Хорошее	Слабое	Согласно GMP
Глицерина и диацетилвинной и жирных кислот эфиры (DATEM)	E472e	Хорошее	Хорошее	Согласно GMP
Пропиленгликоля моноэфир	E477	Очень хорошее	Слабое	Согласно GMP
Стеароиллактилат натрия	E481i	Слабое	Хорошее	Не более 0,5
Стеароиллактилат кальция	E482	Слабое	Хорошее	Не более 0,5
Моноглицеридов и янтарной кислоты эфиры	E472g	Хорошее	Хорошее	Не более 0,5
Этоксилированные моноглицериды	E488 ¹	Слабое	Хорошее	Не более 0,5
Полисорбат 60	E435	Слабое	Хорошее	Не более 0,5
Стеарил фумарат натрия		Хорошее	Хорошее	Не более 0,5
Лактилированной стеариновой кислоты и глицерина эфир	E478	Слабое	Хорошее	Не более 0,5

Примечание. GMP — Good manufacturing practice — правильная производственная практика.

¹ Эмульгатор E488 (этоксилированные моно- и диглицериды) не включен в список пищевых добавок, разрешенных к использованию в России, в соответствии с СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». — Примеч. ред.

щевые добавки, имеющие сходные функциональные свойства. В табл. 6.5 представлены одобренные FDA улучшители дрожжевого теста, характеристика их функциональных свойств и максимально допустимые дозировки.

Для производства хлеба по традиционным технологиям можно эффективно применять большинство видов пластичных шортенингов из жиров как животного, так и растительного происхождения, в состав которых входят эмульгаторы, способствующие смягчению мякиша, и кондиционеры теста. Однако усилившееся в последние годы внимание к вопросу здорового питания и, в частности, к количеству холестерина и насыщенных жирных кислот в рационе питания, привело к предпочтению со стороны потребителей шортенингов из жиров только растительного происхождения. Жировая основа шортенинга, не содержащего жиров животного происхождения и предназначенного для производства хлеба по обычной технологии, чаще всего представляет собой частично гидрогенизованный, дезодорированный продукт, например, гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 110, характеристики которого приведены в табл. 4.6. Такой шортенинг поставляется наливом, и в него для предотвращения ухудшения вкуса включают антиоксиданты.

При поточном процессе хлебопечения, внедренном 1950-е гг., как и при традиционной технологии, шортенинг и эмульгаторы оказывали положительное влияние. Шортенинг для производства хлеба поточным способом должен включать в себя три основных компонента, которые могут входить в состав шортенинга или добавляться в тесто раздельно:

- **Шортенинг-основа.** При производстве хлеба поточным способом в качестве шортенинга-основы вполне допустимо использовать почти любой вид жира. Успешно применяются как гидрогенизованные, так и неотверженные животные жиры и растительные масла. Сравнение разных жиров показало, что качество хлеба не зависит от типа применяемого жира, за исключением того, что салатное масло, не содержащее при комнатной температуре фракции твердых жиров, оказывало необычайно сильное смягчающее действие на мякиш. Но в этом случае для обеспечения необходимой структуры хлеба требуется добавлять большее количество шортенинга в виде хлопьев или твердого жира.
- **Хлопья.** В процессе поточного производства хлеба замес и расстойку осуществляются при более высоких температурах, поэтому шортенинг, применяемый в целях усиления газоудерживающей способности и обеспечения определенной структуры продукта, должен иметь более высокую температуру плавления. При температуре расстойки теста небольшое количество шортенинга должно оставаться в твердом состоянии. Для того чтобы при температуре расстойки хлеба, применяемой в поточном процессе, т. е. 40–46 °C, часть жира оставалась в твердом состоянии, вполне подходят твердый жир или хлопья из любых видов растительных масел и животных жиров, вырабатываемых в США.
- **Эмульгирующие системы.** Многочисленные исследования подтвердили, что твердые, высоко насыщенные моно- и диглицериды, йодное число которых не превышает 5,0, превосходят более мягкие моно- и диглицериды по способности образовывать комплексы с крахмалом, что способствует увеличению сроков годности продукции, усилиению теста, улучшению текстуры хлеба. Было выявлено,

что более мягкие моно- и диглицериды ослабляют структуру теста, в результате чего высвобождаются газы, образовавшиеся в ходе брожения, поры хлеба получаются открытыми, текстура становится грубой, а объем снижается. Помимо этих эмульгаторов, могут использоваться один или более смягчителей мякиша или кондиционеров теста, представленных в табл. 6.5.

Большинство наиболее эффективно действующих жирорастворимых ПАВ обладают высокой температурой плавления, их следует добавлять к шортенингу в расплавленном виде до его внесения в тесто, предназначенное для поточного процесса хлебопечения. На большинстве хлебопекарных предприятий, применяющих поточный способ, либо используют эти компоненты шортенинга отдельно, либо закупают жидкий шортенинг, содержащий все три компонента и рассчитанный на применение при комнатной температуре.

6.10. Жидкий хлебопекарный шортенинг

Применяемая в поточном хлебопечении трехкомпонентная жировая система (жир-основа, хлопья твердого жира и эмульгаторы) была неоднородна, что отражалось на качестве хлеба. Благодаря наличию твердых жиров температура плавления жировой системы повышалась, что было необходимо для обеспечения желательной структуры теста и удерживания газа. Однако заранее установленная дозировка хлопьев не может полностью устранить проблемы, связанные с неоднородностью шортенинга. Несбалансированное соотношение твердых жиров и ПАВ приводит к увеличению доли брака, возникающего при обработке заготовок хлеба в процессе перемещения в печь после расстойки. Экспериментальным путем было выявлено, что содержание ТТГ при высоких температурах, которые имеют место в процессе замеса и дальнейшей обработки теста в поточном способе хлебопечения, должно находиться в пределах от 10 до 15%. В связи с вариациями жировой основы желательно контролировать содержание ТТГ в жировой системе. Однако на большинстве хлебопекарных предприятий отсутствует оборудование, позволяющее провести определение ТТГ. Поэтому для хлебопекарных предприятий более удобным оказался жидкий шортенинг, который к тому же не требует разогревания перед применением.

Жидкий хлебопекарный шортенинг, так же как и другие виды подобной продукции, представляет собой устойчивую дисперсию кристаллических веществ в жидкой основе. Он находится в жидким состоянии и может перекачиваться с помощью насоса при комнатной температуре. Жидкий шортенинг, разработанный для хлебопекарного производства, обычно состоит из жидкого растительного масла-основы, тугоплавкого твердого жира и пищевой добавки для смягчения мякиша, в дополнение к которой иногда применяется еще и кондиционер теста, усиливающий клейковину. Смягчитель мякиша и кондиционер теста завершают формирование функциональных свойств жидкого шортенинга, позволяя добиться высокой степени однородности готовой продукции и устранив необходимость закупок и отдельного дозирования соответствующих ингредиентов.

В табл. 6.6 показано развитие рецептур жидкого хлебопекарного шортенинга [12, 13]. Первый продукт такого типа, появившийся в начале 1960-х гг., был непрозрачным, напоминал по виду молоко и состоял из жидкого соевого масла, частично гидрогенизированного для повышения окислительной стабильности и для образования твердого жира, необходимого в условиях поточного производства хлеба. Позднее для смягчения мякиша в состав шортенинга стали включать моно- и диглицериды, полученные из твердого жира с низким йодным числом. Смягчающий эффект возникает в связи со взаимодействием амилозы, т. е. линейной фракции крахмала, с жирокислотной частью моноглицерида, в результате чего крахмал становится менее склонным к ретрографации. Первым кондиционером теста, вносимым в состав жидкого хлебопекарного шортенинга, можно считать полисорбат 60. Функция кондиционера для теста заключается в том, чтобы изменить реологические характеристики хлебопекарного теста за счет усиления клейковины, улучшая тем самым его обрабатываемость. На тот момент все виды жидкого хлебопекарного шортенинга содержали достаточно большое количество твердого жира, на что указывает

Таблица 6.6. Усредненные характеристики жидкого хлебопекарного шортенинга, изготовленного по различным рецептограм

Наименование показателя	Вид жидкого хлебопекарного шортенинга					
	Без пищевых добавок	Со смягчителем мякиша			Со смягчителем мякиша и кондиционером теста	
		1	2	3		
Массовая доля α -моноглицеридов, вносимых в составе моно- и диглицеридов с ЙЧ 5, %	Нет	3,0	2,5	5,75	4,0	
Массовая доля кондиционера теста, %:						
полисорбат 60 (%)	То же	Нет	2,0	Нет	Нет	
этоксилированные моно- и диглицериды	— « —	То же	Нет	5,0	5,0	
стеароиллактилат натрия	— « —	— « —	То же	Нет	4,9	
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	50,0	53,9	54,4	53,3	40,6	
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 °C	13,0	11,0	11,0	8,5	6,5	
21,1 °C	—	10,0	10,0	7,5	3,0	
26,7 °C	12,0	10,0	10,0	7,5	—	
33,3 °C	—	10,0	10,0	7,5	2,0	
40,0 °C	10,0	—	—	—	1,5	
43,3 °C	—	5,0	9,0	3,0	—	
Индукционный период по МАК, ч	30	25	20	30	20	
Применяемый антиоксидант	Нет	Нет	Нет	ТБГХ ТБГХ		

Примечание. ЙЧ – йодное число, г J₂/100 г; ТТГ – твердые триглицериды; МАК – метод активного кислорода; ТБГХ – трет-бутилгидрохинон.

содержание ТТГ в первых трех типах шортенинга, приведенных в табл. 6.6. При поточном способе хлебопечения высокое содержание твердых жиров было необходимо для того, чтобы придать прочность боковым сторонам формового хлеба. Эту функцию отчасти взял на себя кондиционер, содержащий этоксилированные моно- и диглицериды, что позволило снизить содержание твердых жиров, за счет чего готовый хлеб получался более мягким. Последняя приведенная в таблице разновидность жидкого хлебопекарного шортенинга отражает замену используемого кондиционера на смесь этоксилированных моно- и диглицеридов и стеароиллактилата натрия, при этом в состав шортенинга по-прежнему входили моно- и диглицериды, смягчающие мякиш. Целью замены кондиционера было усиление структуры клейковины, что обеспечивает повышение устойчивости при замесе и повышает поглощение влаги, за счет чего мякиш становился мягче, увеличивался объем готового изделия, и удлинялись сроки годности продукции. Благодаря синергетическому эффекту, возникающему при данном сочетании ПАВ, твердых жиров и основы (жидкого масла), выполняющей также и функцию смазки, на некоторых предприятиях стало возможным применять данный состав в количестве на 15–20% меньшем, чем в случае раздельного применения этих же ингредиентов. Тем не менее на некоторых хлебопекарных предприятиях по-прежнему предпочитают раздельное использование смягчителей мякиша и кондиционеров, которые добавляют в жидкий шортенинг, аналогичный ранее применявшемуся шортенингу без эмульгаторов.

6.11. Шортенинг для сдобного дрожжевого теста

Разрыхление сдобного дрожжевого теста происходит также за счет деятельности дрожжей, но в отличие от других хлебобулочных изделий продукция из такого теста имеет более сладкий и богатый вкус. В состав сдобного теста входит намного больше шортенинга, молока и сахара, чем в тесто для хлеба, кроме того, рецептуры сдобных изделий обычно включают в себя яйца. Роль этих ингредиентов состоит в смягчении текстуры продукции и повышении ее рассыпчатости, улучшении вкуса и цвета, повышении питательной ценности.

Совершенствование сдобного теста происходило как следствие применения моно- и диглицеридов во взбитом тесте для МКИ. Было вполне естественно улучшить сдобное тесто, добавив в него шортенинг типа *High ratio*, в составе которого присутствует эмульгатор, усиливающий удерживание влаги, в результате чего продукция получается более мягкой, влажной на ощупь, с более длительными сроками хранения. Этот шаг был сделан в конце 1930-х гг. В конечном итоге в специализированном шортенинге для сдобного теста было повышенено содержание эмульгаторов, за счет чего были реализованы все перечисленные преимущества, и появилась возможность производить такие же мягкие, сдобные сладкие булочки, плюшки и донатсы из дрожжевого теста, имеющие сравнительно длительный срок хранения, как и выпускаемые в наши дни.

В составе шортенинга для сдобного дрожжевого теста предпочтительнее использовать жировую основу с низким содержанием ТТГ, поскольку это повышает

мягкость продукта. Из поверхностно-активных веществ наиболее эффективными оказываются смягчители мякиша, воздействующие на амилозную фракцию крахмала; по этой причине в состав шортенинга для сдобного теста обычно включают твердые моно- и диглицериды в количестве, обеспечивающем содержание α -моно-глицеридов от 8,0 до 9,0%. Такой шортенинг производят на основе как животных жиров, так и растительных масел, которые выступают в качестве носителя твердых эмульгаторов и выполняют функцию смазывающего вещества. Шортенинг на основе животного жира состоит, как правило, из топленого свиного жира и 20% моно- и диглицеридов с низким йодным числом, полученным из твердых животных жиров, что обеспечивает пластичную консистенцию шортенинга и содержание в нем α -моно-глицеридов ($8,5 \pm 0,5\%$). Шортенинг, состоящий исключительно из растительного сырья, может представлять собой пластифицированную смесь, в которую входит 80% саломаса из гидрогенизированного дезодорированного соевого масла с ЙЧ 80 и 20% низкойодных моно- и диглицеридов из соевого масла, содержание α -моно-глицерида в которых обеспечивает его концентрацию в шортенинге ($8,5 \pm 0,5\%$).

6.12. Шортенинг для печенья

Рецептура некоторых видов печенья сходна с рецептурой выпеченных полуфабрикатов тортов или пирожных, за исключением более низкого содержания влаги в тесте для печенья. Это отражено во многих определениях слова «печенье», например, в английском толковом словаре его поясняют как «маленькое сладкое пирожное, обычно плоское». Термином «печенье» обозначают весьма широкий круг разновидностей МКИ. На предприятиях кондитерской и хлебопекарной промышленности производят сотни видов печенья. Его можно классифицировать на такие группы, как вырубное, выемное, отсадное, сбивное печенье, а также многие другие виды. Однако можно выделить два основных типа: мягкое и твердое печенье¹.

Печенье различных типов содержит от 10 до 30% шортенинга, поэтому в большинстве рецептур шортенинг, несомненно, является важнейшим ингредиентом. Вид и количество используемого шортенинга влияют на изменение свойств теста для печенья в ходе машинной обработки и на качество готовой продукции. Шортенинг является основным ингредиентом, поскольку придает печенью нежность, обеспечивает сохраняемость, пористость и хорошую текстуру, кроме того, усиливает его слободность. Шортенинг имеет достаточную степень когезии при наличии необходимого количества твердой фазы, но при этом он должен иметь пластичную, намазывающуюся консистенцию, чтобы обеспечить мягкость печенья. При производстве мягкого печенья пластичный шортенинг взбивается с сахаром, в результате чего жидккая фаза шортенинга насыщается пузырьками воздуха. При высоком содержании твердых жиров в шортенинге недостаточно жидкой фазы, чтобы обеспе-

¹ В России принято деление печенья на три большие группы: сдобное, которое можно назвать мягким, сахарное и затяжное. Две последние группы условно можно отнести к твердому печенью. Содержание жира в рецептуре этих видов печенья составляет в среднем 15–30, 10–15 и 5–10% соответственно. — Примеч. ред.

чить требуемую степень аэрирования, тогда как слишком низкое содержание ТТГ не позволяет шортенингу удерживать воздух до завершения замеса. Кроме того, шортенинг для печенья должен обладать определенной степенью пластичности, которая позволяет, добавив его при замесе, получить однородное тесто без комков, выделение жидкого масла из которого будет минимальным. Если тесто для печенья содержит заметные кусочки шортенинга, то при выпекании они расплавятся, и в готовых изделиях останутся пустоты, в результате печенье будет иметь неоднородную структуру. При недостаточной термостойкости шортенинга в ходе машинной обработки из теста отделяется жидкое масло, и печенье получается деформированным, с маслянистой поверхностью. Однако при формировании печенья на некоторых видах оборудования, например, на ротационных штампующих машинах, выделение некоторого количества масла необходимо для экструдирования теста или отделения его от формы. В составе шортенинга должно соблюдаться требуемое соотношение твердой и жидкой фаз, обеспечивающее пригодность теста к машинной обработке, аэрирование, нежность и необходимые сроки хранения. Как правило, для производства мягкого печенья вполне подходит универсальный шортенинг, обладающий широким диапазоном пластичности и достаточной термостабильностью, кристаллизующийся в β' -форме. При использовании шортенинга, содержащего эмульгаторы, мягкое печенье при жевании кажется «резинистым», поскольку после выпечки оно удерживает излишнее количество влаги. Такие свойства печенья было принято считать нежелательными, но в последние годы именно такую продукцию стали активно продвигать.

При производстве твердого печенья шортенинг выполняет лишь функцию смазки. В связи с низким содержанием влаги сахар в таком печенье кристаллизуется и образует массу, похожую на леденец, тогда как в МКИ, имеющих более высокий уровень влажности, сахар находится в виде жидкого сиропа. Роль шортенинга состоит в том, чтобы разрушить сплошную массу карамелизованного сахара [14]. Как правило, для обеспечения смазывающего действия, повышения сроков хранения и улучшения органолептических характеристик при производстве твердого печенья стараются использовать селективно гидрогенизованный шортенинг, обладающий небольшим диапазоном пластичности.

6.13. Шортенинг для начинки печенья

Начинкой называется крем или прослойка, соединяющая между собой две части печенья-сэндвича или два вафельных листа. Все виды кремовой начинки содержат одни и те же основные компоненты: сахар, шортенинг, соль, ароматизаторы и лецитин (перечислены в порядке, соответствующем количеству в рецептуре). Для придания сладкого вкуса используют обезвоженную декстрозу из кукурузы или сахарную пудру, поскольку они быстро растворяются во рту. Начинка на основе сахарной пудры кажется теплой, а на декстрозе — прохладной. Консистенция начинки и ощущения во рту при ее употреблении в значительной степени определяются видом применяемого шортенинга.

Хороший шортенинг для начинки печенья или вафель должен удовлетворять перечисленным ниже требованиям:

- быстрое таяние во рту;
- окислительная стабильность, позволяющая добиться сроков годности продукции 6–12 мес.;
- обеспечение устойчивой консистенции начинки: отсутствие изменений внешнего вида начинки и образования таких дефектов, как мучнистость и излишняя твердость, при хранении или перепадах температуры в допустимых пределах.
- способность к аэрированию до плотности 0,75–0,95 г/см³ (для большинства видов начинок) при взбивании в течение примерно 10–15 мин¹;
- при изготовлении начинки с липкой консистенцией она должна отрываться или отрезаться при температуре отсаживания (как правило, около 32 °С).

На предприятиях, производящих печенье, для изготовления начинок используют один из пяти видов шортенинга, приведенных ниже.

- **Кокосовое масло.** Негидрогенизированное кокосовое масло, температура плавления которого составляет около 24,4 °С, позволяет сделать начинку «прохладной» и приятной на вкус, но в чистом виде оно применяется редко, поскольку даже при умеренном нагревании плавится и отделяется от начинки. Гидрогенизированное кокосовое масло с температурой плавления 33,3 °С обеспечивает отличные вкусовые качества и приемлемую степень аэрирования, но зачастую нагревание продукта в оборудовании для нанесения начинки приводит к вытапливанию масла из начинки, что неприемлемо для производства. При внесении в гидрогенизированное кокосовое масло твердого жира, полученного из масел, вырабатываемых в США, температуру плавления можно повысить до 43,3 °С и тем самым предупредить описанную выше проблему, но при такой температуре плавления ухудшаются органолептические свойства начинки.
- **Смеси на основе кокосового масла.** Пластифицированные смеси кокосового масла с другими гидрогенизованными маслами имеют температуру плавления от 28,0 до 34,5 °С, начинка, изготовленная с их использованием, имеет приемлемые вкусовые качествам. Однако повышение производительности оборудования для нанесения начинки приводит к вытапливанию жидкого масла из нее. Сохранить высокую производительность удается за счет изменения соотношения компонентов в таких смесях, направленного на повышение температуры плавления, но при этом позволяющего сохранить четко выраженную температуру плавления, несмотря на снижение доли кокосового масла.
- **Смеси масел, производимых в США.** Многие виды шортенинга для начинки печенья производятся из смеси гидрогенизованных масел культур, выращиваемых в США (например, соевого или хлопкового масел). Температура плавления в основном составляет от 37 до 44 °С в зависимости от типа применяемого оборудования для нанесения начинки. Масла подвергают избирательной гидрогенизации в целях получения как можно более крутого наклона кривой

¹ См. п. 3.9.16 «Оценка шортенинга для начинки печенья-сэндвичей».

Таблица 6.7. Состав и характеристики шортенинга для начинки печенья

Наименование компонентов	Вид шортенинга							
	Кокосовое масло с температурой плавления, °C			Смеси на основе кокосового масла	Смеси масел, производимых в США	Смеси жиров животного и растительного происхождения	Селективно гидрогенизированное соевое масло	
	24,5	33,5	43,3					
Кокосовое масло, %	100	—	—	69	—	—	—	
Гидрогенизированное кокосовое масло с ЙЧ 5, %	—	100	—	—	—	—	—	
Гидрогенизированное кокосовое масло с ЙЧ 1, %	—	—	98	—	—	—	—	
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66, %	—	—	—	25	—	—	—	
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74, %	—	—	—	—	78	—	—	
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 80, %	—	—	—	—	20	75	—	
Гидрогенизированное хлопковое масло с Т = 60 °C	—	—	2	6	2	—	—	
Твердый животный жир	—	—	—	—	—	25	—	
Гидрогенизированное в особых условиях соевое масло с ЙЧ 75	—	—	—	—	—	—	100	
Физико-химические характеристики								
Содержание ТТГ, %, при:								
10,0 °C	59	57	63	53	39	27	58	
21,1 °C	29	33	41	24	24	15	43	
26,7 °C	0	8	16	14	17	12	34	
33,3 °C	—	3	7	8	7	6	12	
40,0 °C	—	—	4	4	3	1	1	
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	24,5	34	43,5	45	40,5	39	38,5	
Индукционный период по МАК, ч, не менее	200	200	200	200	100	75	200	

Примечание. ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; Т — титр, °C; ТТГ — твердые триглицериды; МАК — метод активного кислорода.

плавления, поскольку это обеспечивает хорошие органолептические свойства и окислительную стабильность.

- Смеси жиров животного и растительного происхождения.** Такой шортенинг для начинки используют на предприятиях, ориентированных на выпуск недорогой продукции. Смеси обладают приемлемым вкусом и взбиваемостью, но начинка дает не такое хорошее ощущение таяния во рту, как при использовании других видов шортенинга.
- Шортенинг на основе масел, производимых в США, гидрогенизованных в особых условиях.** С помощью гидрогенизации в особых условиях, с использованием никелевого катализатора с дозированным содержанием серы получают шортенинг из отверженного соевого и хлопкового масел. По своим характеристикам такой продукт сходен с гидрогенизованным кокосовым маслом (например, обладает крутым наклоном кривой плавления и четко выраженной температурой плавления). Начинки на основе такого шортенинга, гидрогенизированного в особых условиях, имеют температуру плавления 39 °C, хорошо тают во рту и достаточно стабильны при обработке на некоторых видах современного оборудования для нанесения начинки; кроме того, они обладают исключительной окислительной стабильностью.

В табл. 6.7 приведен типовой состав, усредненные значения содержания ТТГ и температуры плавления пяти перечисленных видов шортенинга для начинки печенья.

6.14. Шортенинг для хрустящих пирогов

Тестовые заготовки для хрустящих пирогов имеют низкое содержание влаги и высокое — шортенинга. Благодаря такому соотношению ингредиентов, а также технологии обработки в тесте не образуется сплошной сети клейковины, и готовый продукт имеет слоистую структуру. Пористость является нежелательным свойством заготовок для хрустящих пирогов, поскольку они должны удерживать внутри начинку, имеющую умеренную вязкость, не допуская подтекания и сохраняя высокое содержание влаги в ней. По структуре заготовки для пирогов можно разделить на три типа:

- Слоистые.** при разламывании таких заготовок разлом пройдет по нескольким линиям на разных уровнях, и можно легко заметить разделение на слои, идущие параллельно наружной поверхности. Для получения выраженной слоистой структуры время замеса сводят к минимуму и используют высокую дозировку шортенинга.
- Рассыпчатые.** при разламывании заготовок этого типа разлом пройдет по одной прямой линии, его внешний вид будет напоминать печенье. Тесто для рассыпчатых заготовок, как правило, требует более длительной обработки, что позволяет продукции выдерживать не слишком осторожное обращение как в процессе изготовления пирогов, так и при их транспортировке.

- **Песочные** — характеристики песочных заготовок или обладающих средней слоистостью лежат в промежутке между характеристиками двух предыдущих типов. Шортенинг для этого типа заготовок должен образовывать частицы размером с горошину, внесение воды при замесе осуществляют как можно быстрее, поскольку частицы шортенинга должны оставаться в виде отдельных частиц.

Роль шортенинга при производстве заготовок для хрустящих пирогов почти исключительно обусловлена его способностью к смазыванию, смягчению текстуры и обеспечению слоистости. Идеально подходит для этих целей топленый свиной жир (лярд), поскольку его твердые компоненты изначально имеют симметричную кристаллическую структуру и при застывании не образуют прочно связанного матрикса. Слоистость заготовок возникает при наличии тугоплавких, крупных кристаллов с грубой β -формой, образующих гранулы, и жидкого масла, разделяющего тесто на слои. У свиного жира, традиционно используемого для пирогов, характер кривой плавления обеспечивает слоистость теста, а β -кристаллы придают шортенингу пластичность при низких температурах. Как правило, в шортенинг для пирогов, изготовленный из свиного жира, добавляют 2–3% низкойодных твердых жиров из гидрогенизированного лярда, что обеспечивает необходимую консистенцию. Жирнокислотный состав и конечная консистенция свиного жира может значительно варьироваться в зависимости от рациона кормления, условий содержания свиней и части туши, с которой снят жир. Внесение твердых жиров заметно повышает содержание ТТГ при более высоких температурах, тогда как при низких температурах их влияние менее заметно, о чем говорит и более пологая форма кривой плавления. Консистенцию свиного жира можно также регулировать с помощью частичной гидрогенизации. В этом случае кривая плавления гидрогенизированного свиного жира повторяет по форме кривую плавления исходного лярда, но оказывается выше нее по всей длине. Требуемой консистенции свиного жира можно достичь также за счет осуществления пластификации и темперирования в определенных условиях. Темперирование упакованного лярда при температуре от 21 до 27 °С обеспечивает формирование пластичной и эластичной консистенции, тогда как темперирование при температуре 4–5 °С приводит к непрочной, хрупкой структуре жира [15].

Технологические процессы производства заготовок для пирогов первоначально были разработаны с учетом особенностей свиного жира. Применение этих же процессов, но с использованием стандартного универсального шортенинга, состав которого обеспечивает широкий диапазон пластичности и β' -кристаллическую структуру, приводит к получению заготовок неприемлемого качества. Для эффективного проявления функциональных свойств универсального шортенинга замес теста необходимо производить при более низких температурах и направлять заготовки на выпечку сразу после завершения замеса. При выполнении этих условий шортенинг из растительного сырья, имеющий β -кристаллическую структуру, обеспечивает получение теста с теми же характеристиками, но без характерного привкуса сала. В табл. 6.8 приведен состав, указаны форма кристаллов, усредненные значения содержания ТТГ и температур плавления шортенингов на основе свиного жира и универсального шортенинга из растительных масел.

Таблица 6.8. Состав и характеристики шортенингов для хрустящих пирогов

Наименование компонентов	Вид шортенинга					
	из свиного жира	из соевого масла	из соевого и хлопкового масла			
	1	2	3	4	5	6
Лярд, %	100	—	97	—	—	—
Гидрогенизованный лярд, %	—	100	—	—	—	—
Гидрогенизованный лярд с $T = 59$ °С, %	—	—	3	—	—	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 95, %	—	—	—	95	—	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 88, %	—	—	—	—	60	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 80, %	—	—	—	—	—	92
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 60, %	—	—	—	—	40	—
Гидрогенизированное хлопковое масло с $T = 63$ °С	—	—	—	5	—	—
Гидрогенизированное хлопковое масло с $T = 60$ °С	—	—	—	—	—	8
Физико-химические характеристики						
Кристаллическая форма	β	β	β	β	β	β'
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 °С	29,0	35,5	32,0	25,0	34,0	26,0
21,1 °С	21,5	26,0	25,0	15,0	25,5	18,0
26,7 °С	15,0	19,5	18,0	13,0	22,5	16,0
33,3 °С	4,5	10,0	10,0	10,0	13,5	10,0
40,0 °С	2,0	7,0	7,0	7,5	4,5	6,0
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	32,5	38,0	41,0	45,0	42,0	39,0

Примечание. ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; Т — титр, °С; ТТГ — твердые триглицериды.

6.15. Шортенинг для бисквитов

Термином **бисквит** (*biscuit*) в США называют совсем другой вид МКИ, чем в Великобритании и Европе. Слово имеет французское происхождение и означает «приготовленный дважды»; первоначально так называли тонкие плоские хлебцы, которые

входили в корабельный запас продуктов. Для обеспечения очень длительных сроков хранения их выпекали дважды в целях снижения содержания влаги. Этот продукт практически не имеет отношения к «бисквитам», которые выпекали американские колонисты в конце XVII века. Более точным названием для них было бы «быстрые хлебцы», поскольку вместо дрожжей или питьевой соды для разрыхления применяли пекарский порошок, а в качестве кислого ингредиента — пахту или сыворотку. Долгое время «бисквиты» занимали важное место в рационе жителей южных штатов, а затем приобрели популярность по всей стране. Некоторые американцы выпекают это изделие, самостоятельно смешивая ингредиенты, другие же предпочитают использовать сухую смесь-полуфабрикат или выпекать замороженные «бисквиты», упакованные в жестяные банки, готовые «бисквиты» предлагаются в торговых сетьях, «фаст-фудах» и солидных ресторанах.

Тесто для американских бисквитов не способно выдержать той обработки, которой подвергается дрожжевое тесто для развития клейковины или белка муки. Сначала жир и муку рубят вместе до образования кусочков размером от горошины до грецкого ореха, не допуская пропитывания муки жиром, после чего вносят жидкие компоненты и производят замес как можно быстрее, добиваясь лишь смачивания муки, без значительного формирования клейковины. Продолжительность замеса зависит от консистенции шортенинга. При использовании мягкого пластичного шортенинга быстро происходит его распределение в тесте, и продукция получается жесткой. Твердый и хрупкий шортенинг рассыпается на мелкие кусочки, которые с трудом смешиваются с остальными ингредиентами, в результате готовый бисквит получается легким и слоистым. На многих хлебопекарных предприятиях для производства американских бисквитов шортенинг замораживают, чтобы предупредить излишнее распределение жира в тесте. Часто по заказу отдельных предприятий пищевой промышленности или общественного питания, выпекающих бисквиты, вырабатывают твердые смеси гидрогенизованных растительных масел, а также твердые животные жиры с добавлением антиоксидантов, имеющие сравнительно высокую окислительную стабильность. Пластичность для «бисквитного» шортенинга является нежелательным свойством, поэтому предпочтение отдается смесям, имеющим крутой наклон кривой плавления и высокую устойчивость к окислению. Консистенция должна быть пластичной лишь в такой степени, чтобы обработка шортенинга не вызывала трудностей. Кристаллическая структура особого значения не имеет, но β-кристаллический шортенинг, имеющий зернистую структуру, может придавать готовым бисквитам более слоистую структуру.

6.16. Шортенинг для дрожжевого слоеного теста

Изделия из дрожжевого слоеного теста, так называемые датские слойки, появились в США в начале прошлого века. Тесто для датских слоек содержит большое количество жира. Отличительной особенностью приготовления такого теста является раскатывание листов теста, чередующихся со слоями шортенинга. В процессе выпечки жир плавится, слои теста отделяются друг от друга, в результате получает-

ся выпеченное изделие с рассыпчатой структурой, состоящей из хрустящих слоев. Первоначально для приготовления такого теста использовалось твердое масло, ввозимое из Дании, и готовая продукция была больше похожа на изделия из бездрожжевого слоеного теста, чем на современные датские слойки. Характер дрожжевого слоеного теста постепенно менялся. Вместо импортного масла стали использовать масло местного производства, затем маргарин и, наконец, специально разработанный для этих целей вид шортенинга. Современное дрожжевое слоеное тесто сочетает традиционную слоистость с нежностью и рассыпчатостью [16]. Ниже приведено описание ручного способа приготовления дрожжевого слоеного теста.

- Сдобное дрожжевое тесто готовят обычным способом, но замес прекращают сразу после равномерного распределения ингредиентов. Дальнейшая обработка теста происходит в ходе раскатывания.
- Тесто немедленно разрезают на части необходимого размера, а затем в течение 15–20 мин выдерживают в ретардере при температуре 1,7–4,4 °С и относительной влажности не менее 85%. Основной целью является замедление брожения дрожжей во время этой выдержки.
- Полосы теста раскатывают до толщины от 1 до 2 см, при этом длина должна быть втрое больше ширины. Полученный лист теста на две трети длины покрывают шортенингом для слоения.
- Не покрытую шортенингом треть листа загибают на среднюю часть, а оставшуюся треть кладут поверх нее. Таким образом, образуется три слоя теста, между которыми находятся два слоя шортенинга.
- Слоеное тесто снова раскатывают до толщины около 1 см и складывают втрое. Шортенинг на этом этапе не используют.
- Сложеные куски теста на 20–30 мин оставляют в ретардере.
- Слоеное тесто еще дважды раскатывают и складывают втрое, при этом после каждого складывания помещают на 20–30 мин в ретардер.
- После последнего раскатывания и складывания слоеное тесто в большинстве случаев оставляют на 4–8 ч или на ночь, затем формируют из него отдельные изделия.
- Расстойку сдобного слоеного теста рекомендуется осуществлять при температуре 32 °С и низкой влажности, не позволяющей, однако, поверхности теста пересохнуть. Расстойка обычно занимает немного времени — 20–30 мин, что позволяет тесту немного подняться, но шортенинг между слоями не успевает растиать, так как иначе слои слипнутся. Шортенинг должен растиать лишь в процессе выпечки, чтобы раздвинуть слои теста и обеспечить слоистую текстуру готового изделия.
- После расстойки слоеные изделия выпекают при температуре 190–200 °С в течение 15–20 мин в зависимости от размера изделия.

Ручное производство слоеного теста крайне трудоемко, поэтому были разработаны механизированные системы нескольких типов, облегчающие этот процесс. Появились насосы и экструдеры как для теста, так и для шортенинга, прокатные валки, ламинаторы, роторные и гильотинные режущие машины, установки для охлаждения и многие другие виды оборудования, что позволило автоматизировать

производство изделий из дрожжевого слоеного теста. Однако автоматизированные системы не способны чутко реагировать на изменения консистенции продукта, его мягкости и других характеристик, которые учитывает пекарь при изготовлении теста вручную. В связи с этим для производства качественных слоенных изделий на автоматизированных линиях потребовалось разработать множество разновидностей специализированного шортенинга, используемого при слоении теста.

Жирность датских слоек, т. е. количество вносимого при слоении шортенинга, может существенно различаться. В наиболее распространенных в США разновидностях количество шортенинга, расходуемого при слоении, составляет примерно половину от количества муки. Производится и выпечка, в которой количество шортенинга, используемого для слоения, составляет всего лишь 20% от массы муки, но готовое изделие в этом случае кажется плохой имитацией привычных датских слоек. Было установлено, что от количества жира для слоения зависит количество сложений теста. Слоеное тесто с большим содержанием жира, т. е. то, на которое при слоении расходуется значительная масса шортенинга, требует большего количества повторов сложения и раскатывания для предупреждения вытекания жира и образования маслянистой корочки. Тесто, в котором количество шортенинга для слоения составляет 70–80% от массы муки, понадобится сложить не менее четырех раз, 50% – не менее трех, а тесто с еще меньшим количеством шортенинга – два или даже один раз.

Наиболее важными характеристиками шортенинга для слоения являются пластичность и твердость; его консистенция должна быть немного тверже, чем у универсального шортенинга. Пластичность необходима для того, чтобы шортенинг равномерно распределялся по поверхности теста и оставался в виде равномерной прослойки между слоями теста, не разрушаясь при его раскатывании и складывании. В шортенинге не должно образовываться комочеков после выдержки в ретардере при пониженной температуре. На этом этапе тесто вместе со слоями жира уже раскатано до толщины около 7 мм. Твердый и хрупкий шортенинг при прокатке будет прорывать слои теста, в результате чего многослойная структура, обеспечивающая пышность готового изделия, будет нарушена. Столь же важно для шортенинга быть твердым, поскольку мягкий, текучий шортенинг будет частично впитываться в тесто при раскатывании или таять во время расстойки, т. е. хуже выполнять свою роль барьера между слоями теста, в результате характерные свойства многослойного теста будут утрачены [17]. Кроме того, готовые слоеные изделия должны давать хорошее ощущение во рту, поэтому шортенингу необходимо иметь достаточно четко выраженную температуру плавления, близкую к температуре тела. Таким образом, идеальный шортенинг для слоенного теста пригоден для работы в диапазоне температур от 10 до 32 °C, при этом его температура плавления должна быть достаточно низкой, чтобы готовая выпечка давала приятное ощущение во рту, в отличие от воскового или обволакивающего ощущения, характерного для тугоплавких жиров.

Состав жировой основы, а также условия пластификации и темперирования имеют определяющее значение при производстве шортенинга, предназначенного для дрожжевого слоенного теста. Развитие этого вида шортенингов было обусловлено развитием технологий производства МКИ, совершенствованием ингредиентов

и появлением новых видов изделий из слоенного теста. В табл. 6.9 приведены данные о температуре плавления и содержании ТТГ, из которых видно, что шортенинг для слоения представляет собой компромисс между хорошими функциональными свойствами и высокими органолептическими показателями готовой продукции [18, 19]. Это является общим правилом, поскольку тугоплавкие насыщенные жиры ухудшают ощущения во рту при потреблении готовых изделий, но сокращение доли этого компонента отрицательно сказывается на структуре теста и функциональности шортенинга при температурах обработки.

Таблица 6.9. Характеристики жировых продуктов для дрожжевого слоенного теста

Наименование показателей	Сливочное масло	Маргарин		Шортенинг с температурой плавления		
		для датских слоек	для хлебопечения	низкой	средней	высокой
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 °C	33,0	43,5	29,0	39,0	24,0	26,0
21,1 °C	14,0	25,8	18,0	27,0	20,0	20,0
26,7 °C	10,0	20,6	16,0	22,0	19,0	18,0
33,3 °C	3,0	11,1	13,0	11,5	16,0	17,0
40,0 °C	—	2,0	5,0	2,5	11,0	14,0
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	35,0	40,2	45,0	39,0	45,0	52,0

В состав шортенинга для слоения обычно входят один или два саломаса и твердый жир, кристаллизующийся в β'-форме. Выбор саломаса определяется желательным видом кривой плавления. Обычно в качестве жировой основы используют смесь саломаса селективной гидрогенизации и более мягкого саломаса неселективной гидрогенизации. Затем состав стабилизируют с помощью твердого жира, внесение которого приводит к более крутым наклонам кривой плавления и, соответственно, улучшает органолептические показатели [19]. Продукт с более ровной кривой плавления по составу близок к универсальному шортенингу, представляющему собой саломас неселективной гидрогенизации с ЙЧ 85–95, стабилизированный путем добавления большего количества твердого жира. Применяемый в этих целях твердый жир может быть гидрогенизирован до меньшего уровня насыщенности, что позволяет повысить его дозировку и добиться таким образом более плоской кривой плавления без повышения температуры плавления жировой смеси, вызывающего сильно выраженное ощущение воска или обволакивания во рту.

Важность условий пластификации шортенинга для слоения обусловлена тем, что на этом этапе обработки обеспечивается пригодность жира к использованию в условиях пониженных температур, имеющих место при ручном изготовлении дрожжевого слоенного теста. Для пластификации обычно применяют процесс, описанный в п. 2.17.3, с использованием цилиндрического скребкового теплообменника (вотатора или переохладителя), в котором расплавленная смесь жиров, имеющая температуру, на 11–5 °C превышающую температуру плавления, быстро охлаждается

ется примерно до 15–21 °С, что приводит к формированию ядер кристаллизации в β' -форме. Сразу после охлаждения шортенинг обрабатывают или перемешивают в течение промежутка времени, достаточного для формирования фазы β' -кристаллов, в результате чего перед фасовкой температура продукта повышается на 5,5–8,3 °С. При правильном проведении пластификации поверхность шортенинга после расфасовки в контейнеры оказывается немного выпуклой. После этого шортенинг в упаковке выдерживают от 48 до 72 ч при повышенной температуре, обычно 29,4 °С, в целях достижения равновесного состояния кристаллической структуры твердой фракции и формирования устойчивой кристаллической решетки.

6.17. Шортенинг для бездрожжевого слоеного теста

Изделия из бездрожжевого слоеного теста имеют рыхлую слоистую структуру; наиболее известны турнoverы, изделия с начинкой и рожки с кремом. Этот вид теста изготавливается почти так же, как дрожжевое слоеное тесто: шортенинг для слоения распределяется между слоями упругого, но вместе с тем пластичного теста. Слои теста чередуются со слоями жира и в процессе выпекания тесто поднимается. Выпечка из дрожжевого теста имеет достаточно мягкую, пористую структуру, тогда как изделия из бездрожжевого слоеного теста получаются хрустящими, а слои напоминают хлопья. В рецептуре бездрожжевого слоеного теста обычно используют шортенинг для слоения в количестве, равном массе муки, и воду в количестве, составляющем половину от массы муки; соль вносят по вкусу; кроме того, для облегчения раскатывания добавляют небольшое количество винного камня, уксуса или лимонного сока. Введение шортенинга в бездрожжевое слоеное тесто чаще всего осуществляют с использованием одного из описанных ниже способов.

- Французский метод.** Пасту для слоения¹ наносят на раскатанное тесто вручную или с помощью экструдера, после чего лист теста складывают и вновь раскатывают. Эту операцию повторяют несколько раз, в результате чего образуется множество тонких чередующихся слоев жира и теста.
- Шотландский или ускоренный метод.** Пасту для слоения добавляют в тесто в самом конце замеса, после чего слегка перемешивают для распределения шортенинга перед началом прокатки теста; в результате также образуются чередующиеся слои теста и жира.

Шортенинг для слоения выполняет в бездрожжевом слоеном тесте несколько функций. В соответствии с традиционной, французской, технологией часть шортенинга вносят в слоеное тесто еще на этапе замеса. Эта доля, составляющая около 15% от общего расхода шортенинга, выполняет ту же функцию, что и в тесте любого другого типа, т. е. является смазкой. Основная же доля шортенинга распределяет-

¹ Для прослаивания бездрожжевого слоеного теста используют заранее подготовленную пасту, представляющую собой мелко нарезанный жировой продукт (шортенинг, маргарин, сливочное масло), смешанный с небольшим количеством муки до получения однородной массы и охлажденный до 12–14 °С. – Примеч. ред.

ся между слоями теста, за счет чего оно поднимается и приобретает хлопьевидную текстуру. При раскатке шортенинг образует тонкие слои, чередующиеся со слоями теста, и после шести сложений втрое образуется 1215 слоев. Благодаря этому в тесте происходит естественное расслоение. Слои жира тают и расширяются, чему способствует также и пар, образующийся при испарении влаги слоеного теста; под действием этих сил слои теста раздвигаются. Для обеспечения хорошего объема изделий из бездрожжевого слоеного теста и ровного расположения слоев шортенинг для слоения должен обладать рядом качеств:

- Пластичность в достаточно широком диапазоне температур позволяет шортенингу растягиваться при раскатывании и сгибании пластов теста, сохраняющего при этом целостность своих слоев; признаком этого свойства служит слабый наклон кривой плавления.
- Для получения равномерных и тонких слоев шортенинг должен иметь твердую, податливую, не ломкую консистенцию, похожую на консистенцию теста при температуре ретардера. Слишком твердый шортенинг для слоения при раскатывании теста будет прорывать его слои, а слишком мягкий — впитываться в тесто, превращая его в мягкую массу, не способную подниматься. Консистенцию бездрожжевого слоеного теста можно оценить, помяв в руке маленький его кусочек. Из хорошего теста можно лепить, как из глины; оно будет менять форму, не образуя комков и не становясь ломким, липким или жирным на ощупь [20].
- Особенностью шортенинга для бездрожжевого слоеного теста является то, что он относится к числу тугоплавких пищевых жиров, вырабатываемых из животного или растительного сырья — температура его полного расплавления составляет около 46–57 °С.
- Шортенинг, из которого изготавливают пасту для слоения бездрожжевого теста, может выпускаться как в виде водно-жировой эмульсии (как правило, с содержанием влаги 10%), так и в виде безводного жира. Для обеспечения стабильности эмульгированного шортенинга в нем присутствует обычно около 0,5% α -моноглицеридов или 0,1–0,2% лецитина. Эмульсия имеет оптимальную стабильность при использовании моно- и диглицеридов, полученных из саломасов с низким йодным числом. На хлебопекарных предприятиях привыкли считать, что для хорошего подъема слоеного теста в состав шортенинга должна входить вода, но было доказано, что функциональные свойства безводного шортенинга не уступают характеристикам многих эмульгированных шортенингов для слоения [21].
- Кристаллизация в β' -форме способствует образованию трехмерной сети, в которой может надежно удерживаться большое количество жидкого масла.

В качестве шортенинга для слоения ранее предпочитали использовать смеси жиров животного и растительного происхождения, поскольку они обеспечивали более равномерный подъем выпеченного изделия; кроме того, масложировые продукты из растительного сырья имели несколько липкую консистенцию, окисленный привкус и характерный запах растительных масел. Такой шортенинг из растительного сырья практически представлял собой смесь, в состав которой входило около 25% твердого жира, полученного из хлопкового масла, и негидрогенизированное растительное

масло, как правило, хлопковое или соевое. Липкая паста для слоения проникала вглубь слоев теста, что приводило к неравномерному подъему слоев, а в результате быстрого окисления полиненасыщенных жирных кислот появлялся неприятный запах и привкус. Потом шортенинг растительного происхождения был усовершенствован путем использования саломасов, полученных путем селективной, незначительной или частичной гидрогенизации, и твердых жиров, кристаллизующихся в β' -форме, за счет чего появилась возможность повысить температуру плавления и придать кривой плавления более слабый наклон, что требовалось для повышения окислительной стабильности. В табл. 6.10 приведены диапазоны температуры плавления и содержания ТТГ шортенинга для слоения бездрожжевого теста.

Таблица 6.10. Характеристики шортенинга для бездрожжевого слоеного теста

Наименование показателя	Диапазон значений
Содержание ТТГ, %, при:	
10,0 °C	26,0–40,0
21,1 °C	24,0–38,0
26,7 °C	22,0–34,0
33,3 °C	21,0–28,0
40,0 °C	17,0–24,0
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	49,0–53,0

Многие десятилетия отверждение шортенинга для слоения осуществляли с использованием холодильного барабана, затем его выдерживали в поддонах для формирования стабильной кристаллической формы, после чего перед упаковкой шортенинг текстурировали, пропуская через гомогенизатор. Преимущество такого способа заключалось в продолжительной выдержке жира между охлаждением и текстурированием, что обеспечивало почти идеальную кристаллизацию до начала обработки. Даже медленно кристаллизующиеся жировые смеси могли быть переработаны в твердый, пластичный шортенинг для слоения, не склонный к последующей кристаллизации. Но технология пластификации с помощью холодильного барабана была трудоемкой и как следствие — дорогостоящей, кроме того, присутствовал большой риск попадания в продукт нежелательных примесей. Это обусловило разработку технологий с использованием такого же цилиндрического скребкового теплообменника (вотатора), который применяли для производства других типов шортенинга или маргарина. Было выявлено, что высокое качество изделий из бездрожжевого слоенного теста достигается при производстве шортенинга для слоения с соблюдением следующих требований [22, 23].

- Для протекания кристаллизации продолжительность охлаждения и обработки шортенинга следует увеличить, для чего производительность оборудования следует снизить вдвое по сравнению с изготовлением стандартного шортенинга.
- Для сохранения хорошей пластичности шортенинга кристаллизация после упаковки (посткристаллизация) должна быть сведена к минимуму; показателем

протекания посткристаллизации является повышение температуры внутри упаковки после фасования.

- Конструкция охлаждающих установок должна предусматривать шоковое охлаждение на начальной стадии кристаллизации, и более плавное снижение температуры в последующих охлаждающих узлах.
- Для рассеивания теплоты кристаллизации, образования более стабильной кристаллической структуры и, как следствие, для уменьшения требуемой продолжительности темперирования после первой охлаждающей установки (вотатора) добавляется этап обработки при низкой температуре, или же обработка шортенинга производится в промежутке между этапами охлаждения. Для получения нужной текстуры и пластичности продукта обычное темперирование при 29 °C может длиться до 10 дней, в зависимости от размера упаковки. Указанный выше прием позволяет лишь ускорить этот процесс, но не исключает его полностью. Темперирование остается необходимым этапом для оптимизации функциональных характеристик продукта, особенно для составов с медленной кристаллизацией.
- Применение кристаллизаторов, снабженных решетчатыми перегородками и имеющих вместимость около 10–15% от производимого за час продукта, позволяет шортенингу за время прохождения через эту единицу оборудования перейти из переохлажденного состояния в равновесное кристаллическое. Благодаря этой задержке по времени продукт из вязкой жидкости превращается в твердое вещество, которое можно фасовать в пачки массой 2,3 кг (5 фунтов), завернутые в пергамент, или в виде пластов массой 1,1 кг (2,5 фунтов), проложенных пергаментом, или же в контейнеры вместимостью 22,7 кг (50 фунтов).

6.18. Шортенинг в виде хлопьев

Шортенинг в виде хлопьев был разработан для использования при производстве слоенных изделий типа датских слоек без традиционной многократной раскатки. Хлопьевидный шортенинг вносят во взбитое или пластичное тесто перед самым окончанием замеса и перемешивают лишь до его равномерного распределения по всей массе теста. В процессе выпечки хлопья плавятся, образуя полости, что придает изделию структуру, сходную со слоеным тестом. В состав хлопьев могут входить красители, ароматизаторы и пряности, благодаря которым образовавшиеся на месте расплавившегося жира пустоты приобретают определенный вкус или цвет. В США производятся три вкусовых разновидности хлопьевидного шортенинга: обычный, со вкусом и ароматом сливочного масла, с корицей и сахаром. Шортенинг-хлопья в настоящее время применяют в производстве американских бисквитов, заготовок для пиццы, хлебцев, аналогов датских слоек, круассанов, булочек к обеду, печенья, хрустящих пирогов, а также различных сухих полуфабрикатов, например, для бисквитов, блинов, маффинов, вафель и т. п.

Шортенинг в виде хлопьев производят из саломасов, полученных селективной гидрогенизацией, обеспечивающей крутой наклон кривой плавления и как можно

более низкую температуру плавления, позволяющую продукту сохранять вид хлопьев после упаковки, в ходе транспортировки на пищевое предприятие и при внесении в готовый продукт, вплоть до нагревания при выпечке. Хлопьевидный шортенинг можно производить на основе системы саломасов, описанной в п. 4.5, путем смешивания саломасов с йодным числом 60 и 66, но также может осуществляться и целенаправленная гидрогенизация сырья, позволяющая обеспечить требуемый наклон кривой плавления и температуру плавления в заданном диапазоне. Температура плавления хлопьев, изготовленных из соевого масла, обычно находится в пределах 43–48 °С. Хлопьевидный шортенинг на основе лауриновых масел имеет более четко выраженную и низкую температуру плавления, чем обычный, полученный из соевого или других производимых в США масел, — обычно она имеет значение от 38 до 42 °С. Шортенинг-хлопья производят также из растительных масел, гидрогенизованных с использованием катализатора, обработанного определенным количеством серы. У шортенинга, полученного путем такой гидрогенизации в особых условиях, температура плавления выражена не столь четко, как у лауринового, но зато в нем не возникает неприятного мыльного привкуса, вызванного образованием свободной лауриновой кислоты при гидролизе. При отвердевании хлопьев возможно высокое содержание влаги на их поверхности, что ускоряет процесс гидролиза.

Форма хлопьев придается шортенингу для облегчения работы с ним и смешивания его с другими ингредиентами изготавливаемого продукта без нарушения целостности отдельных пластинок. Хлопья образуются на холодильных барабанах, где расплавленные масла при отвердевании приобретают форму изогнутых пластинок, более толстых, чем другие хлопьевидные продукты. За счет этой толщины продукт остается в виде достаточно крупных частиц не только до начала работы, но и в ходе выпекания продукции. Шортенинг в форме хлопьев обычно упаковывают в ящики вместимостью 22,7 кг (50 фунтов), может потребоваться их хранение в холодильных камерах для отведения теплоты кристаллизации и сохранения сыпучести массы.

6.19. Шортенинг для крекеров

Крекеры содержат очень мало сахара или он совсем отсутствует в их составе; содержание влаги тоже невелико, но доля шортенинга сравнительно высока: от 10 до 20% от массы муки или от 6 до 14% от общего количества сырья. Ассортимент закусочных крекеров очень разнообразен; в состав почти всех видов входит большое количество шортенинга, что позволяет сделать их более сдобными и улучшить вкус. При выборе шортенинга для крекеров основное внимание следует уделять таким показателям, как слабовыраженный или нейтральный вкус и высокая окислительная стабильность. Диапазон пластичности не имеет особого значения, поскольку в крекерах шортенинг выполняет в основном функцию смазки. В США шортенинг для крекеров обычно изготавливают из гидрогенизированного соевого масла, имеющего относительно крутой наклон кривой плавления и тающего при температуре человеческого тела или немного выше. Он имеет высокую окислительную устойчивость по

МАК. Используют также шортенинг из гидрогенизированного свиного жира или из смеси твердых животных жиров с гидрогенизованными растительными маслами. В табл. 6.11 приведены характеристики наиболее распространенных шортенингов для крекеров — только из растительного сырья и на основе смеси животных жиров и растительных жиров с повышенной стабильностью.

Таблица 6.11. Характеристики высокостабильных шортенингов для крекеров

Наименование показателей	Гидрогенизированное соевое масло	Смесь животного жира и растительных масел
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °С	43,0	39,0
21,1 °С	27,0	28,0
26,7 °С	21,0	24,0
33,3 °С	9,0	17,0
40,0 °С	5,0	11,0
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	43,0	46,0
Индукционный период по МАК, ч	Более 200	Более 100

Литература

- Baldwin, R. R., Baldry, R. P., Johansen, R. G. Fat systems for baking producers // *JAOCS*, 1972, 49, 473–477.
- Latondress, E. Shortening and margarines, base stock preparation and formulation // *Handbook of Soy Oil Processing and Utilization* / Erickson, D. R. et al., eds. — Champaign, IL: American Soybean Association and AOCS Press, 1980. — P. 146–154.
- Colth, H. S., Richardson, A. S., Votaw, V. M. — U.S. Patent No. 2 132 393 and 2 132 398, 1938.
- Epstein, A. K., Harris, B. K. — U.S. Patent No. 2 132 046, 1938.
- Howard, N. B. The role of some essential ingredients in the formation of layer cake structures // *The Baker's Digest*, 1972, 46(10), 28–37.
- Painter, K. A. Functions and requirements of fats and emulsifiers in prepared cake mixes // *JAOCS*, 1981, 58, 92–95.
- Paulicka, F. R. Shortening products // *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices, World Conference Proceedings* / Erickson, D. R., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 1990. — P. 205–206.
- Brody, H., Cochran, W. M. Shortening for bakery cream icings and cream fillers // *The Baker's Digest*, 1978, 52(12), 22–26.
- Moncrieff, J. Shortenings and emulsifiers for cakes and icings // *The Baker's Digest*, 1970, 44(10), 62–63.
- Weiss, T. J. Bakery shortenings // *Food Oils and Their Use* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 153–154.
- Stauffer, C. E., Bakery product applications // *Fats and Oils* / Stauffer, C. E., ed. — St. Paul, MN: Eagan Press, 1996. — P. 73.
- Oszanyi, A. G. Complete fluid shortenings for bread and rolls // *Proceedings of The 50th Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 4–7 — Chicago, IL, 1974. — P. 48–53.

13. Werner, L. E. Shortening systems // *Proceedings of The 57th Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 2–4 – Chicago, IL, 1981. – P. 61–70.
14. Mattil, K. F. Bakery products and confections // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. – 3rd ed. – New York: Interscience, 1964. – P. 382.
15. Kincs, F. R. Meat fat formulations // *JAOCS*, 1985, 62, 815–816.
16. Gordon, W. C. Rolled-in coffee cakes and Danish pastry // *Proceedings of The 37th Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 6–9 – Chicago, IL, 1961. – P. 215–220.
17. Colburn, J. T., Pankey, G. R. Margarines, roll-ins and puff pastry shortenings // *The Baker's Digest*, 1964, 38(4), 66–72.
18. Product catalog / Van den Berg Food Ingredients Group – Joliet, IL, 1992. – P. 9.
19. Vey, J. E. Danish // *Proceedings of The 62nd Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 2–5 – Chicago, IL, 1986. – P. 111–120.
20. Weiss, T. J. Margarine // *Food Oils and Their Uses* – 2nd ed. – Westport, CN: AVI Publishing, 1983. – P. 205–207.
21. Kriz, E. R., Oszlanyi, A. G. – U.S. Patent No. 3 985 911, October 12, 1976.
22. Klimes, J. Shortening: Europe formulation and processing // *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices, World Conference Proceedings* / Erickson, D. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1990. – P. 207–213.
23. Alexandersen, K. Margarine production // *Proceedings of the World Conference on Emerging Technologies in the Fats and Oils Industry* / Baldwin, A. R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1986. – P. 66–70.

Глава 7

Фритюрные жиры

7.1. Введение

В китайской кулинарной традиции жарка во фритюре имеет многовековую историю. Но в настоящее время этот вид кулинарной обработки из области искусства постепенно переходит в разряд научного знания, что обусловлено необходимостью более быстрого и качественного приготовления пищи. Жарка во фритюре приобрела важнейшее значение для приготовления пищи на предприятиях общественного питания, в хлебопекарной промышленности, в производстве снэков, а также в домашней кулинарии. В процессе развития технологий жарки было выявлено, что многие основные правила в равной степени относятся ко всем типам промышленной жарки во фритюре, но для каждой разновидности жарки существуют и специфические требования. Поскольку фритюрные жиры играют в приготовлении пищи совершенно особую роль, повышение спроса на жареные продукты тесно связано с производством более совершенных фритюрных жиров, а также с улучшением жарочного оборудования и других используемых ингредиентов.

Говоря упрощенно, технология жарки во фритюре заключается в полном или частичном погружении пищевого продукта, подготовленного к обжариванию, в разогретый фритюрный жир, помещенный в металлическую емкость (фритюрную ванну). Продукт выдерживают в жире при необходимой для жарки температуре в течение времени, требующегося для доведения до готовности. В ванну подаются:

- фритюрный жир;
 - тепло;
 - подготовленный к жарке продукт.
- При жарке образуются и покидают ванну следующие продукты [1]:
- пар и увлекаемый паром жир;
 - летучие побочные продукты, образовавшиеся при нагревании и жарке;
 - готовый продукт;
 - крошки или другие твердые частицы, являющиеся побочным продуктом жарки.

Пищевой продукт, обжаренный во фритюре, обладает характерной структурой. Наиболее заметным признаком является наружная поверхность продукта. Она имеет, как правило, ровный, золотисто-коричневый цвет, возникающий вследствие реакций, в которые вступают сахара и белки под воздействием тепла. Степень подрумянивания зависит в большей степени от продолжительности жарки и от температуры, а также от химического состава пищевого продукта, чем от фритюрного жира или масел, используемых при жарке.

Следующей частью наружного слоя изделия является хрустящая корочка, образующаяся на поверхности продукта при обезвоживании. Нагревание во время жарки приводит к тому, что содержание влаги в этом слое снижается до 3% и менее; вода, выделившаяся из этого слоя, и составляет основную часть пара, образующегося при жарке. Пустоты, возникающие при потере влаги, заполняются поглощаемым фритюрным жиром. Впитавшийся жир делает корочку более нежной, а также придает ей характерный вкус и аромат, делает ее хрустящей и приятной при пережевывании продукта. Разные виды продуктов поглощают в процессе жарки большее или меньшее количество жира, зависящее от соотношения поверхности и внутренней части продукта. Так, например, картофельные чипсы, обладающие большой площадью поверхности и незначительной по размеру внутренней частью, впитывают около 30–40% жира от массы продукта, тогда как картофель фри, у которого поверхность и корочка составляют небольшую долю от общего объема, впитывает лишь 7–10% жира [2].

Как правило, роль жидкого теплоносителя заключается в передаче тепла от источника нагрева к нагреваемому материалу, при охлаждении теплоноситель отводит тепло от продукта. В большинстве случаев жидким теплоносителем служит инертное вещество, не претерпевающее в ходе обработки почти никаких изменений; его основная функция — обеспечение теплообмена. Исключением среди широко применяемых жидким теплоносителям является, несомненно, фритюрный жир. Жарка во фритюре происходит благодаря быстрой и эффективной передаче тепла к обрабатываемому пищевому продукту при непосредственном его контакте с теплоносителем, который не просто выполняет функцию теплообмена, но и становится составной частью готового изделия. Следовательно, фритюрный жир также относится к пищевым продуктам и должен легко расщепляться, чтобы участвовать в процессе пищеварения. Таким образом, его следует считать сравнительно неустойчивым жидким теплоносителем, который в процессе использования сталкивается с пятью естественными неблагоприятными факторами:

- Нагрев.** Для изготовления различных жареных во фритюре изделий температура при жарке должна составлять от 150 до 220 °C. К сожалению, при высоких температурах все реакции распада жиров и масел ускоряются. Простое нагревание, без жарки, со временем приводит к разложению фритюрного жира, в результате чего он становится непригодным к дальнейшему использованию.
- Воздух.** Атмосферный кислород необходим человеку для жизни, но он активно вступает в различные реакции, в том числе с двойными связями ненасыщенных жирных кислот, что приводит к окислению жира, а следовательно, к образованию неприятного запаха и привкуса и к полимеризации (образованию смол).

Лабораторные испытания показали, что снижение качества фритюрного жира обусловлено присутствием кислорода, поскольку происходит со скоростью, прямо пропорциональной площади поверхности жира, находящейся в контакте с кислородом [3].

- Влага.** Влага, присутствующая во всех пищевых продуктах, вызывает гидролиз жиров и масел, в результате чего большинство продуктов начинают в большей степени впитывать жир. Образующиеся при гидролизе свободные жирные кислоты не вызывают повышения впитываемости, снижения температуры дымообразования и образования нежелательных привкусов. Причиной этих процессов является наличиеmono- и диглицеридов, а также свободного глицерина, образующихся в результате распада триглицеридов [4].
- Наличие нежелательных примесей.** Нежелательными примесями являются любые вещества, связанные с жаркой и приводящие к ухудшению качества фритюрного жира или ускоряющие этот процесс. Обжариваемые продукты неизбежно сами выделяют такие примеси. Так, иногда жиры различных видов, например, куриный, говяжий или рыбий жир, вытапливаются из продукта и попадают во фритюрный жир, в результате чего снижается его устойчивость при жарке. Такие продукты, как лук или рыба, придают ему соответствующий сильный запах. Другими видами нежелательных примесей являются:
 - Металлы (следовые количества).** Большинство металлов являются прооксидантами и оказывают явно выраженное каталитическое действие на реакции, приводящие к порче жиров, но некоторые из металлов действуют особенно активно. Такие металлы могут попасть в жир как в ходе его производства или хранения, так и при контакте с жарочным оборудованием, продуктом, проходящим жарку, а также в других случаях контакта с металлом. Наиболее сильно ускоряют порчу фритюрного жира такие материалы, как латунь и медь.
 - Мыло или моющие средства.** Небольшие количества таких веществ остаются после мытья емкостей для хранения, фритюрных ванн и другого оборудования. Попадая во фритюрный жир, они играют роль эмульгатора и становятся катализатором расщепления жира.
 - Смолы, или полимеризованные жиры.** При попадании полимеризованных жиров или масел в свежее масло они действуют как катализатор, ускоряющий образование новых смол, за счет чего усиливается пенообразование и потемнение.
 - Горелые частицы продукта.** Частицы пищи, не удаленные из фритюрного жира, придают готовой продукции горький, карамелизованный или подгоревший привкус и портят ее внешний вид. Кроме того, они ускоряют ухудшение качества фритюрного жира.
- Время.** Продолжительность воздействия всех перечисленных выше неблагоприятных факторов определяет степень ухудшения качества фритюрного жира. Помимо указанных факторов, в ходе жарки на фритюрный жир воздействуют два благоприятных фактора. Одним из них является выделение пара при жарке,

другим — добавление свежего жира для восполнения уносимого с продуктом в результате абсорбции. Пар, образующийся из выделившейся из продукта влаги, смешивается с жиром, а затем, улетучиваясь, уносит с собой летучие побочные продукты жарки, которые в ином случае стали бы накапливаться во фритюрном жире, придавая ему нежелательный запах и привкус. При каждом обжаривании продукта этот пар постоянно очищает фритюрный жир от веществ, обусловливающих появление нежелательных запахов и привкусов, хотя та же самая влага вызывает реакцию гидролиза.

Часть фритюрного жира впитывается в продукты, и для восполнения его количества во фритюрную ванну необходимо добавлять свежий жир. Это позволяет замедлить нежелательные изменения в составе фритюрного жира, происходящие под влиянием нагрева и других неблагоприятных факторов. Очевидно, что при внесении большего количества жира его качество сохраняется лучше. Соотношение объема фритюрной ванны и скорости добавления свежего жира называется показателем замены жира. Его можно также выразить через количество часов, в течение которых во фритюрную ванну вносят количество жира, равное количеству, которое постоянно поддерживается в ванне. Поскольку процесс окисления в нагретом жире происходит непрерывно, показатель замены должен быть связан не с продолжительностью обжарки продуктов, а с длительностью всего периода, в течение которого жир остается нагретым. Очевидно, что качество и в первую очередь вкус жарочного жира лучше сохраняются при более высоком показателе замены, иначе говоря, чем меньшее время требуется для полного обновления жира в ванне, тем лучшим будет его качество. Как правило, на предприятиях, где показатель замены составляет менее одного дня, не приходится сливать отработанный фритюрный жир из-за его непригодности, за исключением случаев нарушения технологии жарки во фритюре или обнаружения недопустимых примесей. При более низком показателе замены при выборе фритюрного жира следует учитывать эту особенность, поскольку она оказывается на экономических показателях. С точки зрения показателя замены компании, производящие такую жареную во фритюре продукцию, как соленые снеки, донатсы, предварительно обжаренные замороженные продукты или бланшированные блюда, имеют два явных преимущества перед предприятиями общественного питания:

1. Для полного обновления жира во фритюрной ванне требуется меньше одного рабочего дня в связи с большим количеством обжариваемых продуктов, впитывающих жир.
2. Обеспечивается непрерывное производство продукта в течение всего времени нагревания жира.

На предприятиях общественного питания жарка во фритюре существенно отличается от производственного процесса. Показатель замены жира на разных предприятиях может значительно отличаться, в среднем же он составляет 20–35% в день. Такой низкий показатель объясняется следующим:

- Меньший объем продуктов, подвергаемых жарке, обуславливает меньшее количество уносимого жира.

- Процесс жарки производится в периодическом режиме, количество обрабатываемых продуктов в течение дня меняется, в результате жир в течение длительных промежутков времени остается нагретым без адсорбции и уноса его продуктом.

В условиях общественного питания почти невозможно обеспечить настолько высокий показатель замены, чтобы исключить необходимость слива отработанного жира, тогда как на большинстве хлебопекарных предприятий, а также в компаниях, производящих снеки, сливать фритюрный жир не требуется.

7.2. Пищевые добавки во фритюрных жирах

Стабильности фритюрных жиров при жарке способствует гидрогенизация, обеспечивающая насыщение или изомеризацию двойных связей; посредством чего устраиваются участки возможного протекания реакций. Другим фактором, в значительной степени повышающим стабильность жиров, является применение полидиметилсилоxана (E900) — активного пеногасителя. Внесение этой пищевой добавки во фритюрный жир в количестве 0,5–2,0 мг/кг значительно замедляет процессы окисления и полимеризации, ускоряющие пенообразование при жарке. Лабораторные испытания, имитирующие жарку, подтвердили, что стабильность при жарке увеличивается в 3–10 раз по сравнению с жаркой в жире без полидиметилсилоxана. Степень повышения стабильности определяется уровнем стабильности фритюрного жира без пеногасителя. Для продукта с более высокой исходной устойчивостью улучшение этого показателя происходит в большей степени. Использование данной добавки позволило предприятиям с низким показателем замены значительно усовершенствовать процесс жарки.

Применение полидиметилсилоxана в качестве пеногасителя хорошо известно и широко распространено. Гашение пены является косвенным результатом замедления окислительного процесса, что свидетельствует об антиокислительном действии этой добавки, благодаря которому при жарке в жире не накапливаются продукты окисления, способствующие образованию пены. В первом описании применения полидиметилсилоxана в качестве пеногасителя было указано, что даже в концентрации 0,03 мг/кг он препятствует окислению масла для жарки [5]. Это подтверждается изменениями различных физических и химических показателей фритюрного жира, происходящими в ходе длительного нагревания. Позднее было показано, что небольшие концентрации полидиметилсилоxана способны повысить температуру дымообразования масла на 14 °C [6]. Таким образом, полидиметилсилоxан отлично выполняет барьерную функцию, защищая поверхность фритюрного жира от воздействия воздуха. На основании дальнейших исследований был сделан вывод, объясняющий это защитное воздействие присутствием мономолекулярного слоя полидиметилсилоxана на поверхности масла, контактирующей с воздухом, что замедляет окислительную полимеризацию [7]. Поскольку молекулы полидиметилсилоxана инертны, пеногасители на основе силикона не вступают в реакцию с фритюрным жиром и оказывают защитное воздействие до тех пор, пока их содержание не снизится в связи с уносом жира с обжариваемыми продуктами.

Безопасным применение полидиметилсилоксана считается при условии, что его содержание в прошедшем обработку продукте не превышает 10 мг/кг (Свод федеральных постановлений, статья 21 CFR 173 340)¹ [8]. Для эффективной защиты фритюрного жира требуется менее 0,5 мг/кг данной добавки; проведенные испытания доказали, что ее содержание в жире не должно превышать 2 мг/кг. Концентрация полидиметилсилоксана в жире, экстрагированном из обжаренных продуктов, возрастает с ростом концентрации этого вещества во фритюрном жире. Поглощение пеногасителя пищевым продуктом объясняется, по-видимому, механическим захватом избытка полидиметилсилоксана из фритюрного жира. Избыток возникает вследствие низкой растворимости полидиметилсилоксана в жирах и маслах — при концентрации более 1 мг/кг он начинает образовывать во фритюре капли. В этом случае пеногаситель прилипает к любой поверхности, например, к стенкам фритюрной ванны, к погружаемой в нее корзине или к продуктам, подвергаемым жарке [7].

Изготовители масел и жиров сталкиваются с тем, что чрезвычайно низкая растворимость полидиметилсилоксана приводит к неравномерному распределению этой добавки при нарушении правил работы с ней. Полидиметилсилоксан не только малорастворим, но и обладает намного большей плотностью, чем фритюрный жир, в котором он может находиться лишь во взвешенном состоянии; поэтому для предотвращения оседания добавки необходимо тщательно перемешать жир перед фасованием и во время него, если есть такая возможность. В результате неравномерного распределения добавки в некоторых партиях фритюрного жира концентрация полидиметилсилоксана может превысить допустимый уровень, установленный требованиями Управления по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA). Кроме того, повышенное содержание полидиметилсилоксана способствует образованию пены вместо его предотвращения — при содержании полидиметилсилоксана от 10 до 50 мг/кг во фритюрном жире сразу же происходит пенообразование.

Применение полидиметилсилоксана в некоторых случаях нежелательно, поскольку он отрицательно влияет на некоторые пищевые продукты [9, 10]:

- при случайном попадании пеногасителя в шортенинг для МКИ или глазури не происходит требуемого аэрирования, в результате чего объем готовой продукции недостаточен;
- при изготовлении печенья с использованием шортенинга, содержащего всего 0,5 мг/кг полидиметилсилоксана, возникают проблемы, связанные с растеканием теста;
- считается, что под действием пеногасителя на поверхности донатсов разрушается пена взбитого теста, что приводит деформированию готовых изделий, влиятыванию избыточного количества жира, ослаблению адгезии сахарной пудры и глазури на таких донатсах; это характерно для продукции как из взбитого, так и из дрожжевого теста;

¹ В соответствии с СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» в России максимально разрешенный уровень использования полидиметилсилоксана (E900) во фритюрных жирах и маслах составляет 10 мг/кг. — Примеч. ред.

- картофельные чипсы, обжаренные во фритюрном жире с полидиметилсилоксаном, получаются недостаточно хрустящими.

Антиоксиданты позволяют замедлить окислительные процессы в жирах и маслах. Растительные масла содержат токоферолы — естественные антиоксиданты, сохраняющиеся в большинстве процессов переработки масла и при жарке. Кроме того, некоторые фенольные соединения также повышают окислительную стабильность. Предположение, что фенольные соединения быстро улетучиваются в условиях жарки во фритюре, т. е. при высокой температуре и отгонке с паром, нашло подтверждение. Были проведены испытания, показавшие, что такие фенольные антиоксиданты, как бутилгидроксанизол (БОА, Е320), бутилгидрокситолол (БОТ, Е321) и трет-бутилгидрохинон (ТБГХ, Е319) улетучиваются примерно с одной и той же скоростью. Но, несмотря на удаление антиоксидантов из фритюрного жира, их применение приводит к повышению окислительной стабильности используемого фритюрного жира, а также увеличивает срок хранения готовой продукции по сравнению с такими же продуктами, обжаренными в жире без антиоксидантов. Сравнительный анализ фритюрного жира, стабилизированного с помощью БОА, БОТ и ТБГХ, показал, что наиболее значительное защитное действие при температуре жарки, а также повышение качества готовой продукции обеспечиваются при использовании ТБГХ. Это можно объяснить тем, что продукты разложения ТБГХ также являются эффективно действующими антиоксидантами. БОА и БОТ также проявляют антиокислительное действие, но в значительно меньшей степени, чем ТБГХ [11, 12].

Даже при отсутствии воздействия антиоксидантов при температуре жарки использование этих добавок приносит несомненную пользу, способствуя сохранению качества фритюрного жира до начала жарки. В процессе окисления жиров и масел можно выделить две фазы. В течение начального этапа, или периода индукции, окисление протекает сравнительно медленно, с постоянной скоростью. Затем, после достижения определенного уровня окисления, наступает вторая фаза, для которой характерно быстрое возрастание скорости окисления. При использовании антиоксидантов не только увеличивается устойчивость жира к окислению, но и повышается уровень окисления, при котором в жире возникает неприятный запах и привкус. В случае низких исходных показателей окисления фритюрного жира, обусловленных воздействием антиоксидантов, повышается его окислительная стабильность при жарке.

В роли катализаторов окисления могут выступать металлы, содержащиеся во фритюрном жире в очень малых количествах. Они попадают в масла и жиры из почвы, на которой выращивают масличные культуры, затем — в результате контакта с оборудованием во время извлечения, переработки, хранения и транспортировки, а также из используемого при жарке оборудования и из обжариваемых продуктов. Выявлено, что наиболее опасным с этой точки зрения металлом является медь, за которой следуют железо, марганец, хром и никель. Многие фритюрные жиры содержат саломасы, которые в целях повышения окислительной стабильности гидрогенизированы с использованием никелевого катализатора. При попадании в гидрогенизированные масла достаточно большого количества катализатора его прооксидантное

действие в некоторой степени снизит окислительную стабильность, возникающую при снижении степени ненасыщенности масла. Для решения этой проблемы на многих предприятиях, выпускающих шортенинги и фритюрные жиры, после дезодорации вносят в жиры комплексообразователи, связывающие металлы-прооксиданты в комплексные соединения. Наиболее широко в качестве комплексообразователя применяют лимонную кислоту (Е330). На отдельных предприятиях масложировой промышленности в этих целях использовали фосфорную кислоту (Е338), но эта добавка при избыточном воздействии вызывает возрастание содержания свободных жирных кислот, потемнение и изменение вкуса жира при жарке — возникает привкус, напоминающий арбуз. Такой же нежелательный эффект может возникнуть и при использовании лимонной кислоты, но поскольку она является более слабой, это обеспечивает больший «запас прочности» на случай ошибки.

7.3. Выбор фритюрного жира

Критерии выбора фритюрного жира одинаковы для предприятий общественного питания и пищевых производств. В обоих случаях жир должен обеспечивать требуемое качество готовой продукции определенного типа, соответствовать особенностям жарочного оборудования и запросам конкретного предприятия. В идеале, фритюрный жир должен подбираться на основе его функциональных характеристик, обеспечивающих, в первую очередь, вкусовые качества и сохраняемость готовой продукции. Чаще всего от фритюрного жира требуется, чтобы у него имелись и сохранялись в процессе жарки следующие характеристики:

- светлый цвет;
- отсутствие пены на поверхности;
- прозрачность, отсутствие горелых частиц пищевого продукта;
- слабо выраженный вкус, улучшающий органолептические показатели жареного изделия;
- отсутствует нежелательное дымообразование.

Все фритюрные жиры обладают этими характеристиками до начала использования, но затем в ходе жарки их качество ухудшается в результате изменений, происходящих под действием нагревания, воздуха, влаги, примесей, продолжительного применения, жарочного оборудования и других неблагоприятных факторов. При значительном снижении качества фритюра возникает риск ухудшения вкуса и запаха, внешнего вида и консистенции жареных продуктов. Следует еще раз отметить, что фритюрный жир должен обеспечивать требуемое качество определенного продукта, соответствовать особенностям оборудования и запросам конкретного предприятия. Вид фритюрного жира или его состав, отвечающий этим требованиям, определяется на основе тщательного рассмотрения предварительных условий на предприятии. В процессе выбора подходящего жира следует рассматривать три основных фактора: характеристики готовой продукции, стабильность жира при жарке и сроки годности продукции.

7.3.1. Характеристики готовой продукции

Обеспечение требуемых характеристик готовой продукции — наиболее важный фактор из тех, которые следует учитывать при выборе фритюрного жира. Для определения вида жира, идеально подходящего для жарки определенного продукта на данном предприятии, критерии качества продукции можно разделить на три функциональные группы:

- **Приятный вкус.** В процессе жарки жиры вступают в реакцию с белковыми и углеводными компонентами пищевых продуктов, в результате чего блюдо приобретает особый вкус и аромат, а также подрумяняивается, что делает его привлекательным для потребителя. Фритюрный жир оказывает значительное влияние не только на вкусоароматические свойства, но и на такие важные характеристики, как смазываемость поверхности, ощущение во рту, скорость высвобождения вкуса и выраженность вкуса продукта. Смазываемость поверхности и ощущение во рту отражают физические особенности фритюрного жира и могут иметь самый различный характер: жидкое масло придает продукту сочность, мягкие жиры придают сливочность, жиры с высоким содержанием ТТГ и высокой температурой плавления — сухость или воскообразность. Характеристики плавления определяют также скорость высвобождения вкуса. При жидкой консистенции фритюрного жира, т. е. при температуре плавления ниже температуры тела, вкус полностью раскроется уже в начале жевания. В случае использования твердых жиров и интенсивность вкуса, и скорость его проявления будут ниже, в соответствии с составом и характеристиками плавления используемого жира. Кроме того, необходимо учитывать взаимодействие с другими ингредиентами. Так, при жарке на универсальном шортенинге, имеющем сравнительно высокую температуру плавления, донатсы дают приятное сливочное ощущение во рту. Но при использовании того же самого шортенинга для жарки картофельных чипсов они получаются безвкусными, с обволакивающим, восковым ощущением во рту.
- **Внешний вид.** Соотношение твердой и жидкой фракций в поглощенном жире влияет на внешний вид готовой продукции. В случае высокого содержания твердых жиров при температуре потребления продукта его поверхность будет выглядеть сухой; при снижении содержания ТТГ она будет становиться блестящей. Различия внешнего вида проявляются в большей или меньшей степени в зависимости от вида продукта. Поверхность продукта будет казаться маслянистой на вид, как будто она впитала большее количество жира, если для жарки использовался фритюрный жир с низкой температурой плавления и высоким содержанием жидкого масла. Жир с более высокой температурой плавления придаст поверхности различную степень матовости, в зависимости от уровня гидрогенизации.
- **Тактильные свойства продукта.** Эта характеристика определяется особенностями кристаллизации фритюрного жира, покрывающего поверхность продукта. Мягкий или легкоплавкий жир придает разную степень «маслянистости», тогда как обладающий более высокой температурой плавления будет при температуре потребления продукта находиться в твердом состоянии, и поверхность

будет казаться более сухой на ощупь. При изменении консистенции фритюрного жира в процессе жарки это может заметно отразиться на внешнем виде продукта и его тактильных свойствах.

7.3.2. Стабильность фритюрного жира в процессе жарки

Фритюрный жир неизбежно в той или иной степени подвергается воздействию неблагоприятных факторов, поэтому предприятиям при выборе этого вида сырья приходится в первую очередь учитывать его стабильность при жарке, поскольку именно от нее зависят качество продукции и экономические показатели производства. Стабильность жира при жарке зависит от его состава, физических характеристик и особенностей применения. Продолжительность воздействия неблагоприятных факторов, которую можно оценить по показателю замены фритюрного жира, является одним из важнейших факторов, учитываемых при разработке требований к фритюрному жиру в целях получения готовой продукции высокого качества в течение как можно более длительного времени. При высоком показателе замены предприятие может приобретать фритюрный жир с более низкой устойчивостью, для которого чаще всего характерно более высокое содержание жидких масел. Предприятия с низким показателем замены должны приобретать фритюрный жир с повышенной стабильностью, полученный, как правило, путем более глубокой селективной гидрогенизации. На стабильность жира при жарке и длительность его использования отрицательно влияют три процесса: окисление, полимеризация и гидролиз.

- **Окисление**, т. е. присоединение кислорода к ненасыщенным жирным кислотам, приводит к появлению нежелательных запахов и привкусов, кроме того, жир приобретает более темный цвет. При высоких температурах, необходимых для обжаривания пищи, окисление ускоряется. Скорость окисления приблизительно соответствует степени ненасыщенности: линоленовая кислота, имеющая три двойных связи, окисляется намного быстрее, чем олеиновая, у которой двойная связь только одна. Таким образом, фритюрный жир, содержащий большее количество полиненасыщенных жирных кислот, менее устойчив к окислению, которое предваряет полимеризацию. Скорость окисления жира зависит от следующих факторов:
 - степень гидрогенизации или изомеризации, или уровень ненасыщенности;
 - внесение пеногасителей;
 - внесение антиоксидантов;
 - присутствие токоферола, природного антиоксиданта;
 - применение комплексообразователей.
- **Полимеризация** представляет собой реакцию, приводящую к объединению множества триглицеридных молекул с образованием пространственного полимера. Нагревание ускоряет этот процесс, в результате фритюрный жир приобретает повышенную вязкость, из-за чего снижается его способность к теплопередаче. При низкой теплопередаче повышается поглощение жира, реакция полимеризации продолжается до тех пор, когда в результате этого процесса образуется пена. Пенообразование связано с тем, что влага перестает выделяться из нагре-

того жира и остается в нем, одновременно с этим жир захватывает пузырьки воздуха. Наименьшей устойчивостью к полимеризации обладают жиры с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот.

- **Гидролиз** – расщепление жира, вызванное присутствием влаги; этот процесс ускоряется при нагревании. В результате этого процесса образуются свободные жирные кислоты,mono- и диглицериды и глицерин, что вызывает появление нежелательных привкусов, дымообразование, повышение абсорбции жира и потемнение фритюра.

7.3.3. Сроки годности продукции

Если жареные во фритюре пищевые продукты употребляются в пищу сразу же после приготовления, как, например, на предприятиях общественного питания, то фритюрный жир можно выбирать без учета его влияния на срок годности продукции. Однако при необходимости длительного хранения готового продукта перед употреблением, причем зачастую в достаточно жестких условиях, важным критерием при выборе жира становится его способность обеспечить сохранение качества продукта при хранении. При упаковке продукта и реализации через торговую сеть устойчивость к окислению должна оставаться достаточно высокой в течение длительного срока после жарки. Необходимый уровень окислительной стабильности фритюрного жира зависит от степени поглощения жира продуктом, от защитных свойств упаковки, от предполагаемого срока реализации и хранения, а также от характера самого продукта. Основным показателем пригодности жареного продукта к хранению является устойчивость к окислению фритюрного жира. Решающим фактором, позволяющим увеличить сроки хранения, является гидрогенизация, с помощью которой снижают степень ненасыщенности жира.

7.4. Фритюрные жиры для предприятий общественного питания

Для предприятий общественного питания жарка во фритюре является важной технологией, позволяющей, с одной стороны, приготовить блюдо быстро, с другой стороны, придать определенную текстуру и вкус пищевому продукту. Высокая температура обеспечивает быстрый прогрев внутренней части продукта, за счет чего сокращается время приготовления. На предприятиях быстрого приготовления пищи (фаст-фудах) за счет этого появляется возможность обслужить большее число посетителей в «часы пик», а в менее напряженные периоды – обеспечить более высокий уровень обслуживания. Кроме того, жарка во фритюре экономична, поскольку объем изготавливаемой продукции соответствует заказам посетителей, что устраняет проблему невостребованных порций; имеется возможность быстро приготовить замороженные или охлажденные продукты, не допуская их порчи; нагревание концентрируется в относительно небольшом объеме, обеспечивая снижение потерь энергии.

На предприятиях общественного питания продукты жарят по мере появления заказов, поэтому в течение дня объем жарки то увеличивается, то сходит на нет. Как правило, фритюрницы работают на полную мощность только несколько часов, еще несколько часов они работают периодически, а остальное время простоявают. Вследствие такого неравномерного характера работы жарочных аппаратов на предприятиях общественного питания фритюрный жир приходится регулярно сливать и заменять свежим. Качество фритюрного жира быстро снижается в процессе выдержки при температуре жарки без обжаривания продукта. Влага, испаряющаяся из обжариваемых пищевых продуктов, очищает фритюрный жир от продуктов разложения, благодаря чему жир дольше сохраняет необходимый уровень качества. Другой причиной, по которой приходится периодически сливать фритюрный жир, является низкий показатель его замены, который может иметь разное значение, но в среднем составляет от 20 до 35%. Низкий показатель замены обусловлен небольшим уносом жира с продуктом и перерывами в проведении жарки. В связи с низким показателем замены и широким ассортиментом обжариваемых продуктов на большинстве предприятий общепита неизбежно возникает необходимость сливать фритюрный жир в связи с его непригодностью. По экономическим соображениям важно точно определить момент слива отработанного жира: если делать это слишком рано, то увеличиваются расходы на закупку фритюрного жира, если слишком поздно — пострадает качество готовой продукции. На предприятиях общественного питания для определения необходимости слива отработанного фритюрного жира и замены его свежим чаще всего используют следующие показатели:

- **Цвет.** Используемый фритюрный жир считается недоброкачественным, если он приобрел определенный цвет или потерял прозрачность в проходящем свете при определенной толщине слоя (в нагретом виде).
- **Дымообразование.** Используемый фритюрный жир сливают, когда образование дыма достигает заранее заданного критического уровня. Образование дыма связано с процессами гидролиза и окисления, приводящими к снижению температуры дымообразования.
- **Качество готовой продукции.** Используемый фритюрный жир подлежит замене, если готовая продукция приобретает характерный нежелательный запах или привкус и (или) получается слишком жирной. Данный метод рассматривает качество жира с точки зрения потребителя конечного продукта.
- **Пенообразование.** На некоторых предприятиях о пригодности жира для дальнейшей жарки судят по объему пены. На основании практического опыта можно выделить пять стадий образования пены:
 - отсутствие пены — нормальные условия, хорошее качество жира;
 - незначительная пена — первые признаки появления пены;
 - слабо выраженная пена — более интенсивное образование пены;
 - явно выраженная пена — явно выраженные участки пены;
 - устойчивая пена — наличие пены по всей поверхности до извлечения готового продукта.

Путем контроля любого из этих показателей можно определить момент, наиболее подходящий для замены используемого фритюрного жира свежим, поскольку

все они достоверно указывают на состояние жира. Однако при жарке во фритюре жир иногда сливают по истечении определенного промежутка времени или после обжаривания определенного объема пищевой продукции. При такой практике качество готовой продукции получается неоднородным даже при сохранении приемлемого качества фритюрного жира в течение установленного периода, что нежелательно с экономической точки зрения. Кроме того, пропадает стимул совершенствовать функциональные свойства фритюрного жира.

Каждое предприятие общественного питания уникально по своим меню, используемому сырью, оборудованию и особенностям обслуживания, поэтому для максимального проявления функциональных свойств фритюрного жира масложировая промышленность не может ограничиться выпуском только одной его разновидности. Для предприятий общественного питания производятся три основных типа пластифицированного фритюрного жира: универсальный шортенинг, фритюрный жир из растительных и животных жиров и фритюрный жир растительного происхождения для жарки в интенсивном режиме. Кроме того, для некоторых предприятий выпускается особый, разработанный специально для них фритюрный жир.

7.4.1. Универсальный шортенинг для предприятий общественного питания

Свойства универсального шортенинга представляют собой компромиссный вариант, позволяющий использовать этот продукт и для выпечки, и для жарки. Как правило, в состав универсального шортенинга входит 3–15% полностью насыщенных твердых жиров, кристаллизующихся в β' -форме, основа представляет собой мягкий частично гидрогенизованный саломас, смесь твердого животного жира с растительным маслом, или переэтерифицированный свиной жир. Некоторые производители добавляют в универсальный шортенинг небольшое количество полидиметилсиликсана (E900) в целях повышения устойчивости при жарке. Содержание пеногасителя должно быть низким (0,5 мг/кг или менее), чтобы не ухудшилась способность к взбиваемости, необходимая для изготовления кексов, тортов, печенья, глазури и других типов выпеченной продукции. Универсальный шортенинг первым из пластичных шортенингов стал применяться для жарки; он имеет более высокую стабильность при жарке, чем большинство продуктов на основе растительных масел. Но его стабильность ниже, чем у других типов пластифицированного фритюрного жира. Жареная на нем готовая продукция выглядит сухой, а не маслянистой, благодаря тому, что температура плавления составляет 40–49 °С. Предприятия общественного питания, осуществляющие в основном выпечку и лишь изредка использующие жарку во фритюре, применяют универсальный шортенинг в качестве фритюрного жира, стремясь сократить количество видов поставляемого сырья.

7.4.2. Фритюрный жир из растительных и животных жиров

Животные жиры, а также их смеси с растительными маслами, уже много лет используются в качестве фритюрного жира. Их привлекательность для предприятий

объясняется, как правило, невысокой стоимостью, достаточно высокой стабильностью при жарке, а также предпочтениями потребителей, которым нравится мясной привкус, приобретаемый обжаренным пищевым продуктом. Большим спросом пользовалась смесь недезодорированных твердых животных жиров с рафинированным, дезодорированным, отбеленным (РДО) хлопковым маслом, широко применявшаяся для жарки картофеля фри. Для производства этого смешанного фритюрного жира использовали высококачественный животный жир, рафинированный каустической содой, к которому для понижения температуры плавления добавляли примерно 10% хлопкового масла. К характерному вкусу говяжьего или бараньего жира добавлялся «ореховый» привкус, присущий жидкому хлопковому маслу, что придавало картофелю фри его своеобразный вкус. Твердые животные жиры обладают высокой природной устойчивостью к окислению и полимеризации благодаря высокому содержанию олеиновой кислоты. В последние годы применение в общественном питании фритюра на основе животных жиров значительно сократилось в связи с озабоченностью проблемами здорового питания, а также под давлением различных групп потребителей. Большинство предприятий общественного питания, ранее использовавших для жарки животные жиры или их смесь с растительными маслами, перешли на фритюрные жиры на растительной основе, не содержащие холестерина. Несмотря на это, на одном из предприятий была запущена линия рафинирования животных жиров с использованием перегонки с водяным паром, позволяющей удалить из жиров сывороточный холестерин, после чего жир снова можно использовать в качестве фритюрного жира [13].

7.4.3. Фритюрный жир растительного происхождения для жарки в интенсивном режиме

Фритюрный жир, состоящий только из растительных жиров, был одним из первых видов специальных жиров, разработанных для выполнения определенной функции. Такой жир, часто называемый фритюрным жиром для жарки в интенсивном режиме, в целях придания ему максимальной стабильности при жарке подвергается гидрогенизации, предотвращающей окислительные изменения. Для фритюрного жира не имеют значения такие свойства, как пластичность или взбиваемость, поскольку он используется в расплавленном виде. По той же причине отсутствуют требования к кристаллической форме жиров, поэтому в составе фритюрного жира можно использовать саломасы, полученные путем гидрогенизации большинства исходных масел. Большинство видов фритюрного жира для жарки в интенсивном режиме производят из селективно гидрогенизированного соевого или другого жидкого масла, что определяется ценами на сырье и его доступностью на рынке. Селективная гидрогенизация обеспечивает повышение содержания твердых жиров при низких температурах, которые быстро тают при употреблении продукта в пищу, обеспечивая приятное ощущение во рту. В результате насыщения линоленовой и линолевой жирных кислот, при котором образуются преимущественно олеиновая кислота и *транс*-изомеры ненасыщенных кислот, значительно повышается стабильность фритюрного жира при жарке благодаря устранению возможностей окисления.

В качестве пеногасителя все предприятия, производящие фритюрные жиры, вносят в них полидиметилсилоксан (Е900); иногда также вводят антиоксидант ТБГХ (Е319), защищающий жиры до начала жарки, а также повышающий сроки хранения готовой продукции. Условия пластификации строго контролируют, чтобы обеспечить однородную консистенцию продукта, темперирования продукта после расфасовки не требуется. Пластифицированный фритюрный жир готов к отправке потребителю после отверждения до степени, позволяющей устанавливать ящики на поддоны или укладывать их штабелями. Применение такого фритюрного жира экономически выгодно, поскольку дает возможность производить качественные жареные блюда в течение достаточно длительного периода жарки.

7.4.4. Жидкие фритюрные жиры

Появившийся в конце 1950-х гг. жидкий непрозрачный фритюрный жир не соответствовал привычным представлениям о том, что устойчивость при жарке увеличивается при повышении степени насыщенности, т. е. при устранении реакционноактивных участков молекулы, подверженных окислению. По внешнему виду этот продукт напоминал молоко, его можно было разливать из контейнера, как растительное масло. В нем содержалось довольно большое количество полиненасыщенных жирных кислот, но при этом его устойчивость при жарке превосходила самые лучшие виды фритюрного жира для жарки в интенсивном режиме и фритюрный жир из растительных и животных жиров. Высокая стабильность жидкого фритюрного жира при жарке обусловлена внесением полидиметилсилоксана. Эта добавка настолько замедляет процессы окисления и полимеризации, что продолжительность использования жира для жарки более чем в два раза превышала самые лучшие на то время виды пластифицированного фритюрного жира для жарки в интенсивном режиме, устойчивость которых обеспечивалась за счет гидрогенизации. Такое положение сохранялось до тех пор, пока в другие виды фритюрных жиров тоже не начали добавлять этот же пеногаситель, в результате чего самым устойчивым фритюрным жиром вновь стал жир для жарки в интенсивном режиме. Но предприятия общественного питания не отказались от применения жидкого фритюрного жира, поскольку он был удобен при переливании и отмеривании, обладал приемлемой стабильностью при жарке, готовая продукция внешне казалась несколько более жирной. Многие предприятия предпочитают такой жир в связи с тем, что сравнительно высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, а также низкое содержание *транс*-изомеров считаются более безопасными для здоровья.

После появления непрозрачного жидкого фритюрного жира был разработан и похожий на него, но прозрачный при комнатной температуре продукт. В составе непрозрачного жидкого жира обычно присутствует от 2 до 6% твердого жира в β -кристаллической форме, а основой служит частично гидрогенизированное соевое масло с йодным числом от 100 до 110. Непрозрачный жидкий фритюрный жир требует особого внимания при кристаллизации, поскольку для сохранения текущей консистенции твердые фракции необходимо стабилизировать. При производстве прозрачного жидкого фритюрного жира сразу после гидрогенизации масла

осуществляют его фракционирование, благодаря которому получается продукт, обладающий высокой устойчивостью и прозрачный при комнатной температуре. Оборудование для винтеризации (вымораживания) позволяет выделить из гидрогенизированного соевого масла с йодным числом около 88 жидкую фракцию с ЙЧ 92. Очевидно, что прозрачный жидкий фритюрный жир не требует кристаллизации, однако при температуре более низкой, чем в камере охлаждения, т. е. ниже 18 °С, продукт кристаллизуется. Стабильность прозрачного жидкого фритюрного жира при жарке несколько выше, чем непрозрачного, но разница так невелика, что на предприятиях общественного питания ее не принимают во внимание. В табл. 7.1 приведены физические характеристики этих двух типов жидкого фритюрного жира, а также показаны различия в жирнокислотном составе и профиле плавления, которыми объясняются различия во внешнем виде и стабильности при жарке.

Таблица 7.1. Характеристики двух видов жидкого фритюрного жира, применяемого на предприятиях общественного питания

Наименование показателя	Вид жидкого фритюрного жира	
	непрозрачный	прозрачный
Жирнокислотный состав, %:		
пальмитиновая C _{16:0}	10,0–11,0	8,5–9,5
стеариновая C _{18:0}	6,0–8,0	3,5–4,0
олеиновая C _{18:1}	42,0–46,0	61,0–65,0
линовелевая C _{18:2}	31,0–37,0	20,0–24,0
линопленовая C _{18:3}	2,0–3,0	0,2–1,5
Йодное число, г J ₂ /100 г	101–107	88–94
Содержание ТТГ, %, при:		
10,0 °С	3,0–7,0	5,0–14,0
21,1 °С	3,0–6,0	0,2–0,7
26,7 °С	3,0–6,0	—
33,3 °С	2,0–6	—
40,0 °С	0,5–5,0	—

Помимо жидкого фритюрного жира на основе соевого масла были разработаны продукты, в которых используются другие виды исходных масел, придающие продукту при жарке соответствующий вкус. Чаще всего в этих целях вместо соевого используют арахисовое или кукурузное масла. После появления сообщений о том, что английская королева предпочитает рыбу и картофель, обжаренные на арахисовом масле, именно его стали широко использовать для жарки рыбы. Для повышения устойчивости при жарке в арахисовое масло можно добавлять гидрогенизированное соевое, содержащее большое количество олеиновой кислоты. Как правило, кукурузное масло частично гидрогенизируют либо добавляют в небольших количествах в связи с присущим ему запахом, напоминающим плесневелый. В тех случаях, когда вкус продукта хорошо сочетается с запахом кукурузного масла, именно его используют для замены животных жиров.

7.4.5. Масла из ГМИ

Масла с повышенным содержанием олеиновой кислоты (высокоолеиновые) сочетают в себе необходимые для фритюрного жира функциональные характеристики и соответствие требованиям здорового питания. Масла, полученные из генетически модифицированных источников (ГМИ), отличаются повышенным содержанием мононенасыщенных жирных кислот, что является преимуществом с точки зрения гигиены питания, поскольку это означает более низкое содержание насыщенных кислот, отсутствие *транс*-изомеров жирных кислот, а также обеспечивает такой же уровень устойчивости к окислению, который обычно достигается при частичной гидрогенизации. Наиболее перспективной заменой гидрогенизованных жиров при их использовании для жарки на предприятиях общественного питания представляются высокоолеиновые масла из ГМИ. При изучении органолептических показателей продукции некоторые исследователи отмечали, что в продуктах, жареных во фритюре с использованием масел, содержащих более 65% олеиновой жирной кислоты, отсутствуют некоторые характерные оттенки вкуса и аромата, возникающие при расщеплении более ненасыщенных жирных кислот. Однако фритюрный жир для жарки в интенсивном режиме, широко применяемый в общественном питании, содержит примерно 70% олеиновой кислоты, количество более ненасыщенных жирных кислот ниже, чем в маслах из ГМИ, содержащих 80% олеиновой кислоты. В табл. 7.2 представлены сравнительные результаты испытаний высокоолеинового подсолнечного масла, фритюрного жира для жарки в интенсивном режиме и жидкого фритюрного жира [14]. Из представленных данных видно, что по устойчивости к появлению нежелательных привкусов высокоолеиновое подсолнечное масло немного уступает фритюрному жиру для жарки в интенсивном режиме, но значительно превосходит жидкий жир. Устойчивость к образованию свободных жирных кислот и к потемнению у подсолнечного масла из ГМИ примерно такая же, как у жира для жарки в интенсивном режиме, но устойчивость к появлению нежелательных привкусов и к пенообразованию на 15–25% ниже.

7.5. Жиры для жарки на сковороде или противне

На предприятиях общественного питания наиболее распространенными способами приготовления блюд для завтрака являются жарка на сковороде и противнях. По некоторым оценкам, от 75 до 80% наименований в меню для завтрака, предлагаемого предприятиями общественного питания в США, готовят на сковороде или противне. За последние годы многие сети предприятий быстрого питания повысили объем продаж за счет того, что стали предлагать специальное меню для завтрака. Благодаря этому повысилась эффективность работы предприятий, поскольку это расширение ассортимента не потребовало больших расходов.

Для жарки на сковороде или противне могут использоваться любой кулинарный жир, шортенинг без эмульгаторов, маргарин или сливочное масло. Многие повара предпочитают использовать сливочное масло или маргарин, которые обеспечивают

Таблица 7.2. Сравнительная характеристика функциональных свойств высокоолеинового масла подсолнечника из ГМИ при использовании в качестве фритюрного жира

Характеристики продукта	Фритурный жир для жарки в интенсивном режиме	Жидкий фритурный жир	Высокоолеиновое подсолнечное масло из ГМИ
Йодное число, г J ₂ /100 г	68,5 ± 1,5	107,0 ± 2,0	85,0 ± 5,0
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	41,5 ± 1,0	Не более 31,0	Около 4,4
Содержание ТТГ, %, при:			
10,0 °С	50,0 ± 3,0	Не более 5,0	—
21,1 °С	42,5 ± 3,0	—	—
26,7 °С	29,0 ± 3,0	Не более 3,0	—
33,3 °С	13,0 ± 2,0	—	—
40,0 °С	3,5 ± 1,5	Не менее 0,4	—
Индукционный период по МАК, ч	Более 200	Не менее 40	65 ± 5
Жирнокислотный состав, %:			
пальмитиновая C _{16:0}	10,8	10,8	3,7
стеариновая C _{18:0}	14,8	6,2	5,4
олеиновая C _{18:1}	70,5	43,4	81,3
линовая C _{18:2}	3,9	36,9	9,0
линоленовая C _{18:3}	—	2,7	—
транс-изомеры	39,5	15,9	Отсутствуют
Содержание пищевых добавок, мг/кг:			
полидиметилсиликсан	2	2	2
ТБГХ	50	50	—
Испытания при обжаривании во фритюре			
Устойчивость к появлению нежелательных признаков, ч:			
пенообразование	249	169	216
свободные жирные кислоты	93	100	90
потемнение	98	74	101
нежелательные привкусы	225	38	158
в среднем	166	95	141

Обозначения: ГМИ — генетически модифицированные источники; МАК — метод активного кислота; ТБГХ — трет-бутилгидрохинон.

приятный цвет и сливочный вкус готового продукта. Однако в обоих случаях жарку следует проводить осторожно, не допуская излишнего повышения температуры и подгорания сухих веществ молока, кроме того, наличие влаги в масле или маргарине приводит к разбрызгиванию и прилипанию продукта к горячей металлической поверхности. Растительное масло кажется логичным решением проблем, связанных с присутствием влаги и сухих веществ молока. Но оно склонно к быстрой полимеризации на горячей поверхности, в результате чего образуются комки смол, ухудшающие товарный вид, тогда как прилипание обжариваемых продуктов к сковороде или противнику не устраняется без специальной обработки поверхности после каждой мойки и чистки. Обработка сковороды или противня заключается в их аккуратном смазывании для образования одного за другим тонких слоев полимеризованного масла, заполняющего поры металла, и формирования твердого и гладкого покрытия на поверхности.

Для устранения проблемы образования смол логично заменить жидкое масло шортенингом без эмульгаторов, поскольку его изготавливают из гидрогенизованных масел, менее склонных к полимеризации. Универсальный шортенинг действительно устойчив к смелообразованию, но прилипание продуктов к горячей поверхности по-прежнему имеет место, если после очистки ее не обрабатывали способом, описанным выше. В целях устранения проблем смелообразования, разбрызгивания, пригорания жира, прилипания продуктов, для тщательной обработки поверхности многие повара растапливают сливочное масло или маргарин и используют для жарки на сковороде или противне полученную вытопленную фракцию. Выделенная фракция топленого масла или жира обладает характерным цветом и вкусом сливочного масла, разбрызгивается не так сильно и не позволяет продуктам прилипать к горячей металлической поверхности. Снижение прилипания происходит в результате присутствия природного эмульгатора лецитина (Е322), присущего в сливочном масле и вносимого в маргарин. Поскольку он жирорастворим, то остается в вытопленной из сливочного масла или маргарина жировой фракции.

При вытапливании как сливочного масла, так и маргарина потери составляют не менее 25%. Кроме того, привкус сливочного масла, присутствующий в маргарине, в жареных продуктах оказывается практически незамечен. Выход из сложившейся ситуации могла предоставить лишь разработка специализированного жирового продукта, позволяющего решить эти проблемы. Создание такого продукта позволило бы удовлетворить спрос со стороны предприятий быстрого обслуживания (фаст-фудов), обусловленный стремлением производить сотни порций жареных изделий одинакового качества. Очевидно, что на предприятиях фаст-фуда вытапливанием масла не занимались, особенно с учетом очень высокой текучести кадров.

Предприятия общественного питания быстро перешли на применение жира, специально разработанного для жарки на сковороде и противне. Этот продукт содержит красители и ароматизаторы, позволяющие имитировать сливочное масло, а также лецитин (Е322) в качестве добавки, препятствующей прилипанию. Такой специализированный жир успешно заменил сливочное масло, маргарин и кулинарный жир, применявшиеся ранее для жарки на сковороде и противне. В табл. 7.3 представлены три основных вида жира для жарки на сковороде и противне, два из них

Таблица 7.3. Характеристики специальных жиров для жарки на сковороде и противне

Наименование показателя	жидкий	жидкий соленый	Вид жира	пластичный
Консистенция	Текущая	Текущая	Соевое масло	Кокосовое, пальмоядровое, соевое, хлопковое масла
Используемое сырье				Твердая, пластичная
Содержание ГГТ, %, при:				
10,0 °C	3,0–7,0	3,0–7,0		20,0–30,0
21,1 °C	3,0–6,0	3,0–6,0		8,0–20
26,7 °C	3,0–6,0	3,0–6,0		5,0–15,0
33,3 °C	2,0–6,0	2,0–6,0		1,0–5,0
40,0 °C	0,5–5,0	0,5–5,0		0,0
Упаковка	3,8 дм ³ (1 галлон); 5,5 дм ³ (5 кварт); 8 кг (17,5 фунтов); 16 кг (35 фунтов)	3,8 дм ³ (1 галлон); 5,5 дм ³ (5 кварт); 8 кг (17,5 фунтов); 16 кг (35 фунтов)		Металлические банки 2,7 кг (6 фунтов), ведра 13,6 кг (30 фунтов)
Область применения	Жарка на сковороде или противне; приготовление супов, соусов; поливание и смазывание поверхности жаркого и других блюд; смазывание отварной кукурузы в початках	Обработка металлической поверхности перед жаркой; поливание и смазывание поверхности жаркого и других блюд, попкорн, смазывание отварной кукурузы в початках, приготовление супов, соусов, в том числе для морепродуктов, жарка на сковороде или противне	Приготовление тостов; смазывание булочек; жарка на сковороде или противне; смазывание отварной кукурузы в початках	
Пищевые добавки	Лецитин (Е322), красители, ароматизатор «сливочное масло», полидиметилсилоксан (Е900), антиоксиданты.			

находятся при комнатной температуре в жидком состоянии, третий — в твердом (пластичном). Основное различие между двумя жидкими видами состоит в добавлении соли в один из них. Соль усиливает и делает еще более приятным вкус, имитирующий сливочное масло, и продукт приобретает еще большее сходство с топленым маслом или маргарином. В жидкий жир для жарки на сковороде или противне добавляют соль мелкого помола, которая, будучи нерастворимой в масле, образует в нем дисперсию. Обычно соль диспергируют в жире для жарки на сковороде и противне непосредственно перед упаковкой, после того, как он прошел кристаллизацию. Такой порядок внесения позволяет свести к минимуму абразивное воздействие нерастворившейся соли на охлаждающее оборудование и насосы. Лецитин добавляется во все представленные в таблице виды жиров в качестве средства, уменьшающего прилипание продукта к металлической поверхности и препятствующего разбрызгиванию жира во время жарки. По рецептуре оба жидких продукта, соленый и несоленый, сходны с непрозрачным фритюрным жиром: в них содержатся мягкие саломасы и твердый жир из соевого масла, соотношение компонентов обычно такое же, как у жидкого фритюрного жира. Кроме того, в них вносят пеногаситель полидиметилсилоксан, снижающий количество пены, возникающей при жарке на противне в присутствии лецитина, а также играющий роль антиоксиданта.

Твердые виды жира для жарки на сковороде или противне состоят обычно из кокосового или пальмоядрового масла с добавкой гидрогенизированного соевого или хлопкового масла. Лауриновые масла используют для получения четкой температуры плавления продукта и повышения устойчивости к окислению и пенообразованию. Пенообразование дополнительно снижается в присутствии лецитина, обеспечивающего снижение прилипания и разбрызгивания. Из всех видов специальных жиров для жарки на сковороде и противне стабильность наиболее важна для твердой разновидности, поскольку на кухнях емкость с растопленным жиром постоянно держат на плите, чтобы не ждать растапливания жира перед приготовлением пищи. Кроме того, твердая разновидность фритюрного жира для жарки на сковороде и противне лучше подходит для обжаривания булочек и тостов, где используется растопленный жир, находящийся в специальном резервуаре. Жидкие масла склонны к полимеризации и требуют постоянного внимания для обеспечения непрерывной работы. Красители и ароматизаторы, используемые во всех видах жиров для жарки на сковороде и противне, должны быть термостойкими, особенно в случае твердого жира, поскольку он находится в нагретом состоянии в течение более длительного периода.

7.6. Фритюрные жиры для МКИ

Существует несколько сотен видов мучных изделий, приготовляемых путем жарки во фритюре. Их можно разделить на три основные группы:

- дрожжевые изделия;
- изделия на химических разрыхлителях;
- жареные пирожки и МКИ.

В каждом из трех случаев изделие может приготавливаться либо плавающим способом на поверхности фритюра, в этом случае его переворачивают по истечении примерно половины времени жарки, либо погружным, при котором изделие полностью погружено в жир в течение большей части цикла жарки. Почти все продукты этой группы проходят заключительную отделку с использованием различных начинок и отделочных полуфабрикатов. Зачастую некоторые характеристики продукта приходится изменять в целях применения определенного способа отделки. Для оформления поверхности изделий могут использоваться:

- жидкие вещества для глазирования (сахарная, шоколадная и другие виды глазури);
- сухие посыпки, например, сахарная пудра, сахарный песок или коричный сахар;
- сочетание жидкого и сухих покрытий; в этом случае на изделие сначала наносят жидкую глазурь, затем обсыпают сухой посыпкой или обваливают в ней.

Начинкой можно наполнять изделие как после жарки, так и до нее, при формировании изделий. Она может представлять собой коричный сахар, фрукты, желе, кремы, суфле маршмэллоу и т. п. Поскольку мучным изделиям всех трех типов можно придавать разную форму, покрывать различными видами глазурей и наполнять различными начинками, известны многие сотни изделий различных наименований.

Фритюрный жир для мучных изделий выполняет три функции:

- служит теплоносителем;
- является одним из основных ингредиентов готового изделия;
- обеспечивает адгезию покрытия, например, глазури или сахарной пудры.

В табл. 7.4 показано влияние соотношения твердой и жидкой фракции фритюрного жира на качество мучных изделий. В данной области успешно применяют фритюрный жир как на растительной основе, так и содержащий животные жиры, при этом общие требования к содержанию ТТГ будут одинаковыми в обоих случаях. Однако для производства некоторых изделий может играть роль характер кристаллизации, зависящий от происхождения жира. Время кристаллизации, т. е. период, в течение которого поглощенный изделием жир успевает в необходимой степени отвердеть, будет зависеть от типа кристаллов: β' -форма потребует меньше времени, чем β ; следовательно, иногда для фритюрного жира бывает необходимо выбрать жировую основу или хотя бы твердый жир с учетом типа кристаллизации, что позволит в момент отделки обеспечить степень отвердевания, необходимую для хорошего сцепления посыпки или глазури с поверхностью изделия.

Полидиметилсилоксан, как правило, не используют во фритюрных жирах для МКИ, поскольку эта добавка оказывает нежелательное воздействие на качество продукции, а именно:

- Фритюр с полидиметилсилоксаном приводит к оседанию взбитого теста на поверхности изделий, в результате чего они приобретают неправильную форму.
- При наличии полидиметилсилоксана во фритюре сахар или глазурь хуже удерживаются на поверхности готового изделия.

Таблица 7.4. Влияние содержания ТТГ на функциональные свойства фритюрных жиров для МКИ

Содержание ТТГ температура, °С	%	Характеристика	Воздействие на функциональные свойства	
			Твердые жиры создают влагонепроницаемый барьер, удерживающий влагу внутри изделия	При высоком содержании ТТГ на поверхности изделия виден слой жира, возникает опушение обволакивания (салистости) во рту, отслоение сахарной глазури. При низком содержании ТТГ корочка изделия получается маслянистой, в результате сахар пропитывается маслом
10,0 °С	33–38	Сроки хранения	Правильное соотношение твердой и жидкой фракций фритюрного жира обеспечивает достаточно хорошее сцепление с сахаром	При высоком содержании ТТГ сахар плохо удерживается на поверхности; при низком содержании ТТГ сахар пропитывается маслом
21,1 °С	21–26	Внешний вид изделия	При высоком содержании ТТГ на поверхности изделия виден слой жира, возникает опушение обволакивания (салистости) во рту, отслоение сахарной глазури. При низком содержании ТТГ корочка изделия получается маслянистой, в результате сахар пропитывается маслом	Высокое содержание ТТГ во фритюрном жире при температурах выше температуры тела оказывает негативное воздействие на данную характеристику. Если при 40,0 °С содержание ТТГ превышает 12%, то продукция обычно дает неприятное, обволакивающее ощущение во рту
26,7 °С	19–24	Захват сахара		
33,3 °С	12–17	Захват сахара		
40,0 °С	7–12	Органолептические показатели		

- Применение фритюра, содержащего пеногаситель, приводит к повышенной впитываемости жира; это объясняется тем, что фритюрный жир в течение длительного времени имеет пониженную вязкость.

Благодаря высокой впитывающей способности мучных изделий в большинстве случаев показатель замены фритюрного жира достаточно высок, поэтому при нормальной работе не возникает необходимости сливать отработанный фритюрный жир. С учетом всех изложенных моментов внесение пеногасителя во фритюрный жир для МКИ нецелесообразно.

Как правило, свежий фритюрный жир способен обеспечивать требуемые характеристики жареных мучных изделий только после некоторой «обкатки». В связи с характером производства и высокой впитывающей способностью мучных изделий показатель замены фритюрного жира обычно оказывается высоким, поэтому изделия попадают в жир, который уже некоторое время использовался и успел претерпеть некоторые изменения. Пока фритюрный жир находится в требуемом состоянии, мучные изделия получаются наиболее удачными с точки зрения формы, внешнего вида, впитываемости жира и органолептических характеристик, поэтому этот промежуток времени называют «периодом качества». Считается, что этому периоду соответствует определенное содержание свободных жирных кислот в жире, однако достоверно установить, какой именно уровень содержания свободных жирных кислот обеспечивает необходимые характеристики, не удалось. Различные исследователи указывают в своих работах разное «идеальное» содержание свободных жирных кислот, уровень которого зависит от окислительной стабильности фритюрного жира. Более вероятно, что идеальное состояние фритюрного жира зависит от процесса полимеризации. Свежий жир, добавляемый вместо унесенного с продуктом, помогает ослабить нежелательные изменения, происходящие под действием высокой температуры и других факторов.

7.6.1. Фритюрный жир для донатсов на химических разрыхлителях

Согласно словарю, донатсом называется небольшое изделие в форме кольца, обжариваемое во фритюре. Для его изготовления используется либо взбитое сдобное тесто, разрыхляемое с помощью пекарского порошка (для донатсов на химических разрыхлителях), либо дрожжевое тесто (для дрожжевых донатсов). Донатсы производятся в столе широком ассортименте, как ни один другой вид МКИ, за исключением, пожалуй, печенья. В США донатсы изготавливаются в пекарнях для оптовых и розничных продаж, в пекарнях при торговых центрах, а также на специализированных предприятиях, ориентированных на выпуск данной продукции. По некоторым оценкам, общий объем производства донатсов (дрожжевых и на химических разрыхлителях) составляет 10% от объема всех мучных изделий. Донатсы на химических разрыхлителях имеют три важных отличия от других изделий, производимых на хлебопекарных предприятиях [15]:

- Для придания изделию характерной формы не используются какие-либо емкости. Тестовые заготовки донатсов на химических разрыхлителях при жарке свободно плавают во фритюрном жире. Общая симметрия готового изделия за-

висит от свойств теста, а также от скорости формирования корочки и открытой структуры готового изделия.

- Изготовление донатсов происходит очень быстро. Как правило, при температуре 190 °C тестовая заготовка обжаривается с каждой стороны по 30–45 с.
- Готовое изделие до 25% своей массы приобретает во время термообработки за счет впитывания фритюрного жира.

Большинство хлебопекарных предприятий для производства донатсов используют готовую сухую смесь-полуфабрикат, поскольку качество этого продукта, как никакого другого, сильно зависит от точности соблюдения рецептуры и от характера ингредиентов. Производители таких полуфабрикатов производят проверочные испытания каждого ингредиента, в особенности муки, чтобы с учетом результатов скорректировать рецептуру для обеспечения надлежащего качества донатсов на химических разрыхлителях. Функциональные свойства муки для этих изделий тщательно контролируются, поскольку именно этот ингредиент обеспечивает необходимую степень поглощения воды и жира, удельный объем, высоту, растекаемость теста и другие характеристики. Количество шортенинга и эмульгаторов в смеси также является контролируемым параметром, влияющим на впитываемость жира, наряду с дозировкой молока. От этих же параметров зависят рецептура смеси, продолжительность замеса и расстойки, количество воды и температура теста при разделке. Смеси-полуфабрикаты для донатсов на химических разрыхлителях обычно изготавливают с использованием растительных масел. Применение пластичного или твердого шортенинга приводит к образованию очень грубой и жесткой корочки на готовом изделии, тогда как донатсы с маслом имеют мягкую корочку при более низком уровне впитываемости фритюрного жира. Эмульгаторы в смесях-полуфабрикатах для донатсов представляют собой, как правило, либо только моно- и диглицериды (Е471), либо их сочетание с моноэфиром пропиленгликоля (Е477) промежуточной твердости, массовая доля которого не должна превышать 0,5% от массы смеси. Применение эмульгаторов направлено на регулирование впитываемости фритюрного жира, увеличение срока годности и повышение мягкости и рассыпчатости продукта. Почти всегда в состав смеси для донатсов химического разрыхления включают лецитин (Е322), выполняющий функцию увлажнителя и обеспечивающий необходимую степень текучести теста. Лецитин способствует равномерному вытеканию теста и образованию изделий одинаковой формы.

Содержание жира в готовых донатсах на химических разрыхлителях составляет, как правило, 20–25%, что необходимо для обеспечения хороших органолептических показателей. Из них 16–20% приходится на поглощенный фритюрный жир. Помимо улучшения вкуса и текстуры изделия, он выполняет и другую важную функцию, обеспечивая удерживание на поверхности донатса сахара и других сухих посыпок. Как правило, донатсы, предназначенные для обсыпки сахаром, охлаждают до температуры поверхности изделия 32–35 °C, и лишь после этого они обрабатываются сахаром в специальном барабане. Сахарная смесь, которой покрывают донатсы, включает в себя декстрозу (кукурузный сахар), крахмал, шортенинг, а также небольшое количество других ингредиентов, например, соли и ароматизаторов. Шортенинг, используемый в сахарной смеси для донатсов, имеет, как правило, плоскую кривую

плавления, обычно проходящую между точками, соответствующими содержанию ТТГ 16–20% при 10 °С и 4–6% при 40 °С.

Приготовление сахарной смеси для обсыпки донатсов основано на технологии инкапсулирования, позволяющей защитить сахар от проникновения жира и влаги. Барабан для обсыпки донатсов представляет собой, как правило, стальной цилиндр объемом 200 дм³, расположенный на бок под небольшим углом; внутри него находится перфорированный барабан, в котором происходит обваливание донатсов в сахарной смеси. Кривая плавления и скорость кристаллизации фритюрного жира играют очень важную роль, поскольку благодаря его жидкой фракции на поверхности донатса удерживается сахар. При низкой скорости кристаллизации фритюрный жир отлично удерживает сахар, но затем за 5–10 мин пропитывает его, что приводит к появлению на поверхности донатса коричневых жирных пятен, ухудшающих внешний вид. Низкое содержание ТТГ во фритюрном жире при температуре нанесения сахара и при более низких температурах приводят к значительной миграции жира и жирному, маслянистому ощущению во рту при употреблении донатсов в пищу. Излишне высокое содержание ТТГ во фритюрном жире ухудшает прилипание сахара, а продукт при употреблении в пищу дает восковое, обволакивающее ощущение. Фритюрный жир для МКИ, типичный профиль содержания ТТГ которого представлен в табл. 7.4, подходит не только для донатсов на химических разрыхлителях, но и для других видов жареных мучных изделий. Удобной особенностью производства мучных изделий является то, что один и тот же вид жира может использоваться и для жарки, и в качестве ингредиента теста.

7.6.2. Жареные изделия из дрожжевого теста

Для производства дрожжевых изделий, жареных во фритюре, обычно используют сладкое тесто без внесения жира. Наиболее широко распространенными изделиями являются дрожжевые донатсы; среди других можно назвать медовые булочки, жареные булочки с корицей и т. д. Все жареные во фритюре изделия такого типа изготавливают из теста, подъем и разрыхление которого происходят за счет дрожжевого брожения. После брожения тесто раскатывают до необходимой высоты и нарезают в форме колец для донатсов или иным образом для других изделий. Также для формирования заготовок изделий применяют и другие методы, например, отсадку или экструдирование. После расстойки изделия из дрожжевого теста обжаривают и отделяют различными посыпками или глазурями. Среди жареных во фритюре дрожжевых изделий особенно хорошо известны глазированные дрожжевые донатсы.

В смесях для производства жареных во фритюре изделий из дрожжевого теста шортенинг играет роль вещества, придающего изделию мягкость. Как правило, в дрожжевом тесте для донатсов и других изделий того же типа применяют пластичный шортенинг для сдобного дрожжевого теста. Такой шортенинг содержит эмульгаторы, которые являются кондиционерами теста и обеспечивают более длительные сроки хранения. Имеются сообщения, что добавление лецитина улучшает свойства корочки дрожжевых донатсов, усиливая сцепление глазури с поверхностью изделия после жарки [16]. Для жарки мучных изделий во фритюре всегда выбирались жиры,

обладающие достаточно высокой температурой плавления, поскольку это необходимо для отделки изделий глазурью или посыпкой, в первую очередь сахаром. Более того, на некоторых предприятиях в летний период к фритюрному жиру добавляют дополнительное количество твердого жира в целях повышения его температуры плавления в соответствии с более высокой температурой производства и транспортировки продукции. Органолептические особенности жареных во фритюре мучных изделий дополняются приятным, сливочным ощущением во рту, обусловленным несколько более высокой температурой плавления фритюрного жира.

7.6.3. Фритюрный жир для пирогов

Жареные во фритюре хрустящие пироги с фруктовой (ягодной) начинкой имеют, как правило, форму полукруга или продолговатого прямоугольника и покрыты глазурью¹. Жареные во фритюре пироги следует рассматривать отдельно от пирогов с фруктово-ягодной начинкой, выпекаемых в печи. Наиболее очевидное отличие состоит в том, что выпеченный пирог производится и продается в специальной формочке, которая удерживает его вплоть до попадания на стол потребителя. Жареный во фритюре пирог не имеет такой формочки, эту функцию выполняет его корочка, которая должна служить оболочкой и обеспечивать целостность продукта во время его производства, транспортировки, реализации и до самого момента употребления в пищу. При этом корочка должна быть достаточно мягкой, приятной на вкус. Рецептура теста для жареных во фритюре пирогов в целом сходна с рецептурой теста для обычного, выпеченного пирога, дозировка шортенинга составляет примерно 25–35% от массы муки или 15–20% от общей массы сырья. Замес теста осуществляют при достаточно высокой температуре, его продолжительность должна обеспечить равномерное перемешивание ингредиентов и слабое формирование клейковины муки.

Тесто для пирога раскатывают до толщины около 3 мм, вырезают заготовки необходимой формы, в середину которых кладут начинку. Один край заготовки загибают поверх начинки и накладывают на нижнюю часть, края подравнивают и скрепляют или защищают. В случае непрочного соединения краев при жарке начинка будет вытекать, что приводит к порче фритюрного жира. После скрепления краев пирог погружают во фритюр и жарят в течение 4–6 мин при температуре 190–194 °С. Иногда сразу после жарки пироги глазируют так же, как и дрожжевые донатсы.

Для производства жареных во фритюре пирогов используют два разных вида жира: шортенинг для приготовления теста и фритюрный жир для жарки. Для теста можно применять тот же шортенинг, что и для выпеченных пирогов, или же стандартный универсальный шортенинг. Фритюрный жир используют тот же, что и для

¹ В США и многих странах Европы пироги с различной начинкой изготавливают из бездрожжевого теста типа песочного. Наиболее распространены выпеченные изделия, напоминающие закрытые сверху корзиночки, заполненные начинкой, их реализуют в той же формочке из фольги или бумаги, в которой они выпекались. — Примеч. ред.

обоих видов донатсов, однако жир для жарки пирогов требует больше трудовых затрат для поддержания в приемлемом состоянии, поскольку его необходимо очищать от попавшей в него начинки.

7.7. Фритюрные жиры для снэков

Картофельные и кукурузные чипсы, лепешки-тортильи, воздушные зерна и другие виды снэков после жарки и упаковки должны храниться в течение 2–3 мес. Решающее значение для качества снэков и, следовательно, потребительского спроса на них играет фритюрный жир. На производство этих изделий в США расходуется более 10% от общего объема используемых жиров и масел [17]. Выбор масла для жарки снэков определяется целым рядом факторов, в том числе особенностями обжариваемого продукта и имеющегося оборудования, желательными органолептическими свойствами готового снэка, традиционными предпочтениями.

В процессе жарки во фритюре снэки сначала обезвоживаются в среде-теплоносителе, при этом вкус снэка концентрируется, после чего жир, служивший теплоносителем, впитывается и становится одним из основных компонентов готового снэка. Фритюрный жир впитывается в полости, образовавшиеся в результате потери влаги, в результате снэк приобретает необходимые качества: текстуру, вкус и аромат, внешний вид. Впитываемость жира у большинства видов снэков составляет около 30–45%, т. е. он является одним из важнейших ингредиентов. На большинстве предприятий, производящих снэки, расход жира очень велик. Продукция производится в большом объеме, за счет чего фритюрный жир быстро впитывается в снэки и постоянно восполняется свежим, что сводит к минимуму порчу фритюрного жира.

При использовании фритюрного жира для производства снэков нарушения возникают реже, чем в общественном питании или при изготовлении мучных изделий, поскольку показатель его замены очень высок, жарка осуществляется в непрерывном режиме, температурный режим контролируется, своевременно происходит добавление свежего жира и т. п. Снижение качества фритюрного жира для снэков сразу же оказывается на готовой продукции. При увеличении продолжительности использования фритюрного жира ухудшается его качество, в результате чего снижается возможный срок хранения готовой продукции. Установлено, что у картофельных чипсов, обжаренных при температуре 204 °С в арахисовом масле с индукционным периодом по МАК 40 ч, при показателе замены масла 4–5 ч срок хранения при 21–27 °С до появления прогорклости превышает 90 дней [18]. Прогорклостью называется этап окисления жира, для которого характерно появление явно заметного острого, жгучего, едкого привкуса и неприятного запаха.

Выбор фритюрного жира для производства снэков зависит от типа снэка, желательного вкуса, «ощущения во рту», текстуры и внешнего вида продукта. При использовании жира, жидкого при комнатной температуре, поверхность готового изделия будет казаться более маслянистой, применение жира с высокой степенью гидрогенизации приводит к более бледному цвету и сухому виду поверхности. Жидкие масла обеспечивают, как правило, более быстрое высвобождение вкуса, тогда

как жир с высокой температурой плавления обычно придает продукту тягучую текстуру, что скрывает вкус или замедляет его высвобождение. Все виды фритюрного жира для снэков имеют после переработки нейтральный или слабо выраженный вкус, но в результате впитывания в снэк они усиливают его вкусоароматические характеристики, формируя жареный вкус или вкус готового продукта. Однако при жарке с использованием только свежего фритюрного масла присущий продукту вкус «вымывается» и ослабляется. На большинстве линий по жарке снэков фритюрное масло достигает равновесия только после четырех замен масла [19]. Для жарки снэков применяют, как правило, жиры растительного происхождения; исключение составляет применение свиного жира для жарки продуктов животного происхождения, например, свиных шкурок.

В рецептуры фритюрных жиров для снэков включают антиоксиданты, комплексообразующие кислоты и полидиметилсилоксан. В качестве антиоксидантов при производстве снэков чаще всего применяются БОА (Е320), БОТ (Е321) и ТБГХ (Е319). Эти фенольные антиоксиданты предотвращают окисление масел во время транспортировки и хранения, т. е. с момента производства и до начала жарки, в процессе которой они разлагаются под действием высоких температур. Тем не менее, результаты проведенных испытаний показали, что при жарке снэков во фритюрном жире, содержащем эти антиоксиданты, защитное действие этих добавок распространяется на готовую продукцию [17], наиболее эффективен в этом отношении ТБГХ. Хотя во фритюрный жир, предназначенный для использования в общественном питании, в целях снижения пенообразования добавляют полидиметилсилоксан, для жарки снэков внесение пеногасителя не требуется в связи с высоким показателем замены. Однако полидиметилсилоксан оказывает также антиокислительное действие, образуя барьер, препятствующий проникновению кислорода в масло [7]. Несмотря на это, использование полидиметилсилоксана при жарке картофельных чипсов не рекомендуется, поскольку эта добавка оказывает нежелательное воздействие на текстуру готового продукта [20]. Возможно, это связано с тем, что чипсы механически захватывают избыток полидиметилсилоксана из фритюрного жира, поскольку при концентрации выше 1 мг/кг этот пеногаситель быстро прилипает к любой имеющейся поверхности [7]. Лимонная кислота при производстве фритюрного жира применяется в целях связывания металлов-прооксидантов в комплексные (хелатные) соединения. Ее добавляют на этапе охлаждения в процессе дезодорации, а в некоторых случаях и после ее завершения в составе смеси антиоксидантов. В качестве комплексообразующей добавки для фритюрных масел не допускается использование фосфорной кислоты, поскольку она вызывает катализическую реакцию, приводящую к повышению содержания свободных жирных кислот и к потемнению масла.

Степень влияния температуры плавления фритюрного жира на органолептические показатели пищевых продуктов зависит от диапазона температур, при которых изделия употребляются в пищу, и от количества впитываемого жира. В случае высокого содержания жира в снэках и использования в пищу при комнатной температуре производители предпочитают использовать фритюрный жир, имеющий низкую степень гидрогенизации, в виде жидких или легкоплавких масел. На многих

предприятиях жарка картофельных чипсов осуществляется на рафинированном, дезодорированном, отбеленном (РДО) хлопковом масле, так как оно обладает более высокой стабильностью, чем другие масла, и при окислении приобретает характерный «ореховый» вкус. Для производства ряда других видов снэков используется, по тем же самым причинам, арахисовое масло, которое при окислении приобретает вкус арахиса. Для жарки отдельных видов снэков применяются также кукурузное и подсолнечное масла, но наиболее предпочтительным, как с точки зрения качества, так и с учетом экономических показателей, считается обычно гидрогенизированное соевое масло. Фритюрный жир для жарки снэков производят, как правило, из селективно гидрогенизированного соевого масла, имеющего повышенную окисляемую стабильность, температуру плавления ниже температуры человеческого тела, в котором при гидрогенизации происходит лишь незначительное повышение содержания насыщенных жирных кислот, или же их количество вообще не изменяется. Широко применяются также смеси различных масел, сочетающих в себе экономичность гидрогенизированного соевого масла и приятный возвратный вкус других используемых масел. Скорее всего, нельзя выделить конкретный вид фритюрного жира, который можно было бы считать типичным для жарки снэков. На большинстве предприятий, производящих снэки, применяют специализированные фритюрные жиры, разработанные либо специалистами предприятия, либо совместно с компанией-поставщиком жиров. Фритюр, применяемый на одном предприятии, будет отличаться от используемого на другом, поскольку различаются ассортимент продукции и предпочтения потребителей, которые производитель старается учитывать.

7.7.1. Обжаривание орехов в масле

Арахис, миндаль, орех пекан и бразильский, а также другие виды орехов обжаривают для получения продукции, непосредственно употребляемой в пищу или используемой в качестве ингредиента кондитерских изделий, салатов, десертов и т. п. При обжаривании в масле происходит обезвоживание орехов и их поддумянивание по всему объему, а не только на поверхности. При этом меняются текстура, внешний вид и вкус ореха. Содержание влаги в орехах сравнительно низкое, обычно — около 5%, тогда как содержание масла высоко. По этой причине орехи при жарке впитывают очень небольшое количество масла, как правило, на уровне 3–5%. Даже в условиях непрерывного производства больших объемов обжаренных орехов показатель замены фритюрного жира оказывается меньше, чем в общественном питании, где степень замены жира весьма невысока. В связи с этим как для процесса жарки, так и для качества готовой продукции очень важны стабильность фритюрного жира при жарке и устойчивость к окислению. На большинстве предприятий для обжаривания орехов предпочитают использовать кокосовое масло. Благодаря высокой доле насыщенных жиров оно устойчиво к окислению; температура плавления кокосового масла четко выражена и лежит ниже температуры тела, тогда как при комнатной температуре это масло находится в твердом состоянии, благодаря чему на орехах хорошо удерживается соль. Для жарки некоторых видов орехов используют жидкие

масла, например, арахисовое или хлопковое, а также жидкий фритюрный жир, но эти жиры имеют низкую стабильность при жарке и окислении. Для обжаривания орехов в масле наиболее удачной заменой кокосовому маслу могут служить производимые в США жидкие растительные масла, селективно гидрогенизованные, за счет чего имеющие температуру плавления ниже температуры человеческого тела и повышенную устойчивость к окислению.

Литература

- Robertson, C. J. The principals of deep-fat frying for the bakery // *The Baker's Digest*, 1966, 40(10), 54–57.
- Stevenson, S. G., Vaisey-Genser, M., Eskin, N. A. M. Quality control in the use of deep frying oils // *JAOCs*, 1984, 61, 1102–1108.
- Rock, S. P., Roth, H. Factors affecting the rate of deterioration in the frying qualities of fats. I. Exposure to air // *JAOCs*, 1964, 41, 228–230.
- Brooker, S. G. Frying fats, part 2 // *Food Technol. New Zealand*, 1975, 10(5), 19–21.
- Martin, J. B. — U.S. Patent 2 634 213, 1953.
- Babayan, V. K. — U.S. Patent 2 998 319, 1961.
- Freeman, I. P., Padley, F. B., Sheppard, W. L. Use of silicones in frying oils // *JAOCs*, 1973, 50, 101–103.
- Title 21, Section 173 // *Code of Federal Regulations*, 1993. — P. 340.
- Weiss, T. J. Chemical adjuncts // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 112–113.
- Chrysam, M. M. Tablespreads and shortenings // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Applewhite, T. H., ed. — Vol. 3 — New York: Wiley-Interscience, 1985. — P. 114.
- Buck, D. F. Antioxidants in soya oil // *JAOCs*, 58, 277–278, 1981.
- Warner, C.R. et al. Fate of antioxidants and antioxidant-deprived products in deep-fat frying and cookie baking // *J. Agric. Food Chem.*, 1986, 34(1), 1–5.
- Haumann, B. R. The goal, tastier and «healthier» fried foods // *INFORM*, 1996, 7, 320–334.
- Erickson, M. D., Frey, N. Properly enhanced oils in food applications // *Food Technol.*, 1994, 48(11), 63–68.
- Block, Z. Uniform doughnut production: cake and yeast raised // *Proceedings of The 35th Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 2–5 — 1959, Chicago, IL — P. 258.
- Dixon, J. R. Ingredients in doughnut mixes // *Proceedings of 52nd Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers*, March 1–3 — Chicago, IL: 1976. — P. 164.
- Min, D. B., Schweizer, D. Q. Lipid oxidation in potato chips, // *JAOCs*, 1983, 60, 1662–1665.
- Vandaveer, R. L. Corn chip frying oils // *Chipper / Snacker*, 1985, May, 35–38.
- Banks, D. Industrial frying // *Deep Frying, Chemistry, Nutrition, and Practical Applications* / Perkins, E. G., Erickson, M. D., eds. — Champaign, IL: AOCS Press, 1996. — P. 263–264.
- Weiss, T. J. Frying shortenings and their utilization // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 173.

Глава 8

Заменители молочного жира

8.1. Введение

Первый период разработки и внедрения аналогов молочных продуктов начался во время Второй мировой войны, когда в связи с нехваткой молочного сырья возникла необходимость изготовления заменителей молочных продуктов, имитирующих их свойства. Технологическая приемлемость заменителей молочных продуктов в значительной степени обусловлена быстрым совершенствованием как жиров и масел, так и технологий получения эмульсий, а также успехами в разработке рецептур пищевых продуктов. По всем этим трем направлениям были разработаны технологии, позволяющие производителям пищевых продуктов выпускать аналоги молочных продуктов, которые не только имеют большое сходство со своими натуральными прототипами по органолептическим показателям, но зачастую обладают некоторыми преимуществами. Эти аналоги прекрасно зарекомендовали себя в домашнем и общественном питании благодаря следующим преимуществам:

- легкость использования;
- более длительные сроки хранения;
- устойчивость к колебаниям температуры и бактериальной порче;
- возможность подбора жиров в соответствии с религиозными требованиями к рациону питания;
- возможность регулирования пищевой ценности;
- повышенная рентабельность.

Существует два типа заменителей молочных продуктов, при изготовлении которых используют масла и жиры, отличные от молочного жира. Первые из них – молокосодержащие продукты – содержат в качестве одного из компонентов любые жиры и масла, помимо молочного жира. Остальные компоненты таких продуктов имеют молочное происхождение. К этой группе относятся меллорин¹, рекомбини-

рованные молокосодержащие напитки, сгущенные молочные продукты, сырные продукты, спреды и маргарины. Пищевые продукты другого типа, которые обычно называют заменителями молочных, не содержат компонентов молока, однако допускается присутствие в их составе казеина и сывороточных белков. Эта группа включает в себя растительные сливки для кофе (забеливатели кофе), взбитые и аэрированные растительные сливки, заменители молока и сыра, основы для соусов. Изначально заменители молочных продуктов достаточно точно имитировали свои натуральные прототипы, но сейчас их совершенствование достигло той стадии, когда продукты модифицируют в целях достижения более длительного срока хранения, заданного улучшения некоторых функциональных свойств или других желательных характеристик.

Оба типа заменителей молочных продуктов представляют собой, по существу, эмульсии особым образом подготовленных жиров и масел в водной фазе, содержащие различные количества белков, сахара, стабилизаторов, эмульгаторов, ароматизаторов, красителей и регуляторов кислотности, которые придают продукту желательные органолептические показатели и внешний вид. Заменители молочных продуктов могут иметь различное физическое состояние: от сухих смесей до упакованных в герметичную тару эмульгированных продуктов. Независимо от агрегатного состояния качество готового продукта зависит от правильного выбора ингредиентов и их применения:

- **Заменители молочного жира (ЗМЖ).** Жир является наиболее важным компонентом, используемым в молокосодержащих продуктах. Он определяет вкусовые качества, внешний вид и консистенцию, а также стабильность конечного продукта. Жир, подходящий для одного наименования молокосодержащих продуктов, может быть неприемлем для другого вида, поэтому необходимо соответствствие между требованиями к конечному продукту и технологическими свойствами жиров. В табл. 8.1 приведены основные характеристики различных видов жиров, используемых для немолочных продуктов: температура плавления, содержание ТТГ при различных температурах и жирнокислотный состав. Для сравнения приведены характеристики молочного жира.
- **Белок.** Основными функциями белка в заменителях молочных продуктов являются обеспечение стабильности, требуемой консистенции и вязкости конечного продукта. Белок может также способствовать удерживанию газа во взбитых растительных сливках, диспергированию или стабилизации коллоидной эмульсионной системы. Возможно использование различных видов белка, например, натурального обезжиренного молока, сухого обезжиренного молока, казеинатов, желатина, сыворотки, яичного или соевого белка. Независимо от вида выбранного белка, обязательным требованием является отсутствие у него вкуса и запаха, поскольку они могут повлиять на вкус и аромат конечного продукта.
- **Сахара или углеводы.** Сахар придает конечному продукту сладкий вкус, участвует в формировании его текстуры, улучшает растворимость и влияет на вязкость или плотность. Наиболее часто в качестве источника углеводов используют кукурузную патоку, сухую кукурузную патоку, декстрозу, тростниковый, свекловичный сахара и т. д.

¹ Меллорин (*mellorine*) – мороженое с растительным жиром, в состав жировой фазы которого входят исключительно растительные жиры. – Примеч. ред.

Характеристика	Вид используемого жира							
	модельный жир, кокосовое масло, РДО, гидрогенизированное	соеевое масло, селективно гидрогенизированное	пальмовое и хлопковое масла, гидрогенизированные и перезерифицированные	гидрогенизированные и фракционированные	и хлопковое масло	соеевое масло в виде жидкого шортенинга	соеевое	хлопковое масло
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	35,0	24,4	33,3	43,3	35,0	41,1	36,1	38,9
Содержание ТГГ, %, при:								
10,0 °С	33	59	57	63	41	57	68	69
21,1 °С	14	29	33	41	24	45	55	58
26,7 °С	10	—	8	16	16	40	38	43
33,3 °С	3	—	3	7	3	20	8	34
40,0 °С	—	—	—	4	—	4	14	34
Йодное число, г J ₂ /100 г	31,5	9	1	Более 1	74	67	3	55
Жирнокислотный состав, %:								
масляная C _{4:0}	3,6	—	—	—	—	—	—	—
капроновая C _{6:0}	2,2	0,5	0,5	0,6	—	—	—	—

Йодное число, г J₂/100 г
Жирнокислотный состав, %:
масляная C_{4:0}
капроновая C_{6:0}

Заменители молочного жира

каприловая C _{8:0}	1,2	7,1	9,5	9,3	—	2,0	2,0	—
каприновая C _{10:0}	2,5	6,0	6,5	6,4	—	3,0	3,0	—
лауриновая C _{12:0}	2,9	47,1	46,0	46,8	—	46,0	48,0	0,5
миристиновая C _{14:0}	10,8	18,5	16,9	16,4	—	17,0	16,0	0,6
мистостолиновая C _{14:1}	0,8	—	—	—	—	—	—	0,3
пентадекановая C _{15:0}	2,1	—	—	—	—	—	—	—
пальмитиновая C _{16:0}	26,9	9,1	8,5	8,5	10,8	9,0	8,0	16,4
пальмитолиновая C _{16:1}	2,0	—	—	—	—	—	—	12,5
маргариновая C _{17:0}	0,7	—	—	—	—	—	—	10,6
стеариновая C _{18:0}	12,1	2,8	10,4	11,2	8,2	13,2	21,0	27,0
олеиновая C _{18:1}	28,5	6,8	1,2	1,0	74,0	74,0	3,0	2,0
липолевая C _{18:2}	3,2	1,9	0,2	—	6,0	2,0	—	0,4
линоменовая C _{18:3}	0,4	0,1	—	—	—	—	—	0,3
аракиновая C _{20:0}	—	0,1	—	—	—	—	—	0,5
галолиновая C _{20:1}	0,1	—	—	—	—	—	—	2,0
бетенновая C _{22:0}	—	—	—	—	—	—	—	36,5

- Стабилизаторы.** Стабилизаторы повышают устойчивость структуры эмульсий и способствуют предотвращению синерезиса (отделения воды). При производстве многих продуктов для достижения необходимой стабильности может потребоваться применение композиции из нескольких стабилизаторов.
- Эмульгаторы.** Вид поверхностно-активного вещества или эмульгирующей системы для определенного продукта может варьироваться в зависимости от требований изготовителя конечного продукта и особенностей производственного процесса.
- Регуляторы кислотности.** Регуляторы кислотности (буферные соли) вносят в определенные заменители молочных продуктов в целях поддержания нужного уровня pH, что позволяет свести к минимуму изменения консистенции продукта и улучшить коллоидные свойства используемого белка.
- Вкусоароматические добавки.** Для имитации органолептических показателей молочных продуктов используют многочисленные натуральные и синтетические вкусоароматические добавки. Следует учитывать, что вкус и аромат, характерные для свежего продукта не обязательно будут идентичны вкусу и аромату этого же продукта после стабилизации кристаллической формы жиров.

8.2. ЗМЖ для растительных сливок

Растительные сливки не являются полной имитацией натуральных сливок. Это искусственно созданные системы, сходные по функциональным свойствам с натуральным молочным продуктом, но при этом обладающие рядом преимуществ: более длительным сроком хранения, удобной формой выпуска, постоянством качества и функциональных свойств. В целом немолочные сливки или основу для их изготовления можно определить как источник стабилизированных жиров, взбиваемые отделочные полуфабрикаты или заменители крема. Растительные сливки состоят из пяти основных ингредиентов (жир, белок, углеводы, стабилизаторы и эмульгаторы), распределенных в воде таким образом, чтобы обеспечить стабильность продукта, его нежный вкус и аромат, быстрое растворение в кофе без высвобождения или вытапливания жира. Хорошие растительные сливки имеют внешний вид, качество и вкус, очень близкие к натуральным сливкам для кофе.

Растительные сливки присутствуют на рынке в трех формах.

- Жидкие растительные сливки для кофе** производят, транспортируют и направляют в продажу в жидком состоянии. Этот готовый к употреблению продукт используют главным образом в домашних условиях и на предприятиях общественного питания, обычно он имеет ограниченный срок годности, ненамного превышающий срок хранения молочных сливок. Жидкие растительные сливки для кофе приемлемого качества должны обладать очень высокой эмульсионной стабильностью, позволяющей сохранять их однородность в процессе хранения (от изготовления до момента реализации) и предотвращать выделение или вытапливание жира при добавлении в кофе. Также они должны выдерживать цикл замораживания и размораживания без разделения на отдельные

фракции, сохраняя при этом вязкость, аналогичную вязкости натурального молочного продукта. Излишне вязкий продукт, не растворяющийся в кофе, также как и водянистый или расслоившийся продукт с отделившейся масляной фазой, неприемлем для использования. Способность выступать в качестве загустителя, которую регулируют изменением общего количества сухих веществ и тонкостью диспергирования дисперсионной фазы (в данном случае жира), должна быть постоянной. Растительные сливки для кофе должны также сохранять мягкий вкус, не допускается появление постороннего запаха в течение всего срока хранения. Концентрация жира в жидкых растительных сливках может варьироваться от 5 до 18%. Шортенинг или жир с достаточно низкой температурой плавления и узким диапазоном пластичности, что характеризуется крутым наклоном кривой плавления, является наиболее подходящим для жидких сливок. Использование жира с высокой температурой плавления может стать причиной появления ощущения салистости во рту при употреблении жидких растительных сливок. Жидкие жиры снижают диспергируемость компонентов в связи с их абсорбцией белками и коалесценцией. Наиболее часто для изготовления жидких заменителей сливок используют кокосовое масло с температурой плавления 22,2 или 33,3 °C, селективно гидрогенизированное соевое масло с температурой плавления 35,0 °C и непрозрачный жидкий шортенинг. Кокосовое масло имеет крутой наклон кривой плавления и четко выраженную температуру плавления, что обуславливает приятное ощущение во рту и хорошие органолептические показатели, но вследствие гидролиза лауриновой кислоты, особенно в присутствии большого количества влаги в жидких сливках, может появиться мыльный привкус. Селективно гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74 характеризуется очень сходными с молочным жиром температурой и кривой плавления. Жидкие шортенинги нашли применение в связи с легкостью обработки и высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот в готовых сливках. Жидкие шортенинги могут производиться на основе негидрогенизованных масел, в этом случае они не содержат транс-изомеров жирных кислот.

- Замороженные растительные сливки для кофе** после изготовления замораживают и транспортируют в замороженном состоянии, перед употреблением их следует размораживать. Характеристики и технологии обработки замороженных и обычных жидких растительных сливок сходны, но поскольку этот вид продукта до употребления хранят в замороженном виде, допустимы более короткие сроки хранения после размораживания. Следует учитывать, что данный продукт должен иметь хорошую стабильность в цикле замораживания и размораживания во избежание разделения фаз при размораживании перед употреблением. Обычно для производства замороженных растительных сливок используют те же самые жиры, что и для жидкого продукта.
- Сухие растительные сливки** распылительной сушки изготавливают в виде сыпучего порошка. В процессе производства этого вида сливок эмульгатор обволакивает частицы жира, что позволяет им смешиваться с белковой супензией. При гомогенизации формируются глобулы, представляющие собой мелкие

стабилизированные эмульгатором и белком капельки жира. Эмульгированный гомогенизованный жир придает кофе интенсивный белый цвет. Углеводы и другие ингредиенты также покрывают поверхность глобул. Полученную водную супензию впрыскивают в виде мельчайших капель в сушильную камеру, куда подают и горячий воздух. Это вызывает испарение воды, в результате образуется порошок, падающий на дно сушилки. Сухие продукты из немолочных ингредиентов должны обладать высокой устойчивостью к окислению, что позволяет им выдерживать жесткие условия обработки и обеспечивать требуемую стабильность при хранении, что является одним из главных преимуществ использования сухих сливок наряду с возможностью их хранения при комнатных температурах. Другие виды растительных и натуральных сливок для длительного хранения требуют замораживания. Кроме того, после сушки продукт должен иметь хорошую сыпучесть, т. е. не проявлять склонности к слипанию и комкованию. Несмотря на то, что сухие растительные сливки предназначались главным образом для кофе, возник ряд перспективных возможностей использования этих продуктов как в качестве заменителей молочных продуктов, так и в новых направлениях. В настоящее время производится не менее пяти различных видов сухих растительных сливок:

- **Растительные сливки для кофе**, реализуемые в розницу, содержат от 16 до 40% жира (от сухого вещества) и представляют собой особым образом обработанные сухие продукты низкой плотности, что обеспечивает необходимые для упаковки свойства, а также способность погружаться в кофе и растворяться в нем. В растительных сливках пониженной жирности массовая доля жира уменьшена в целях снижения калорийности.
- **Аэрированные растительные сливки для кофе** изготавливают с использованием специальных методов обработки, позволяющих внедрить в структуру продукта воздушные пузырьки для достижения эффекта капуччино при добавлении к обычному кофе.
- **Основу для восстановленных растительных сливок** разрабатывают специально для последующего восстановления, пастеризации, гомогенизации и фасования. Восстановленные сливки предназначены для реализации через предприятия общественного питания или розничную торговлю в виде жидких продуктов, применяемых в качестве молочных компонентов блюд.
- **Растительные сливки для торговых автоматов** содержат примерно 35% жира. В отличие от обычных растительных сливок для кофе, они имеют более высокую плотность.
- **Ингредиент-основа** представляет собой сухие сливки с достаточно высокой плотностью, обычно содержащие 50% жира. Его производят для использования в качестве ингредиентов или основ при изготовлении напитков, пудингов, соусов, взбитых топпингов, подлив и т. д.

Липидные системы растительных сливок для кофе были подобраны таким образом, чтобы удовлетворять требованиям к функциональности тех продуктов, в состав которых они входят, будь то жидкые, замороженные жидкые или много-

численные сухие продукты, полученные способом распылительной сушки. В растительные сухие сливки вносят, как правило, жиры с более высокой температурой плавления. Использование в рецептурах сухих сливок легкоплавких жиров может привести к слипанию и комкованию продукта при высоких температурах и плохой растворимости в горячем кофе. В основном в перечень жиров, пригодных для изготовления растительных сливок для кофе, входят гидрогенизированное кокосовое масло с температурой плавления 43,3 °С, переэтерифицированное и гидрогенизированное пальмоядровое масло с температурой плавления 44,4 °С и селективно гидрогенизированное соевое масло с температурой плавления 41,1 °С. В состав сухих растительных сливок следует включать жиры с более высокой температурой плавления, которые способствуют длительному хранению, предупреждают слеживание, обеспечивают хорошее растворение в горячих жидкостях и образование интенсивного белого цвета.

При изготовлении всех трех видов растительных сливок используют эмульгаторы, позволяющие соединить в единую систему несмешивающиеся между собой водную и жировую фазы, а также обеспечить стабильность эмульсии и образование требуемого количества частиц жира, что необходимо для достижения главной цели — придания кофе белого цвета. В рецептуре сухих растительных сливок могут быть использованы различные композиции эмульгаторов, включающие в себяmono- и диглицериды (E471), полисорбат 60 (E435), полисорбат 80 (E433), эфиры глицеридов и молочной кислоты (E472b), лецитин (E322), эфиры пропиленгликоля (E477), стеариоллактилат натрия (E481i) и другие, в зависимости от требуемых функциональных свойств и предпочтений производителя. В большинстве случаев требования к системе эмульгаторов не зависят от требований, предъявляемых к ЗМЖ.

8.3. ЗМЖ для взбитых сливок

Проблемы, связанные со стабильностью натуральных взбитых сливок, привели к разработке взбитых топпингов (растительных сливок). Взбитые топпинги стали популярны как в промышленности, так и в домашней кулинарии в качестве украшений для пудингов, напитков, мороженого, фруктов, пирожных и других мучных кондитерских изделий в дополнение к традиционному применению в качестве основы сливочных тортов. Взбитые растительные сливки обладают улучшенными функциональными характеристиками по сравнению с молочными, поскольку при их изготовлении используют жир, наиболее подходящий для этого продукта, имеющий специфическую форму кривой плавления, сочетание с соответствующими системами эмульгаторов.

Взбитые сливки выпускают в самых разных формах, причем рецептуры основы сливок во всех случаях сходны между собой.

- **Жидкие сливки для взбивания.** Этот базовый вид сливок представляет собой эмульсию типа «масло в воде», содержащую жиры, белки, сахар, эмульгатор и ста-

билизатор. Этот продукт требует механического взбивания для образования топпинга с желательной степенью взбитости и плотностью пены. Для розничной торговли, сферы общественного питания и применения в пищевом производстве такие сливки обычно упаковывают по технологии *PurePak®*.

- Концентрат сливок для взбивания.** Данный продукт также является эмульсией типа «масло в воде», подобно жидким сливкам, но содержит меньше воды. Перед использованием к концентрату добавляют питьевое или обезжиренное молоко, сливки, соки или воду, после чего смесь взбивают до достижения желательной степени взбитости и плотности пены. Сливки в этой форме широко применяются при изготовлении начинок для выпеченных сливочных тортов или топпингов для других видов МКИ.
- Сливки в аэрозольной упаковке.** Продукт, представляющий собой эмульсию типа «масло в воде», похож на жидкие сливки, но упакован в баллончики под давлением. При прохождении через распылительную насадку сливки автоматически взбиваются. Такой вид упаковки и способ применения находят высокий спрос в розничной торговле и сфере общественного питания.
- Сухие сливки.** Одной из наиболее сложных в плане разработки рецептур и производства является сухая форма топпингов, изготавливаемых из эмульсий типа «масло в воде», высушенных с помощью распылительной сушки до минимальной влажности. Их восстанавливают путем растворения в питьевом или обезжиренном молоке, или же в воде, после чего механически взбивают до достижения желательной степени взбитости и плотности пены. Сухие сливки имеют более длительный срок хранения, чем продукт в виде жидкости или аэрозоля, получаемые из них взбитые топпинги высоко оцениваются потребителями.
- Замороженные готовые к употреблению сливки.** Этот готовый к употреблению продукт реализуют через сети розничной торговли в закрытых пластиковых контейнерах, имеющих размеры, удобные для использования в домашних условиях. Реализация этого продукта в замороженном состоянии позволяет увеличить продолжительность его хранения. В домашнем холодильнике после размораживания сливки могут храниться от 3 до 6 нед. Как правило, в рецептурах готовых к использованию сливок входит казеинат натрия, поскольку сухие вещества молока снижают температуру замерзания. Этот вид топпингов производят так же, как и другие растительные сливки, за исключением того, что после пастеризации и гомогенизации готовую смесь для сливок взбивают на установке непрерывного действия, добиваясь оптимальной плотности. Затем взбитую смесь расфасовывают в пластиковые контейнеры и быстро замораживают, обычно в скороморозильных аппаратах с интенсивным движением воздуха при температуре ниже -29°C .

Изготовление взбитых сливок высокого качества – более сложный процесс, чем производство других заменителей молочных продуктов. Для получения топпинга, пользующегося большим спросом на рынке, необходимо соблюдать правильное соотношение между отдельными ингредиентами в готовых взбитых сливках. Типичные диапазоны массовой доли основных компонентов в готовых сливках представлены в табл. 8.2. Большинство видов растительных сливок получают путем

смешивания компонентов и пастеризации смеси. Затем смесь гомогенизируют и охлаждают перед расфасовкой до $4,4^{\circ}\text{C}$ или ниже. Полученный продукт для достижения наилучшей взбиваемости, как правило, требует темперирования (созревания) в течение 18–24 ч.

Таблица 8.2. Содержание основных ингредиентов во взбитых сливках

Наименование ингредиента	Значение массовой доли, %	
	минимальное	максимальное
ЗМЖ	25,0	35,0
Белки	1,0	6,0
Сахароза	6,0	12,0
Сухая кукурузная патока	2,0	5,0
Стабилизаторы	0,1	0,8
Эмульгаторы	0,4	1,0
Соли	0,025	0,15
Вода	46,0	64,0

Очень важным является выбор оптимальной эмульгирующей системы для взбитых сливок, поскольку от этого выбора зависят степень взбитости, плотность и густота пены, стабильность смеси и конечного продукта, а также (в некоторой степени) его консистенция и текстура. Концентрация эмульгаторов может составлять от 0,4 до 1,0% от общей массы продукта в зависимости от выбранной системы эмульгаторов. Выбор эмульгаторов зависит от формы выпуска готовых сливок (жидкие, замороженные или сухие). Мягкиеmono- и диглицериды (E471) в сочетании с эфирами глицеридов и молочной кислоты (E472b) или эфирами пропиленгликоля (E477) обычно вносят в сухие и жидкие сливки. При производстве взбитых сливок продолжительность взбивания, как правило, может быть сокращена при включении в рецептуру более мягких моноглицеридов или же полисорбатов; однако повышенное содержание эмульгаторов обычно приводит к повышению вязкости готовых взбитых сливок. Полисорбаты или твердые mono- и диглицериды используют при изготовлении сливок, для которых требуется сохранение стабильности в цикле замораживание–размораживание. Внесение твердых mono- и диглицеридов, как правило, способствует снижению плотности взбитых сливок и увеличению длительности взбивания.

Опыт показал, что растительные взбитые сливки, показатели консистенции и взбиваемости которых аналогичны натуральным сливкам, должны содержать от 25 до 35% жира. В случае снижения количества жира это следует компенсировать повышением дозировок сахара, стабилизатора и эмульгатора, что позволяет сохранить консистенцию на прежнем уровне. Однако сливки, содержащие менее 25% жира, обычно характеризуются слабой консистенцией, невыраженными органолептическими свойствами, низкой стабильностью. В рецептуры большинства видов сливок входят ЗМЖ с узким интервалом температуры плавления, что выражается в виде

крутого наклона кривой плавления. Используемый для взбитых сливок ЗМЖ должен при температуре взбивания содержать достаточно большое количество твердых ТГГ, обеспечивающее упругость продукта и температуру плавления в интервале 35–39 °С, что приводит к быстрому и полному его таянию в полости рта. Жиры с более высокой температурой плавления позволяют значительно улучшить консистенцию и повысить устойчивость пены, но обладают послевкусием и оставляют в полости рта ощущение салистости и обволакивания. Как правило, для взбитых сливок выбирают ЗМЖ из числа представленных в табл. 8.1 и имеющих температуру плавления 35–39 °С. Недостатками данных жировых продуктов с точки зрения пищевой ценности являются высокое содержание *транс*-изомеров жирных кислот в гидрогенизованных маслах и насыщенных жирных кислот в лауриновых жирах.

8.4. ЗМЖ для аналогов сыра

Растительно-молочные аналоги сыра¹ заменили натуральный сыр в различных блюдах, главным образом из экономических соображений и в целях улучшения технологических свойств некоторых блюд. Натуральный сыр состоит в основном из жира (около 24%), белка (около 20%), воды (около 46%), небольшого количества минеральных веществ и углеводов, распад которых обусловливает развитие характерного вкуса и аромата продукта и его текстуры. Изготовление немолочного заменителя сыра подразумевает использование жира, отличного от молочного, белка, отличного от молочных белков, и включение в рецептуру комплекса вкусоароматических добавок, которые как можно более точно воспроизводят натуральный сыр. Аналог или заменитель сыра должен по возможности точно имитировать внешний вид и функциональные свойства натурального сыра.

Функциональные характеристики, такие как твердость, легкость нарезания, способность к плавлению, крошлисть и т. д., регулируются на стадии составления рецептурных смесей и посредством изменения режимов технологической обработки, поэтому однажды достигнутый результат может быть точно воспроизведен. В качестве основных направлений использования аналогов и заменителей сыра предложены изготовление пиццы, салатов, замороженных закусок, бутербродов, замороженных продуктов, возбуждающих аппетит, подлив, паст, соусов и сухих закусок.

Замена молочного жира на альтернативный – первый важный шаг к воспроизведению свойств натурального сыра. Для изготовления заменителей сыра требуется жир с температурой плавления, близкой к температуре тела, относительно крутой кривой плавления, хорошей устойчивостью к окислению и мягким вкусом. Оптимальное содержание в жире твердых компонентов обеспечивает как приятные ощущения в полости рта, так и твердое состояние жиров при температурах, реко-

¹ В соответствии с действующим в настоящее время ГОСТом Р 52176–2003 «Продукты маслоделия и сыроделия. Термины и определения» пищевой продукт, изготовленный по технологии сыра с использованием немолочного жира, следует называть сырный продукт. – Примеч. ред.

мендуемых для нарезания и натирания на терке, но при этом позволяет продукту плавиться при повышенных температурах без отделения жира. Также очень важен жирнокислотный состав заменителя молочного жира. Низкомолекулярные жирные кислоты лауриновых масел могут влиять на формирование вкуса в некоторых видах сыров и подвергаться гидролизу в других видах, с высоким содержанием влаги, в результате чего появляется мыльный привкус.

Для некоторых растительно-молочных продуктов необходимо некоторое отличие свойств применяемого жира от молочного, но для заменителя сыра применение ЗМЖ со свойствами, близкими к молочному жиру, представляет особую значимость. Селективно гидрогенизованные масла, такие как представленное в табл. 8.1 соевое масло со значением йодного числа, равным 74, проявили себя как более чем подходящие для заменителей сыра. Такие жиры имеют сравнительно крутые наклоны кривых плавления и температуры плавления, близкие к молочному жиру, но не содержат лауриновой кислоты, обладают высокой устойчивостью к окислению, что подтверждается низким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, и имеют мягкий вкус. К сожалению, эти продукты имеют высокое содержание *транс*-изомеров жирных кислот, что может вызвать необходимость корректировки рецептуры ЗМЖ и замены выбранного жира на смеси переэтерифицированных или фракционированных масел.

8.5. ЗМЖ для замороженных десертов или мороженого (меллорина)

Замороженный десерт, или аналог мороженого¹, был, скорее всего, первым после маргарина аналогом молочного продукта. Название «меллорин» (*mellorine*) было принято несколькими штатами в качестве обозначения группы замороженных десертов, изготовленных с использованием заменителей молочного жира. В отличие от маргарина, производство меллорина относилось к молочной промышленности, поскольку оно осуществлялось на предприятиях-изготовителях мороженого, а сам продукт предлагался как новая позиция, расширяющая ассортимент молочных продуктов. Меллорин представляет собой растительно-молочный продукт, поскольку при его производстве используют жиры растительного происхождения, но при этом продукт содержит сухие вещества молока, вносимые с обезжиренным молоком. Мороженое с немолочными жирами изготавливают по той же технологии, что и традиционное мороженое, на рынке присутствуют два основных его вида: мягкое

¹ В соответствии с действующим в настоящее время ГОСТом Р 51917–2002 «Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения» мороженое с частичной заменой молочного жира на кокосовое масло следует называть молочно-растительным или сливочно-растительным (в зависимости от массовой доли жира в продукте) при замене молочного жира менее чем на 50% и растительно-молочным или растительно-сливочным при замене молочного жира от 50 до 90%. Для мороженого, содержащего только жиры растительного происхождения, принято название «мороженое с растительным жиром». – Примеч. ред.

и закаленное. Мягкое мороженое стало доступно американскому потребителю, когда его стали продавать в специально оборудованных павильонах, где мягкий меллорин фасовали непосредственно из фризеров периодического действия. Готовые смеси замораживают во фризере и в присутствии покупателя фасуют в рожки, смешивают с фруктами, используют для молочных коктейлей и т. д. Закаленный меллорин фасуют в традиционную крупную тару, формируют в виде брикетов или батончиков в глазури, стаканчиков и др., после чего быстро замораживают для дальнейшей реализации через магазины розничной сети, оснащенные морозильным оборудованием.

На качество мороженого основное влияние оказывают два фактора — содержание жира и взбитость. Содержание жира в закаленном меллорине может быть от 4 до 16% и более. В целом, чем выше жирность, тем выше качество продукта, причем обычно закаленный меллорин оценивают как продукт хорошего качества при содержании жира не менее 10%. Зачастую предпочтительным является закаленный меллорин с пониженной взбитостью. Требования к мягкому меллорину отличаются: он считается качественным продуктом при содержании жира от 6 до 8% и высокой взбитости.

Взбивание и другие технологические процессы (пастеризация, гомогенизация, замораживание и т. д.) при производстве замороженных десертов осуществляют также, как при изготовлении мороженого. В качестве белковых ингредиентов используют сухое или сгущенное обезжиренное молоко, в качестве заменителя молочного жира — гидрогенизированное растительное масло или животный жир. При использовании жидких растительных масел невозможно получение приемлемой текстуры, поэтому для изготовления замороженных десертов применяют модифицированные жиры. Для предупреждения крупнитчатой структуры мягкого меллорина были разработаны технологии изготовления жиров с температурой плавления, близкой к температуре тела, и крутым наклоном кривой плавления. Проблема крупнитчатой структуры возникает при образовании комочеков жира, которые ощущаются в полости рта при употреблении продукта в пищу. Это происходит вследствие отделения жировой фазы в виде гранул, которые сложно или невозможно заново эмульгировать для получения однородной текстуры. Признаком разделения смеси является также оседание жира на внутренней поверхности фризера. Селективно гидрогенизированное соевое масло с температурой плавления 35,0 °С, свойства которого указаны в табл. 8.1, хорошо зарекомендовало себя для мягких молочных десертов. Его можно также вводить в рецептуры закаленных продуктов, но в этом случае более предпочтительно использование немного более твердого селективно гидрогенизированного соевого масла с температурой плавления 41,1 °С. Для закаленных замороженных десертов показатели таяния, ощущение во рту, сухость, текстура могут быть улучшены путем использования жиров с высоким содержанием твердой фазы и повышенной температурой плавления, однако эти же свойства жиров неприемлемы для мягких десертов, так как вызывают образование крупнитчатой структуры.

На стабильность смеси для меллорина и появление комочеков жира могут влиять как используемые эмульгаторы, так и состав ЗМЖ. В рецептурах меллорина и мороженого используют твердые моно- и диглицериды и (или) полисорбаты.

Твердые моно- и диглицериды (Е471) помогают создать структуру с мелкими воздушными пузырьками и повышенной взбитостью. Полисорбат 80 (Е433) или полиглицерин 8-1-0 (Е475) обеспечивают оптимальную сухость, гладкую текстуру продукта, а также высокую устойчивость пены, что необходимо для фасованного продукта.

8.6. ЗМЖ для сметаны и основ соусов

Заменители сметаны¹ широко применяют при изготовлении соусов, дрессингов для салатов, подлив для картофеля, в качестве улучшителей вкуса соусов, в холодных супах и многих других блюдах. Этот вид заменителей молочных продуктов может иметь пониженную жирность, он более устойчив к отделению сыворотки, его сроки хранения более длительны, стоимость, как правило, ниже, чем натурального молочного продукта. Большинство производителей применяют процесс прямого подкисления с использованием пищевых органических кислот вместо традиционного сквашивания путем внесения бактериальной культуры в пастеризованный продукт. В большинстве случаев в рецептуры заменителей сметаны входят 14–18% жира, сухое обезжиренное молоко или казеинат натрия, стабилизаторы, сахара, эмульгаторы, вкусоароматические добавки и кислотный агент. Процесс производства включает в себя смешивание компонентов, пастеризацию и гомогенизацию продукта перед фасовкой. При фасовке заменители сметаны имеют жидкую консистенцию. Для их созревания необходима выдержка в охлажденном состоянии в течение 10–12 ч. В это время происходит кристаллизация жировой фазы, тогда как белки и стабилизаторы образуют плотную структуру, обеспечивающую требуемую консистенцию продукта.

При изготовлении заменителей сметаны и основ соусов можно использовать многочисленные варианты сочетаний жиров. Первоначально в целях обеспечения быстрого плавления жира в полости рта при употреблении заменителей сметаны. В качестве ЗМЖ было выбрано кокосовое масло — рафинированное, дезодорированное и отбеленное (РДО) с температурой плавления 24,4 °С или отверженное с температурой плавления 33,3 °С. Свойства плавления этого тропического масла обусловлены высоким содержанием лауриновой кислоты. Селективно гидрогенизированное хлопковое или соевое масло с температурой плавления 35 °С в сочетании с крутым наклоном кривой плавления обеспечивают появление приятных ощущений во рту и стабильность готового продукта, при этом исключается вероятность развития мыльного привкуса, вызванного гидролизом. Смеси гидрогенизованных в особых условиях или гидрогенизованных и фракционированных растительных

¹ В соответствии с действующим в настоящее время ГОСТом Р 51917–2002 «Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения» продукт, изготовленный по технологии сметаны, но с частичной или полной заменой молочного жира на немолочные жиры, следует называть «сметанный молокосодержащий продукт». — Примеч. ред.

масел, производимых в США, могут обеспечить более стабильную консистенцию по сравнению с селективно гидрогенизованным соевым маслом и обеспечивать хорошие органолептические свойства при употреблении, несмотря на несколько более высокую температуру плавления.

8.7. ЗМЖ для аналогов питьевого молока

Аналоги питьевого молока¹ могут быть изготовлены либо как рекомбинированные продукты, либо как заменители молока². Процесс производства аналогов молока по технологии рекомбинированных продуктов относительно несложен. В качестве сырья вместо цельного молока используют обезжиренное молоко или пахту и немолочный жир, которые подвергают гомогенизации в целях образования эмульсии. Рекомбинированный аналог молока содержит около 3,5% жира. Для обеспечения эмульгирования в используемый жир требуется внести примерно 3% моноглицерида (от количества жира). Полученный жировой компонент должен иметь температуру плавления ниже температуры человеческого тела во избежание появления салистого (обволакивающего) ощущения в ротовой полости [2]. Из жиров, описанных в табл. 8.1, три вида подходят для использования в качестве ЗМЖ для аналогов питьевого молока: кокосовое масло с температурой плавления 24,4 °С, селективно гидрогенизированное соевое масло с температурой плавления 35 °С и непрозрачный жидкий шортенинг, характеристики которых указаны в табл. 8.3. Жидкий шортенинг, содержащий саломасы с незначительной и высоко селективной гидрогенизацией, характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) по отношению к насыщенным (НЖК) по сравнению с другими масложировыми продуктами; однако он характеризуется более высоким содержанием *транс*-изомеров жирных кислот, чем молочный жир и кокосовое масло. Жидкий шортенинг, не содержащий *транс*-изомеров, может быть изготовлен из натуральных масел или масел из ГМИ, используемых вместо гидрогенизированного масла.

Заменители жидкого молока не должны содержать каких-либо компонентов молока, за исключением казеина и сывороточных белков, но их пищевая ценность должна быть такой же, как натурального молока. В большинстве заменителей вместо сухих веществ натурального молока используют казеинат натрия и сыворотку [3], в качестве ЗМЖ используют те же жиры, что и в рекомбинированных аналогах питьевого молока.

¹ В соответствии с действующим в настоящее время ГОСТом Р 51917–2002 «Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения» продукт, по свойствам аналогичный молоку, но содержащий немолочные жиры, следует называть молочно-растительным при замене молочного жира менее чем на 50% и растительно-молочным при замене молочного жира от 50 до 90%. — Примеч. ред.

² В настоящее время заменителем молочного продукта принято называть пищевой продукт, используемый в тех же целях, что и молочный продукт, но изготавливаемый в основном или полностью из немолочных ингредиентов. — Примеч. ред.

Таблица 8.3. Характеристики пищевой ценности ЗМЖ для аналогов питьевого молока

Вид жира	Соотношение ПНЖК/НЖК	Содержание <i>транс</i> -изомеров, %	Содержание насыщенных жирных кислот, %
Молочный жир	0,06–1,00	4–8	65,0
Кокосовое масло	0,02–1,00	0	91,2
Селективно гидрогенизированное соевое масло	0,30–1,00	Около 45	19,0
Жидкий жир	2,30–1,00	Около 16	17,1

8.8. ЗМЖ для аналогов сгущенного молока с сахаром

Большие объемы сгущенного молока с сахаром используются в кондитерской промышленности при производстве карамели, начинок конфет, сливочной помадки, нуги, ириса и других изделий. Сгущенное молоко с сахаром изготавливают из пастеризованного гомогенизированного натурального молока, которое сначала выпаривают под вакуумом. Затем в него вносят сахар и проводят дальнейшее сгущение, пока соотношение сухих веществ и воды не составит 3 : 1. Сгущенное молоко с сахаром содержит примерно 8,5% молочного жира, 21,5% сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), 42% сахара и 28% воды. Аналоги сгущенного молока с сахаром¹ могут быть изготовлены путем замены сгущенного цельного молока сгущенным обезжиренным молоком и внесения в него заменителя молочного жира и эмульгатора. Полученную смесь выпаривают под вакуумом при температуре 35,0–43,3 °С, что необходимо для образования вкуса и запаха «вареной сгущенки», т. е. карамелизованного сгущенного молока, который желателен при производстве кондитерских изделий. Из представленных в табл. 8.1 жиров для использования в кондитерских изделиях подходят те, которые имеют температуру плавления от 35 до 39 °С. Важными характеристиками ЗМЖ в данном случае являются достаточно четко выраженная температура плавления, нейтральный или слабый вкус и аромат, высокая устойчивость к окислению, что предотвращает появление постороннего привкуса в процессе обработки молока, производства и хранения кондитерских изделий.

Производство заменителей сгущенного молока с сахаром требует сочетания большого количества ингредиентов, заменяющих сухие вещества молока, в том

¹ В соответствии с действующим в настоящее время ГОСТом Р 51917–2002 «Продукты молочные и молокосодержащие. Термины и определения» продукт, по свойствам аналогичный сгущенному молоку с сахаром, но содержащий немолочные жиры, следует называть сгущенным молокосодержащим продуктом. — Примеч. ред.

числе белки, лактозу и минеральные вещества. При составлении рецептур заменителей сгущенного молока с сахаром используют казеинаты, сыворотку и другие источники белка, а также крахмалы. В качестве ЗМЖ, как правило, используют те же жиры, которые используются при изготовлении рекомбинированных аналогов сгущенного молока с сахаром.

Литература

1. *Guidelines to the Formulation of Whipped Toppings / Anon.* – Wilmington, DE: Product Information Bulletin, Atlas Chemical Industries, Inc., 1968. – P. 1–5.
2. Weiss, T. J. Imitation dairy products // *Food Oils and Their Uses* – 2nd ed. – Westport, CN: AVI Publishing, 1983. – P. 295.
3. Henderson, J. L. Special milk products including imitations // *The Fluid-Milk Industry* – Westport, CN: AVI Publishing, 1971. – P. 455.

Глава 9

Шортенинги для домашней кулинарии

9.1. Введение

Шортенинги для домашней кулинарии не имеют особенностей в зависимости от конкретных областей применения, как это имеет место в масложировой продукции для общественного питания и пищевой промышленности. Шортенинги для домашней кулинарии, производимые в США, остаются действительно многофункциональными продуктами. Эти жиры разрабатываются для применения при термообработке, выпекании, обжарке во фритюре, изготовлении кондитерских изделий и в любых других кулинарных целях. В продаже имеются два основных вида шортенингов для домашней кулинарии, различающиеся по составу: жиры растительного происхождения или смеси жиров растительного и животного происхождения.

9.2. Развитие технологии жиров для домашней кулинарии

В США традиционные способы приготовления основных блюд и выпечки основывались на использовании пластичных жиров. Первые иммигранты были в основном выходцами из Северной Европы, которые привыкли употреблять в пищу твердые жиры животного происхождения. По этой причине они предпочитали твердые жиры, а не жидкое масло, использовавшиеся преимущественно в Южной Европе и Азии [1]. Потребители склонны следовать сложившимся привычкам; поэтому неудивительно, что 100 лет назад наиболее распространенным кулинарным жиром в США был лярд (топленый свиной жир). Он обладает уникальными характеристиками по сравнению с другими доступными жирами: имеет пластичную твердую консистенцию при комнатной температуре, что обуславливает потенциальную способность

к взбиванию, которая отсутствует у других, более мягких или более твердых, жиров. Кроме того, лярд имеет белый цвет и мягкий вкус, поэтому более предпочтителен для потребителя, чем большинство доступных в то время альтернативных жиров.

Шортенинг растительного происхождения, обладающий всеми свойствами пластичного животного жира, был американским изобретением. Его создали в хлопокоперерабатывающей отрасли, в дальнейшем технология была усовершенствована в целях использования соевого масла в качестве сырья. До внедрения растительных масел в качестве заменителей лярда в домашней кулинарии должны были произойти значительные изменения в технологии переработки жиров и масел. Цвет, вкус и запах, текстура и функциональные свойства заменителей лярда должны были как можно более точно воспроизводить свойства прототипа. На первом этапе было необходимо добиться глубокого отбеливания и невыраженного или нейтрального вкуса и запаха хлопкового масла, которое можно было бы смешивать с лярдом. Изначально жидкие растительные масла превращали в твердые или пластичные жиры путем смешивания их с более твердым жиром в целях придания конечному продукту требуемой консистенции. Эти смеси, которые обычно содержали некоторое количество лярда, обычно имели твердую консистенцию, тусклый, сухой вид поверхности и характерный запах и вкус. Процесс дезодорации, который был внедрен примерно в 1890 г. и позднее усовершенствован Вессоном, обеспечивал возможность производства комбинированных жиров, свободных от сильного неприятного запаха хлопкового масла [2]. Затем, используя патент Великобритании на процесс гидрогенизации, компания *Procter & Gamble* в начале Первой мировой войны разработала первый шортенинг растительного происхождения для домашней кулинарии, содержащий хлопковое масло. Этот жир был назван Криско от английского сокращения *Crisco — Crystallized Cotton Oil* (кристаллизованное хлопковое масло) [3].

В 1933 г. *Procter & Gamble* осуществили еще одно важное усовершенствование шортенингов: ввели в их состав моно- и диглицериды, которые значительно улучшили функциональные свойства шортенингов для выпечки. Это изменение было предназначено в некоторой степени и для кулинарных жиров в связи с требуемой от них многофункциональностью. Дозировка α -моноглицерида должна быть достаточна низкой, чтобы избежать повышения температуры дымообразования при жарке, но в то же время достаточно высокой для улучшения функциональных свойств при выпечке. Полностью гидрогенизованный шортенинг для домашней кулинарии представлял собой продукт белого цвета с кремовым оттенком, слабо выраженным запахом и вкусом, гладкой текстурой, пластичной консистенцией и длительным сроком хранения.

Прогресс в области переработки пищевых масел привел к появлению четких различий в качестве и функциональных свойствах шортенингов для домашней кулинарии, изготовленных полностью из растительных жиров и содержащих жиры животного происхождения, причем свои достоинства есть и у тех, и у других. Технологии достигли того уровня, когда потребителю сложно и зачастую невозможно отличить один вид жира от другого. При разработке рецептур шортенингов обоих типов должны обеспечиваться гладкая консистенция, сливочный вкус, белый цвет продукта и функциональные свойства, позволяющие успешно его использовать для

любых кулинарных целей. В 60-х гг. прошлого столетия маркетинговые исследования показали, что комбинированные шортенинги, представляющие собой сочетание животных и растительных жиров, покупали в основном для жарки, тогда как полностью растительные шортенинги чаще покупали для приготовления выпеченных изделий. Эти исследования позволили производителям жиров и масел уменьшить содержание эмульгаторов в комбинированных шортенингах для домашней кулинарии в целях улучшения стабильности при жарке и повышения температуры дымообразования.

Проявившаяся с 1960-х гг. обеспокоенность проблемами гигиены питания способствовала дальнейшему совершенствованию рецептур кулинарных шортенингов. Сначала рецептуры растительных шортенингов изменяли в целях увеличения содержания незаменимых жирных кислот — линоленовой $C_{18,3}$ и линоловой $C_{18,2}$. До этого времени шортенинги для домашней кулинарии изготавливали из гидрогенизованных масел, в которых содержание полиненасыщенных кислот было понижено до 5–12% для улучшения функциональных свойств и повышения окислительной стабильности жира. Впоследствии, в связи с полученными результатами исследований пищевой ценности, доказавшими полезность повышенного потребления незаменимых жирных кислот, состав многих растительных шортенингов для домашней кулинарии был изменен таким образом, чтобы содержание полиненасыщенных жирных кислот в них составляло от 10 до 30% [4].

Поскольку риск инфаркта возрастает при повышении содержания сывороточного холестерина, которое зависит от рациона питания, ряд организаций здравоохранения в 1985 г. рекомендовали изменить рацион питания. Изменения заключались в уменьшении потребления жиров в целом и насыщенных жиров и холестерина в частности [4]. В результате изменившегося подхода производство шортенингов для домашней кулинарии, содержащих животные жиры, существенно снизилось, поскольку холестерин содержится только в животных жирах. Забота о здоровом питании, возможно, внесла свой вклад в снижение общих объемов продаж кулинарных шортенингов, поскольку покупатели воспринимали все твердые или пластичные жиры как насыщенные.

В 1990 г. датские исследователи определили, что при высоком содержании в рационе питания *транс*-изомеров жирных кислот в человеческом организме увеличивалось общее количество холестерина и холестерина, связанного с липопротеинами низкой плотности (ЛНП), и снижалось содержание холестерина, связанного с липопротеинами высокой плотности (ЛВП), по сравнению с рационом питания, богатым олеиновой кислотой. Проведенные в последние годы клинические исследования показали взаимосвязь между содержанием в рационах питания *транс*-изомеров жирных кислот и повышенным содержанием общего холестерина и ЛНП-холестерина при неизменном или пониженном содержании ЛВП-холестерина [5]. Выяснилось, что стеариновая кислота не оказывает воздействия на повышение количества ЛНП-холестерина, но при этом уменьшает содержание ЛВП-холестерина. По этой причине нежелательно замещение *транс*-изомеров жирных кислот насыщенными лауриновой, миристиновой и пальмитиновой кислотами, способствующими значительному повышению общего содержания холестерина в крови человека [4].

Сокращение потребления шортенингов для домашней кулинарии может быть обусловлено и другими причинами, например, увеличением производства полуфабрикатов и более частым потреблением пищи вне дома. Готовые смеси, замороженные продукты, продукты для микроволновой печи, продукты из предприятий фаст-фуда и доставляемые на дом существенно сократили объем приготовления пищи в домашних условиях, для которого требуется этот вид шортенингов.

9.3. Требования к шортенингам для домашней кулинарии

Требования к шортенингам для домашней кулинарии несколько отличаются от требований к шортенингам для общественного питания и промышленного применения. Желательные свойства шортенингов, реализуемых через магазины розничных сетей и предназначенных для потребителей с самыми разнообразными предпочтениями в еде и способах ее приготовления, намного сложнее выявить, чем четко выраженные требования к масложировым продуктам, использующимся в промышленности.

К свойствам идеального шортенинга для домашней кулинарии следует отнести следующие:

- **Внешний вид.** Этот показатель крайне важен с психологической точки зрения, поскольку именно по нему определяют качество продукта. Белый цвет и глянцевый блеск шортенинга предполагают кремовую, гладкую текстуру продукта. Степень заполнения контейнера также влияет на восприятие внешнего вида жировых продуктов. Многие производители жиров и масел устанавливают требования к площади соприкосновения жира с крышкой консервной банки и наличию на поверхности жира концентрических окружностей.
- **Вкус и аромат.** Шортенинг для домашней кулинарии должен иметь нейтральный вкус и аромат и усиливать собственные качества продукта, при изготовлении которого он используется, за исключением случаев намеренного придания шортенингу определенных вкусоароматических свойств. Нейтральный вкус должен сохраняться на протяжении всего периода хранения жира, включая транспортировку, хранение в магазинах розничной сети и промежуток времени от совершения покупки до ее использования.
- **Консистенция и текстура.** Шортенинг должен иметь пластичную, гладкую, кремообразную консистенцию и текстуру, позволяющую легко дозировать продукт и смешивать его с другими ингредиентами. Однородный, пластичный шортенинг легче дозировать, он более равномерно распределяется во взбитом или пластичном тесте, чем твердые жиры.
- **Широкий интервал пластичности.** Исходная консистенция жира должна сохраняться в широком интервале температур. Изменения температуры и продолжительности домашнего хранения и различия в температурах изготовления тех или иных продуктов не должны влиять на структуру и консистенцию шортенинга.

- **Взбиваемость.** Жиры для домашней кулинарии должны быстро аэрироваться и удерживать захваченный воздух на протяжении всего цикла взбивания и выпекания. Взбиваемость важна при изготовлении тортов, кексов, печенья, мороженого, начинок, кремов, топпингов и других взбитых продуктов.
- **Влагоудерживающая способность.** Шортенинги, предназначенные для домашнего использования, должны обеспечивать улучшенные влажность и органолептические показатели готового продукта. Влагоудерживающая способность непосредственно связана со способностью готового продукта оставаться свежим длительное время.
- **Температура дымообразования.** Кулинарные шортенинги должны иметь достаточно высокую температуру дымообразования, чтобы при повторной жарке на сковороде или во фритюрнице жир не приобретал неприятного запаха и не дымил.
- **Стабильность.** Основное внимание уделяется трем проявлениям стабильности:
 - **стабильность в упакованном виде** — вкус и аромат шортенинга должны оставаться свежими и нейтральными на всем протяжении срока хранения продукта при комнатной температуре;
 - **стабильность при жарке** — вкус жира во время процесса жарки должен сохранять исходную чистоту, не допускается его разложение, которое проявляется в образовании дыма и появлении неприятного вкуса и запаха;
 - **стабильность при выпекании** — в процессе выпечки должно сохраняться исходное качество шортенинга, не допускается его разложение, которое проявляется в виде посторонних привкусов в готовой выпечке.
- **Однородность.** Каждая новая приобретенная покупателем упаковка шортенинга по своим свойствам должна в точности совпадать с предыдущей. Однородность функциональных свойств продукта позволяет получить ожидаемый результат при выпекании, обжаривании и других способах приготовления домашних блюд, независимо от даты приобретения упаковки шортенинга.
- **Пищевая ценность.** Состав шортенингов для домашней кулинарии должен соответствовать последним научным достижениям, что позволяет производить наиболее полезный для здоровья продукт с постоянным качеством и функциональными свойствами.

9.4. Состав шортенингов для домашней кулинарии

Шортенинги для домашней кулинарии следует разрабатывать с учетом многоцелевого назначения. Они должны взбиваться, быть пластичными в широком интервале температур, устойчивыми при нагревании, обладать стабильностью при жарке, подходить для изготовления выпеченных изделий, обладать окислительной стабильностью, способностью удерживать влагу, иметь светлый цвет, нейтральный вкус, высокую температуру дымообразования и другие свойства, важные для успешного продвижения продукта на рынке. Универсальные шортенинги изготавливают путем смешивания частично гидрогенизированного саломаса или смеси саломасов

с низкойодным твердым жиром. В рецептурах шортенингов для домашней кулинарии возможно использование тех же твердых жиров с β' -кристаллической структурой, которые применяются в производстве хлебопекарных шортенингов с широким интервалом пластиичности. Комбинированные растительно-животные кулинарные шортенинги обычно содержат твердые животные жиры, тогда как шортенинги растительного происхождения обычно стабилизируют путем введения рецептуры либо твердого пальмового масла, либо твердых жиров, полученных при гидрогенизации хлопкового масла. Эти твердые жиры, образующие β' -кристаллы, играют роль пластификаторов для улучшения взбиваемости, текстуры и консистенции. В состав большинства видов производимых в США кулинарных шортенингов входит твердое хлопковое масло, поскольку под давлением крупных производителей снижается использование тропических масел, включая пальмовое.

В рецептуры жиров, предназначенных для выпекания торты, вводят умеренное количество эмульгаторов, а именно моно- и диглицеридов. Дозировки α -моноглицеридов устанавливают на достаточно низком уровне, чтобы предотвратить чрезмерное дымообразование в процессе жарки. Температура дымообразования шортенинга связана с содержанием свободного глицерина во вносимых моно- и диглицеридах. Температура дымообразования резко уменьшается, когда количество свободного глицерина достигает 0,12%, после чего остается постоянной на уровне около 93,5 °С. С учетом этого в шортенингах для домашней кулинарии содержание α -моноглицеридов обычно составляет ($2,0 \pm 0,4\%$), что обеспечивает эмульгирующие свойства шортенинга, необходимые для изготовления выпечки, но при этом позволяет сохранить достаточно высокую температуру дымообразования, что немаловажно для процесса жарки. Многие производители жиров и масел в целях уменьшения содержания свободного глицерина и, как следствие, повышения температуры дымообразования вносят моно- и диглицериды в шортенинг, находящийся в поддоне для охлаждения дезодоратора периодического действия [6].

Первые пластичные шортенинги с применением растительного масла изготавливали путем смешивания жидкого хлопкового масла и стеарина животного жира. Эти жиры назывались смешанными шортенингами. Появление процесса гидрогенизации позволило производить шортенинги полностью из растительного сырья. Растительные гидрогенизованные шортенинги для домашней кулинарии могут быть изготовлены из одного вида гидрогенизированного масла, но обычно их производят из смеси двух и более саломасов. До 1961 г. в состав большинства видов кулинарных шортенингов входили саломасы с йодным числом от 80 до 85 и твердый жир, образующий β' -кристаллы. Такие жиры имели хороший внешний вид и высокую стабильность. После 1961 г. производители жиров стали учитывать результаты исследований пищевой ценности жиров, в соответствии с которыми следовало повысить употребление незаменимых жирных кислот — линолевой и линоленовой. В шортенингах содержание полиненасыщенных жирных кислот было увеличено от ($8,5 \pm 3,5\%$) до ($27,5 \pm 5,5\%$). Многие из кулинарных шортенингов с высоким содержанием непредельных жирных кислот содержали соевое масло с йодным числом 100–110 или смеси саломасов из соевого и хлопкового масел в сочетании с твердым жиром из хлопкового масла. Это изменение рецептуры в некоторой степени воз-

вращало технологию изготовления шортенингов к классической технологии смешивания жидких саломасов с твердым жиром или стеарином. Наличие в рецептуре более мягких саломасов было причиной более плоского уклона кривой плавления и обуславливало низкую окислительную стабильность. Это было доказано путем сопоставления результатов определения содержания ТТГ и результатов анализа устойчивости к окислению по МАК кулинарных шортенингов, изготовленных по рецептограммам 1957 и 1980 г. Результаты представлены в табл. 9.1.

Попытки изменить рецептуру в целях снижения количества *транс*-изомеров и насыщенных жирных кислот начались после выявления холестериногенных свойств этих компонентов. Использование процесса переэтерификации представляет собой способ снижения количества *транс*-изомеров жирных кислот при сохранении функциональных свойств. В большинстве случаев рецептуры переэтерифицированных смесей можно составлять таким образом, что общее содержание насыщенных жирных кислот и *транс*-изомеров оказывается меньше, чем в продуктах из тропических или частично гидрогенизованных масел и жиров. Более того, содержание большинства насыщенных жирных кислот, значительно повышающих уровень холестерина в организме человека, может быть ограничено при использовании переэтерифицированных композиций. При этом не возникает необходимости использовать твердые жиры с высоким содержанием пальмитиновой кислоты для формирования β' -кристаллической структуры. Процесс переэтерификации способствует образованию β' -кристаллической формы вследствие увеличения количества различных комбинаций жирных кислот, прикрепленных к глицериновому остатку. Это позволяет использовать для изготовления хлебопекарных шортенингов твердые жиры, имеющие в своем составе преимущественно стеариновую кислоту. Переэтерифицированная смесь, представленная в табл. 9.1, обладает функциональными свойствами кулинарного шортенинга, но содержит меньшее общее количество *транс*-изомеров и насыщенных жирных кислот [7].

Шортенинги из животных жиров изготавливались из переэтерифицированного свиного жира, пока их использование не ограничились в основном применением в качестве фритюрных жиров. Шортенинги, предназначенные для использования при жарке, обычно имеют несколько более твердую консистенцию. Переэтерифицированный свиной жир был заменен смесью говяжьего (бараньего) жира и саломасов, полученных при незначительной и высокоселективной гидрогенизации масла, с твердым жиром животного происхождения. При использовании мягкого саломаса из соевого масла для сохранения термостабильности и пластиичности шортенинга следует увеличить дозировку твердого жира животного происхождения. Для достижения срока хранения не менее 6 мес. в шортенинг на основе животных жиров вносят бутилгидроксианизол (БОА, Е320) и бутилгидрокситулол (БОТ, Е321), повышающие окислительную стабильность продукта. Переэтерифицированный свиной жир продолжают производить для отдельных розничных потребителей, однако его обычно дезодорируют и стабилизируют путем внесения твердой фракции свиного жира и антиоксидантов БОА и БОТ. Основная часть свиного жира используется при изготовлении хрустящих пирогов и национальных блюд.

Таблица 9.1. Характеристики шортенингов для домашней кулинарии, изготовленных по разным рецептурам

Характеристика	Шортенинг			
	по рецептуре 1957 г.	по рецептуре 1980 г.	из переэтерифицированного жира	смесь с переэтерифицированным жиром
Состав, %				
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 80–85	90,0	—	—	—
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 102	—	90,0	—	—
Высокоолейиновое рапсовое масло	—	—	55,0	30,0
Твердый жир из хлопкового масла, $T = 60^{\circ}\text{C}$	10,0	10,0	—	—
Твердый жир из соевого масла, $T = 63^{\circ}\text{C}$	—	—	45,0	—
Переэтерифицированный жир	—	—	—	70,0
Процесс модификации	Гидрогенизация		Переэтерификация	
Физико-химические показатели				
Температура каплепадения по Меттлеру, $^{\circ}\text{C}$	47,8	45,5	50,0	45,6
Содержание ТТГ, %, при:				
10,0 $^{\circ}\text{C}$	29,0	18,0	27,5	20,0
21,1 $^{\circ}\text{C}$	22,0	16,0	20,0	13,0
26,7 $^{\circ}\text{C}$	18,5	15,0	18,2*	11,6*
33,3 $^{\circ}\text{C}$	13,5	12,5	16,0	10,0
40,0 $^{\circ}\text{C}$	8,5	8,0	11,0	8,0
Йодное число, г $\text{J}_2/100\text{ г}$	74,0	93,0	56,0*	68,5*
Индукционный период по МАК, ч	135	35	—	—
Общее количество насыщенных жирных кислот, %, в том числе	24,9*	23,1*	45,0	34,0
стеариновой	13,4*	12,0*	40,2*	30,0*
других	11,5*	11,1*	4,8*	4,0*
Содержание транс-изомеров, %	20,4*	17,1*	2,0	2,0

* Расчетное значение.

Обозначения: ЙЧ – йодное число, г $\text{J}_2/100\text{ г}$; Т – титр, $^{\circ}\text{C}$; ТТГ – твердые триглицериды; МАК – метод активного кислорода.

Шортенинги для домашней кулинарии, имеющие за счет ароматизатора запах сливочного масла и окрашенные в желтый цвет, внедренные в 1950-х гг., имеют ограниченное применение, но до сих пор остаются достаточно востребованным продуктом. Их преимущества скорее психологического плана, чем функционального. Желтый цвет, имитирующий сливочное масло, может сохраняться в некоторых выпеченных продуктах, но в большинстве случаев при выпечке и жарке наличие цвета и запаха является недостатком.

9.5. Пластификация шортенингов для домашней кулинарии

Кроме состава шортенинга, на его функциональные свойства влияют два процесса:

- охлаждение, во время которого начинается процесс кристаллизации;
- темперирование, во время которого развиваются и стабилизируются зародыши кристаллов желательной формы.

Предельные значения температуры продукта на выходе из охладителя определяются при заполнении тары путем определения условий, необходимых для достижения желательной консистенции и пластиичности шортенинга. Как правило, шортенинги для домашней кулинарии обычно быстро охлаждают из расплавленного состояния до температуры 15,6–18,3 $^{\circ}\text{C}$ для продуктов растительного происхождения и до 21,1–23,9 $^{\circ}\text{C}$ для комбинированных. После быстрого охлаждения следует стадия кристаллизации или обработки, заполнение тары и темперирование при температуре 26,7 $^{\circ}\text{C}$, обычно в течение 48 ч.

Во время процесса пластификации, включающего в себя охлаждение и обработку, жир превращается из жидкости в твердый пластичный продукт. На многих предприятиях проводят насыщение шортенинга газом, предпочтительно инертным, например, азотом. Функция этого газа в составе кулинарного жира заключается в придании продукту следующих свойств:

- белый цвет, кремообразная консистенция;
- глянцевая блестящая поверхность;
- улучшение текстуры;
- гомогенность;
- увеличение объема;
- уменьшение массы порции;
- уменьшение калорийности порции;
- снижение содержания насыщенных жиров в порции;
- уменьшение плотности продукта, облегчающее его использование.

В растительные шортенинги обычно при насыщении вводят (13 ± 1)% газа (азота). Некоторые шортенинги на основе животных жиров упаковывают с введением (13 ± 1)% азота, но большинство содержат 18–25% газа и предназначены для предварительного взбивания. Дополнительное количество азота способствует получению более удобной в обработке консистенции и увеличивает объем комбинированных

шортенингов, содержащих твердые животные жиры. Обычно в контейнер, вмещающий 3 фунта (1,36 кг) растительного шортенинга с содержанием азота ($13 \pm 1\%$), упаковывают 2 фунта 10 унций (1,19 кг) предварительно взбитого шортенинга на основе животных жиров.

9.6. Упаковка шортенингов для домашней кулинарии

Требования потребителей к упаковке продукта должны рассматриваться с особым вниманием. Выбор упаковки влияет на качество продукта, его привлекательность в магазине и его конечную стоимость. Цена упаковки — вторая по значимости статья себестоимости после стоимости сырья [8]. Защитные свойства упаковочного материала непосредственно влияют на срок хранения продукта и удовлетворение запросов потребителей, а дизайн упаковки и рисунок на ней должны быть привлекательными для посетителей продовольственных магазинов.

Металлическая консервная банка вместимостью 3 фунта (1,36 кг), имеющая размеры 13,0 см в диаметре и 14,6 см в высоту, открываемая ключом, с язычком и прикрепленной крышкой была в США стандартной тарой для кулинарных шортенингов в течение многих лет. Такую консервную банку аккуратно заполняли жиром таким образом, чтобы его поверхность была гладкой, с глянцевым блеском и завитушкой посередине, лишь слегка касающейся центра крышки. Соприкосновение жира с крышкой площадью с десятицентовую монету рассматривалось как серьезный дефект. Банки заполняли жиром и позволяли ему затвердеть во время пребывания на медленно движущемся конвейере, после чего крышки запаивали и на банки приклеивали этикетки для придания упакованному продукту желательного внешнего вида.

Такая стандартная банка претерпела ряд изменений, которые производились в целях снижения стоимости конечного продукта. Сначала отказались от дорогих язычков и ключей для открывания. Их заменили пластиковыми крышками, чтобы потребители могли повторно закрыть банку после удаления жестяной крышки стандартным консервным ножом. Затем оловянный корпус банки был заменен либо на композитный текстолитовый, либо на пластиковый. Донышко и крышка композитной банки и крышка пластиковой банки оставались изготовленными из олова, и покупателю приходилось открывать банку консервным ножом. В настоящее время вместо металла используют снимающуюся пленку и пластиковую крышку, что позволяет вновь закрывать банку после каждого использования. Такой способ открывания банок устранил основную причину недовольства потребителей при использовании металлических и комбинированных банок, а именно невозможность открыть их электрическим консервным ножом. Мягкая крышка обладает двумя дополнительными преимуществами: исключается образование острых краев и снижается конечная стоимость продукта. Несмотря на все эти инновации, контейнер для кулинарного шортенинга сохранил традиционный вид трехфунтовой банки.

Шортенинги для домашней кулинарии упаковывались также и в другую тару, включая стеклянные банки, целлофановые пакеты, картонные коробки, проложенные пергаментом, металлические и пластиковые ведерки или контейнеры. Большинство этих видов тары, кроме стеклянных банок, до сих пор используются для упаковки кулинарных шортенингов, по крайней мере, для региональных поставок. Одним из последних изобретений был жир в виде бруска. Упаковка этого продукта изменилась от обернутого в пергамент бруска маргарина массой 125 г до обернутого в пергамент бруска, упакованного в контейнер из фольги. Использование оборудования для формования и упаковки брусков маргарина привело к необходимости изменить состав продукта таким образом, чтобы шортенинг с широким интервалом пластичности превратился в твердый продукт, не соответствующий сложившемуся представлению о шортенинге для домашней кулинарии. Помещение обернутого в пергамент бруска в контейнер из фольги позволило вернуться к производству шортенинга с широким интервалом пластичности. Следствием такого нововведения было расширение круга потребителей, включающего в настоящее время больше людей, работающих полный рабочий день, холостяков и людей с небольшим домашним хозяйством, несмотря на общее снижение потребление шортенингов для домашней кулинарии.

Литература

- Black, H. C. Edible cottonseed oil products // *Cottonseed and Cottonseed Products* / Bailey, A. E., ed. — New York: Interscience, 1948. — P. 737.
- Wrenn, L. B. Pioneer oil chemists: Albright, Wesson // *INFORM*, 1995, 6, 98.
- Wrenn, L. B. Eli Whitney and his revolutionary gin // *INFORM*, 1993, 4, 12–15.
- Institute of Shortening and Edible Oils, Inc. // *Food Fats and Oils* — 8th ed. — Washington, D.C.: ISEO, 1999. — P. 6–7, 11–13, 22.
- Wainwright, B. Specialty fats and oils // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Fair, W. E., Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 506–512.
- Gupta, M. Manufacturing process for emulsifiers // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* // Hui, Y. H., ed. — Vol. 4. — 5th ed. — New York: Wiley-Interscience, 1996. — P. 594–595.
- Lambert, D. Processes and products of interesterification // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Farr, W. E., Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — AOCS Press, Champaign, IL, 2000. — P. 222–226.
- Leo, D. A. Packaging of fats and oils // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Applewhite, T. H., ed. — Vol. 3. — 4th ed. — New York: Wiley-Interscience, 1985. — P. 311.

Глава 10

Маргарин

10.1. Введение

Маргарин представляет собой пищевой продукт с вкусоароматическими добавками, на 80% состоящий из жиров. Его изготавливают путем смешивания ряда жиров, масел и других ингредиентов и обогащают витамином А. Маргарин может вырабатываться как масложировой продукт столового, кулинарного или хлебопекарного назначения, сходный со сливочным маслом по целям использования, но отличающийся от него по составу и возможности его изменения в зависимости от назначения [1]. Маргарин был разработан как первый заменитель масла, выгодный экономически и позволяющий решить проблемы дефицита пищевых продуктов. Высокую популярность он приобрел благодаря тому, что может иметь разные функциональные свойства в зависимости от назначения. Сегодня в мире производится более 10 различных видов маргарина, включая столовый, взбитый, мягкий, жидкий, диетический, спред, маргарин, не содержащий *транс*-изомеры жирных кислот, не содержащий жиры, предназначенный для общественного питания, для выпечки и специального назначения. Все эти виды маргарина могут быть упакованы различным образом, с использованием разнообразных упаковочных материалов.

Для изготовления маргарина используют множество жиров и масел, например, соевое, хлопковое, пальмовое, кукурузное, рапсовое, сафлоровое, подсолнечное масла, а также лярд и другие животные жиры. Маргарин удовлетворяет запросы самых разных потребителей: предприятий пищевой промышленности, общественного питания и розничной продажи.

10.2. История маргарина

В 1869 г. император Франции Луи Наполеон III назначил награду за разработку недорогого заменителя сливочного масла. Запасы молока в Западной Европе были невелики, поэтому объем производимого масла был гораздо ниже требуемого. Во времена

«промышленной революции» большое количество работников уходило с ферм на фабрики, что привело к значительному повышению спроса на масло, удовлетворить который производители молока были не в состоянии. Это вызвало рост цен на сливочное масло. Особенно сложная ситуация сложилась во Франции, которая переживала общий упадок производства в преддверии близящейся войны с Пруссией [1]. Ученые уже несколько лет пытались разработать продукт, подобный сливочному маслу, однако победил французский химик, предложивший рецепт в том же 1869 г. Ипполит Меж-Мурье получил на свое изобретение патент № 86480, в котором назвал разработанный продукт «олеомаргарином» — от сочетания греческого слова *«margaros»* (перламутр), поскольку при кристаллизации продукт приобретал перламутровый блеск, и названия источника жиров — олеинового масла, полученного из говяжьего жира [2].

Говяжий жир, использовавшийся тогда в производстве маргарина, вытапливали при низкой температуре, выделявшуюся фракцию жидкого жира собирали на специальных поддонах и затем оставляли до затвердевания. Полученный жировой продукт заворачивали в фильтрующий материал и подвергали холодному прессованию. Отделившееся при прессовании вещество, названное олеиновым маслом, использовали в качестве жировой основы при изготовлении маргарина. Его смешивали с молоком и солью, полученную смесь охлаждали и сбивали до затвердевания эмульсии. Излишки воды испарялись, маргарин обрабатывали для получения пластичной массы, после чего расфасовывали в бочонки для транспортировки и продажи [3]. По современным меркам, этот первый маргарин был примитивен, но по пищевой ценности он не уступал маслу и при этом был вдвое дешевле. Для того времени это было выдающимся достижением, и в течение следующего десятилетия маргарин получил распространение во всей Европе. В США первый маргарин был изготовлен в 1874 г., в качестве жировой основы служило то же олеиновое масло [4].

Производство маргарина в США сначала было экономически нецелесообразно в связи с недостаточно отработанным способом рафинирования. Однако вскоре рафинирование было усовершенствовано, продажи маргарина стали расти, а его производство привлекло внимание политиков. В интересах молочных хозяйств Конгресс в 1886 г. утвердил ряд «антимаргариновых» законов, которые действовали в течение 64 лет. «Закон об олеомаргарине» 1886 г. вместе с последующими поправками 1902 и 1930 гг. устанавливал налоги сначала на белый, а позже и на желтый маргарин. Закон также требовал называть новый продукт только термином «олеомаргарин» (*oleomargarine*). Вопреки такому ограничивающему законодательству, утвержденному как в Конгрессе США, так и в отдельных штатах, происходило медленное, но неуклонное внедрение маргарина на предприятиях страны, постоянная работа по улучшению его состава и экономические условия вскоре сделали его привлекательной альтернативой сливочному маслу.

В настоящее время изредка встречается употребление приставки «олео», хотя это уже неактуально — сейчас олеиновое масло используется в производстве маргарина очень редко. Однако длительное время именно этот вид жира служил жировой основой маргарина, до тех пор, пока население мира не увеличилось настолько,

что животные жиры перестали удовлетворять потребности производителей маргарина. Возможность выращивать огромное количество крупного рогатого скота на территории Великих равнин позволила США оставаться главным мировым поставщиком олеинового масла до открытия процесса гидрогенизации. Благодаря этому процессу, а также совершенствованию процесса рафинации растительных масел и использованию отгонки с паром для дезодорации стало возможным преобразование жидких масел в твердые жиры, пригодные для производства маргарина. Открытие гидрогенизации значительно расширило перечень исходного жирового сырья для маргарина, что позволило улучшить его текстуру и пластичность и сделать продукт более привлекательным для потребителей.

На протяжении 1920-х гг. качество маргарина заметно улучшилось. Гидрогенизованные растительные масла получили широкое распространение, но сначала применялись только в сочетании с животными жирами. Вскоре значительно увеличилось применение кокосового масла, которое стало составлять половину от всех масел, используемых в производстве маргарина. Это масло обладало некоторыми преимуществами по сравнению с олеиновым маслом и используемыми смесями. Так, кокосовое масло можно было гидрогенизировать и вводить в рецептуру твердых маргаринов, имеющих четкую и стабильную форму, которая присуща столовым спредам. Такой маргарин быстро таял во рту, подобно сливочному маслу, тогда как продукт с олеиновым маслом таял долго и оставлял ощущение «обволакивания». В 1920-х гг. кокосовое масло составляло 45% от общего количества жиров, используемых при производстве маргарина [5]. Во время Великой депрессии 1930-х гг. цены на продукцию ферм и молочных хозяйств резко упали. В целях поддержки американских фермеров были введены высокие пошлины на импортные товары, среди которых числилось и кокосовое масло. В связи с таким повышением пошлин стало практически невозможно использовать при производстве маргарина большие объемы кокосового масла.

Высокие цены на кокосовое масло способствовали развитию технологий, основанных на использовании доступного отечественного сырья — хлопкового и соевого масел. Эти масла подвергали селективной гидрогенизации в целях достижения относительно крутого наклона кривой плавления и температуры плавления жиров, близкой к температуре человеческого тела. Новые виды маргарина не обладали способностью к быстрому и легкому таянию в ротовой полости, присущей маргарину из кокосового масла, однако по органолептическим показателям были более близки к сливочному маслу, причем намазывались при низких температурах лучше, чем маргарины из кокосового масла или сливочное масло [6].

Пищевая ценность маргарина привлекла внимание общественности в 1923 г., когда появился маргарин под названием *Nisoa*, обогащенный витамином А. Подобная практика получила широкое распространение среди производителей примерно к 1937 г. Рекламные заявления производителей маргарина о пищевой пригодности продукта для детей привели к четырехлетним слушаниям в Федеральной торговой комиссии. Известный ученый, доктор А. Дж. Карлсон, засвидетельствовал, что жиры в маргаринах *Nisoa* усваиваются организмом так же легко, как и сливочное масло, но при этом в маргарине содержится больше полиненасыщенной линолено-

вой кислоты, которая считается одной из эссенциальных жирных кислот, необходимых для нормального роста организма и поддержания здоровья кожи [2].

Важной вехой в истории производства маргарина стало опубликование определения и стандарта идентичности олеомаргарина, разработанных Управлением по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) в США в 1941 г. Дальнейшее официальное признание значения маргарина было осуществлено Министерством сельского хозяйства США (USDA), включившим маргарин в виде одного из пунктов в систему семи основных групп продуктов. Это признание закрепило за маргарином статус самостоятельного продукта, устранив его восприятие как «имитации сливочного масла». Затем 1 июля 1950 г., после 28 мес. дебатов, был принят «Закон о маргарине», который отменял систему «антимаргариновых» налогов и пошлин, существовавшую с 1886 г. Ограничивающие законы о маргарине в отдельных штатах отменялись вплоть до 1967 г., когда в штате Висконсин прекратилось действие закона, запрещающего реализацию маргарина с красителями. Последним штатом, где были отменены «антимаргариновые» налоги, стал штат Миннесота в 1975 г. [6].

Период Великой депрессии и Второй мировой войны был неблагоприятным для разработки и внедрения новых продуктов. Тем не менее, во время войны в связи с дефицитом сливочного масла увеличилось потребление маргарина, а благодаря ослаблению государственного контроля, имевшему место в 1950-х гг., производство маргарина получило возможность выйти на новый уровень. Послевоенный период характеризовался повышением доходов населения и неуклонным ростом уровня жизни. На рынке продовольственных товаров заметно ухудшалось положение маргарина, который все еще имел имидж дешевого и неполнценного заменителя сливочного масла. Однако производители сумели решить эту проблему, предложив покупателям более широкий ассортимент продуктов высокого качества, улучшив упаковку и повысив цены. Особый акцент был сделан на повышенной пищевой ценности маргарина. Ниже приведены самые значительные этапы развития производства маргарина за послевоенные годы [2, 3, 6, 7]:

1947 г. Жирорастворимые красители на основе каменноугольного дегтя, используемые для окрашивания маргарина, были заменены каротином, одной из форм витамина А. Позже использование в пищевых продуктах красителей, полученных из каменноугольного дегтя, было запрещено. В качестве красителей стали применять натуральные вещества, для маргарина использовали в основном каротиноиды, красное пальмовое масло и аннато.

1950 г. Новая упаковка из алюминиевой фольги обеспечивала более надежную защиту продукта от окисления, чем пергамент, улучшая при этом имидж маргарина.

1952 г. Освоено производство мягких и пластиичных при низких температурах видов брускового маргарина.

1952 г. На рынке появился мягкий взбитый маргарин в бочонках, но его производство практически сразу прекратилось из-за низкого спроса.

1956 г. Успешно внедрен высококачественный маргарин, изготавливаемый из легкоплавких масел с добавлением молочного жира для придания соответствующего вкуса и аромата.

1957 г. Разработан уникальный метод производства взбитого брускового маргарина в виде упаковки массой 1 фунт (0,45 кг), состоящей из шести брикетов.

1957 г. В США потребление маргарина на душу населения превысило аналогичный показатель сливочного масла.

1958 г. В производстве маргарина начали использовать кукурузное масло, что привело к повышению содержания полиненасыщенных жирных кислот, в том числе линоленовой.

1962 г. Сразу после появления на рынке очень большой успех имел первый мягкий (наливной) маргарин, упакованный в удобный для общественного питания пластиковый контейнер. Этот вид маргарина изготавливали из сафлорового масла, за счет чего обеспечивалось высокое соотношение полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот.

1963 г. Освоено производство жидкого маргарина в мягкой пластиковой упаковке.

1964 г. Выпущен диетический маргарин, содержащий вдвое меньше калорий, чем обычный. Правомерность такого наименования продукта была поставлена под сомнение Управлением по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA), однако последовавшее за этим судебное заседание признало диетический маргарин намазываемым продуктом (спредом) столового назначения.

1968 г. Мягкий маргарин начали упаковывать в привлекательно оформленные пластиковые контейнеры.

1975 г. Начато производство продукта, содержащего 60% жиров, маркированного как «спред». Этот вид продукта не попадал под действие Стандартов идентичности обычного и диетического маргаринов.

1981 г. Ряд предприятий масложировой отрасли начали выпуск продукта, представляющего собой смесь маргарина и сливочного масла с содержанием масла от 5 до 40%. Эти новые продукты повышенного качества сочетали в себе выраженный вкус сливочного масла с высокой способностью к намазыванию и преимуществами пищевой ценности маргарина, занимая по цене промежуточную позицию между маслом и маргарином.

1991 г. Конгресс США утвердил Закон о маркировке пищевой ценности продуктов, устанавливающий требования к информации, приводимой на маркировке пищевых продуктов.

1998 г. Начато производство спредов с пониженным содержанием холестерина.

Ряд открытых в пищевой химии и медицине, сделанных в 1950-е гг., привел к заметным изменениям в производстве маргарина. Изучение особенностей рационов питания в разных странах, исследования питания животных и проведение экспериментов в области диетологии привели к широкой известности биохимического термина «холестерин» среди большей части населения. Насыщенные жиры в пищевых продуктах признали одной из причин сердечных заболеваний, поскольку именно они в процессе обмена веществ преобразовывались в холестерин. Было выявлено, что жиры, содержащие в большом количестве полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), снижают уровень сывороточного холестерина. С недавних

пор *транс*-изомеры также начали восприниматься как вещества, способствующие повышению концентрации холестерина в организме и воздействующие таким же образом, как и насыщенные жиры. В связи с этим правительство выносит на обсуждение и приводит в исполнение законы и нормативные акты, устанавливающие требования к информации о *транс*-изомерах на маркировке продуктов [8–11].

С учетом изменившегося отношения к пищевой ценности производители маргарина перешли на выпуск продукции, содержащей масла, известные как источники ПНЖК, а также начали изменять рецептуры в целях максимального обогащения продукта эссенциальными жирными кислотами. В табл. 10.1 показаны изменения в использовании масел при производстве маргарина в США с 1950 по 2002 гг. [12–14]. Соевое масло было основным видом жирового сырья, начиная с 1951 г., в связи с его экономическими преимуществами и высоким содержанием ПНЖК. Внимание общественности к проблемам рационального питания проявилась в положительном отношении к маргарину с улучшенной пищевой ценностью, изготовленному с использованием кукурузного масла. Показатели использования других растительных масел, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что высококачественные масла обычно успешно внедряются в производство, но впоследствии их всегда заменяют другими видами сырья или прекращают их использование. В качестве примера можно привести сафлоровое масло, от которого производители постепенно отказались в пользу соевого. Животные жиры также прошли путь от статуса единственного вида сырья к очень ограниченному применению, в основном в недорогих продуктах. На эту тенденцию накладывается внимание потребителей к проблеме холестерина и насыщенных жиров.

Таблица 10.1. Объемы использования различных видов жирового сырья для производства маргаринов и спредов в США

Вид сырья	Объемы использования, тыс. т, в год					
	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Кукурузное масло	0,45	30,6	83,3	100,4	93,6	25,2
Хлопковое масло	230,9	75,6	30,6	11,3	—*	—*
Сафлоровое масло	—	5,9	9,9	—	—	—
Соевое масло	171,9	616,5	634,5	743,9	787,1	752,9
Животные жиры	7,2	34,2	44,6	46,8	15,8	5,9
Неидентифицированное	11,3	—	4,5	15,3	49,5	5,9
Всего	421,7	762,8	807,3	917,6	945,9	789,8
На душу населения, кг	2,7	4,2	4,9	5,1	4,9	3,7

* Статистические данные недоступны.

Изменения в ассортименте используемого сырья оказались второстепенными по сравнению с изменениями рецептур, осуществленными в соответствии с современными подходами к рациональному питанию. До поворота производства к повышению содержания ПНЖК в масложировых продуктах использовали стандартные

для брускового маргарина смеси из двух и более саломасов, один из которых был, как правило, очень избирательно гидрогенизирован и обладал способностью к образованию «горба» на кривой плавления при 21,1 °C. Наряду с высоким содержанием ПНЖК рецептура должна была обеспечивать выполнение и других требований к стандартному твердому маргарину. Выходом стало смешивание избирательно гидрогенизованных твердых саломасов с негидрогенизованными жидкими маслами.

Мягкий (наливной) маргарин в пластиковой упаковке, появившийся на рынке в 1962 г., имел более высокое содержание ПНЖК, чем твердый брусковый маргарин, в дальнейшем этот показатель стал еще выше. Содержание жидкого масла в этом виде продукта может быть достаточно высоким, поскольку для него характерна повышенная мягкость, что учитывается при выборе упаковки. Наливной маргарин не должен обладать твердой формующейся консистенцией, необходимой для брускового маргарина. Кроме того, защитные свойства пластиковой упаковки лучше, чем пергамента или фольги, что позволяет использовать высокие дозировки жидкого масла с низкой окислительной стабильностью. Мягкий маргарин в такой упаковке завоевал 25% потребительского рынка менее чем за 10 лет с момента своего появления на нем.

На рис. 10.1 отражено изменение объемов потребления столовых намазываемых продуктов (сливочного масла, маргарина, спредов) в течение XX века (в расчете на душу населения). Из приведенных графиков видно, что средний объем потребляемого маргарина впервые превысил объем потребляемого сливочного масла в 1957 г., однако так и не достиг того уровня потребления, который был характерен для масла до 1940 г. Общей для всех столовых спредов тенденцией является снижение их потребления. Основную роль в этом сыграло стремление снизить количество жиров в рационе, что соответствует современным представлениям о здоровом питании. Именно этот момент стал важнейшим фактором для разработки, внедрения



Рис. 10.1. Изменение потребления масложировых продуктов

в производство и выхода на рынок масложировых продуктов с пониженной массовой долей жира.

Важным стимулом для производства низкожирных маргаринов в США стал дефицит жиров во время Второй мировой войны. Первые продукты такого рода представляли собой эмульсии типа «масло в воде» и обладали рядом недостатков, например, имели короткий срок годности, рыхлую текстуру, плохие характеристики плавления, неустойчивость при замораживании. Появление технологии производства низкожирных маргаринов в виде эмульсии «вода в масле» решило многие из этих проблем [15]. В результате доля рынка маргаринов с пониженной массовой долей жира увеличилась с менее чем 5% в 1976 г. до 74% в 1995 г. Причинами такого роста являются низкие цены на продукт, пригодность к крупной упаковке (свыше 0,45 кг), пониженная калорийность в связи с более низким содержанием жиров, чем в обычном маргарине, что сочеталось с приятным вкусом и ощущением во рту, хорошей плавкостью и другими функциональными характеристиками. Первые низкожирные маргарини типа «вода в масле» содержали 60% жиров, сейчас нормой в основном являются 52% и менее, в качестве жировой основы используют те же масла, что и для обычного маргарина. Упаковка таких видов маргарина также совпадает с используемой для обычных видов — выпускаются брусковые маргарини пониженной жирности, мягкие в пластиковых контейнерах, мягкие взбитые и т. д. Популярность низкожирных маргаринов продолжает расти, несмотря на то, что высокое содержание влаги способствует появлению ряда дефектов, которые отсутствуют в сливочном масле и обычном маргарине. Например, такие маргарини почти невозможно использовать при изготовлении мучных изделий, в них слабее выражена «сливочность». Однако очевидно, что пониженное содержание жиров, низкая калорийность, более «здоровый» состав продукта и низкая цена за единицу упаковки являются привлекательными для покупателей. Некоторые производители низкожирных маргаринов намереваются в дальнейшем выпускать продукт с содержанием жира ниже 20%.

Потребление маргаринов в США после 1982 г. стало снижаться, за период с 1982 по 2000 г. спрос на эти продукты упал примерно на 27%. Максимальное потребление маргарина наблюдалось в 1976 г. — 5,4 кг на человека, после этого до 1983 г. оно оставалось на уровне 4,95 кг. Затем начался неуклонный спад потребления, достигший 3,73 кг на человека — самого низкого показателя после 1950-х гг. Розничные продажи упали и по «вине» предприятий общепита, которые увеличили свои закупки с 1985 г., когда было установлено, что американцы все чаще питаются вне дома. Несмотря на дальнейшее повышение спроса со стороны предприятий общественного питания, общая потребность в маргарине продолжала падать в связи с устойчивым снижением продаж основным потребителям. Предприятия пищевой промышленности, использующие эти продукты, также снижают объемы закупок, но темпы снижения в этом случае несколько ниже [16]. Такие тенденции свидетельствуют о стремлении современного потребителя уменьшить общее потребление жиров. Предназначенные для непосредственного потребителя маргарини с различной массовой долей жира относятся к видимым жирам, уровень потребления которых легко контролировать при питании в домашних условиях.

10.3. Состав маргарина

В большинстве стран, где допускается продажа маргарина, существуют нормативные документы, регулирующие его состав. В США действуют два Стандарта идентичности на маргарин, которые очень похожи, но не совсем совпадают. Так, производство маргаринов на основе растительных масел контролируется FDA, а производство маргаринов на основе животных жиров попадает под контроль USDA. Термин «маргарин» распространяется на твердый или жидкий эмульсионный пищевой продукт, содержащий не менее 80% жиров и 3300 м. е. витамина А в 100 г продукта. При содержании жиров менее 80% продукт должен называться «спредом», хотя спреды с содержанием жира 40% и ниже должны именоваться «низкожирным» или «легким» маргарином¹ [17]. В состав маргарина может входить один или несколько водорастворимых ингредиентов, одна или несколько функциональных добавок.

10.3.1. Молочные продукты или белки

Ингредиентами водной фазы в производстве маргарина могут служить вода, молоко или молочные продукты. Первоначально использовали только коровье молоко, но в настоящее время в состав маргариновой эмульсии вводят водные растворы, как содержащие пищевые белки, так и не содержащие их. Чаще всего в маргарине используют такие белки, как сывороточные, казеин и казеинаты, альбумин, соевые белковые изоляты. Их дозировки устанавливают на уровне не выше необходимого для достижения желательного эффекта. Выбор белка зависит в основном от его влияния на вкус продукта и в меньшей степени — от обеспечения сходства со сливочным маслом при жарке и выпечке. В первых стандартах на маргарин, опубликованных в 1941 г., требовалось, чтобы водная фаза продукта содержала не менее 10% сухих веществ молока. Позднее это требование отменили, и сейчас маргарин, изготовленный с добавлением молочных или других белков, содержит их, как правило, менее 1,5%. Однако основная часть производимого в настоящее время маргарина не содержит молочных ингредиентов, что снижает возможность возникновения микробиологических проблем и позволяет включать маргарин в перечень продуктов, соответствующих требованиям некоторых религий.

¹ В России в соответствии с ГОСТом Р 52178–2003 «Маргарины. Общие технические условия» название «маргарин» распространяется на эмульсионные пищевые продукты с массовой долей жира не менее 39%, вырабатываемые из натуральных и (или) фракционированных, переэтерифицированных, гидрогенизованных растительных масел, гидрогенизованных жиров рыб и морских млекопитающих или их композиций. Допускается добавление животных жиров, молочных продуктов, пищевкусовых и ароматических добавок. Термин «спред» в соответствии с ГОСТом Р 52100–2003 «Спреды и смеси топленые. Общие технические условия» распространяется на продукты с массовой долей жира от 39 до 95% включительно, вырабатываемые из молочного жира и (или) растительных масел с добавлением пищевых, вкусоароматических добавок, витаминов или без них. В дальнейшем во избежание путаницы наименования будут использоваться в соответствии с российской терминологией. — Примеч. ред.

10.3.2. Эмульгаторы

В производстве маргарина допускается применение нескольких пищевых эмульгаторов. Они используются для объединения жировой и водной фаз и придания продукту определенных функциональных свойств. Первоначально допускалось применение лишь лецитина иmono- и диглицеридов в ограниченном количестве, но позднее в стандарты было введено разрешение на все поверхностно-активные вещества (ПАВ), имеющие статус GRAS¹. Допускается их применение в количестве, необходимом для достижения желательного эффекта или не превышающем предельно допустимые дозы внесения для определенных ПАВ. Тем не менее, в состав потребительских маргаринов, как правило, входит стандартная двухкомпонентная эмульгирующая система — лецитин (Е322) и mono- и диглицериды (Е471). Лецитин обычно вносят в количестве 0,1–0,2% в связи с его антиразбрзгивающим действием и естественными эмульгирующими свойствами. Лецитин способствует быстрому устранению соленого привкуса продукта во рту. Mono- и диглицериды добавляют в большинство маргаринов в целях повышения устойчивости эмульсии или для предотвращения отделения влаги, обычно в количестве не более 0,5% в пересчете на α-моноглицериды. Твердые mono- и диглицериды обусловливают образование густых эмульсий и эффект длительного послевкусия, тогда как мягкие глицериды позволяют получить текучие эмульсии, обеспечивающие быстрое исчезновение вкуса маргарина. Состав маргаринов для промышленности и предприятий общественного питания зависит от назначения маргарина, в него могут входить другие эмульгирующие системы в различных дозировках, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к конечному продукту.

10.3.3. Вкусоароматические компоненты

Соль, представляющая собой хлорид натрия или хлорид калия (в диетических продуктах, не содержащих натрия), вносят в маргарин для придания ему вкуса, а также в связи с ее защитными свойствами. Допускается использование других вкусовых добавок, разрешенных для использования в пищевых продуктах, в частности, углеводных подсластителей. В состав маргарина включают различные синтетические ароматизаторы, имитирующие запах сливочного масла. Обычно они представляют собой смеси соединений, обнаруженных среди летучих веществ, обусловливающих аромат сливочного масла, например, лактонов, сложные эфиры масляной и жирных кислот, кетоны и альдегиды. Диацетил, один из основных компонентов таких ароматизаторов, образующийся в процессе сквашивания сливок, используют в концентрации 1–4 мг/кг.

Ощущение вкуса возникает в ротовой полости и зависит от скорости, с которой маргарин тает во рту. Восприятие вкуса зависит от характеристик плавления жиров, входящих в состав маргарина, и от плотности эмульсии, которая, в свою оче-

¹ GRAS (*Generally Recognized as Safe*) — «признанный безопасным», статус, придаваемый веществам, разрешенным для использования в пищевых продуктах. — Примеч. ред.

редь, зависит от присутствующих эмульгаторов, белков, стабилизаторов, а также от параметров технологического процесса. В идеале все эти показатели должны быть сбалансированы, чтобы маргарин легко таял во рту, обеспечивая быстрое высвобождение вкуса и приятные ощущения. Салистое, обволакивающее ощущение во рту при употреблении продукта маскирует и ухудшает его вкус, подавляя органолептическое восприятие и уменьшая его длительность.

Главным отличием хлебопекарных маргаринов от шортенингов является наличие выраженного вкуса и цвета. У этого вида маргарина эти показатели обычно интенсивнее, чем у столовых разновидностей, стабильность продукта при нагревании также должна быть существенно выше. В состав некоторых используемых в промышленности маргаринов входят масляная кислота или лактоны, усиливающие вкус сливочного масла в выпеченных изделиях. Кроме того, хлебопекарные маргарины, как правило, имеют повышенное содержание соли — около 3%, в отличие от 1,5–2% в потребительском маргарине.

10.3.4. Консерванты и антиоксиданты

Консерванты и антиоксиданты также относятся к числу дополнительных ингредиентов, разрешенных к использованию в соответствии со стандартом идентичности маргарина. В производстве маргарина используют три вида добавок, увеличивающих сроки годности: консерванты, обладающие противомикробным действием, антиоксиданты, снижающие скорость окисления жиров, и комплексообразователи, связывающие металлы-прооксиданты в комплексы.

В качестве консервантов для маргарина разрешено применение сорбиновой (Е200) и бензойной (Е210) кислот, их натриевых и кальциевых солей (Е201, Е203 и Е211, Е213, соответственно) в концентрации не более 0,1%, при совместном применении — 0,2%¹. Эти соединения защищают маргарин от микробиологической порчи. Бензойная кислота обладает антибактериальными свойствами, тогда как сорбиновая эффективно подавляет развитие дрожжей и плесеней. Соль также обладает консервирующим действием, хотя добавляется в маргарин в количестве от 1,5 до 3% в основном для придания вкуса. Поскольку уровень влаги в маргарине варьируется в пределах от 16 до 19%, концентрация соли в водной фазе может составлять 8–19%. В большинстве случаев в этом диапазоне соль оказывает достаточно сильное противомикробное действие, однако без добавления других консервантов или регуляторов кислотности может развиться плесень.

¹ В России в соответствии с ГОСТом Р 52178–2003 «Маргарины. Общие технические условия» в маргаринах разрешено применение бензойной кислоты и (или) ее солей (бензоатов) при массовой доле не более 1000 мг/кг, сорбиновой кислоты и (или) ее солей (сорбатов) — 2000 мг/кг. При совместном использовании этих консервантов — не более 2000 мг/кг, в том числе бензойной кислоты или бензоата натрия не более 1000 мг/кг. В спредах в соответствии с ГОСТом Р 52100–2003 «Спреды и смеси топленые. Общие технические условия» массовая доля бензойной кислоты и (или) ее солей (бензоатов) не должна превышать 500 мг/кг, сорбиновой кислоты и (или) ее солей (сорбатов) — 1000 мг/кг. При совместном использовании — не более 1000 мг/кг, в том числе бензойной кислоты или бензоата натрия не более 500 мг/кг. — Примеч. ред.

Антиоксиданты могут быть необходимы для повышения окислительной стабильности продуктов, изготовленных с использованием животных жиров, в маргаринах на основе растительных масел их обычно не добавляют. В большинстве маргаринов жировая фаза достаточно устойчива к окислению за счет токоферола, присутствующего во всех растительных маслах. Другими антиоксидантами, которые разрешено применять отдельно или в сочетании при максимальной концентрации 0,2%, являются пропилгаллат (Е310), октилгаллат (Е311) и додецилгаллат (Е312), бутилгидрокситолуол (БОТ, Е321), бутилгидроксианизол (БОА, Е320), аскорбильпальмитат (Е304) и аскорбильстеарат (Е305)¹.

В качестве синергистов антиоксидантов могут выступать лецитин (Е322, для аскорбильпальмитата и стеарата), изопропилцитрат (Е384), этилендиаминтетраацетат кальция–натрия (Е385, ЭДТА кальций–натрий)².

Синергисты обычно выполняют две важные функции: во-первых, они увеличивают антиокислительную активность используемых добавок; во-вторых, они связывают или образуют комплексные соединения с металлами, являющимися катализаторами окислительных процессов. ЭДТА также эффективно замедляет процессы обесцвечивания каротиноидных красителей, используемых в маргарине, происходящего в результате окисления [18].

10.3.5. Витамины и красители

Обогащение всех видов маргарина витамином А является обязательным требованием — продукт должен содержать не менее 3300 м. е. витамина А в 100 г. Использование витамина D не обязательно, но в случае его внесения концентрация должна быть не менее 330 м. е. в 100 г продукта. Обогащение маргарина витамином Е стандартами идентичности не предусмотрено, хотя токоферолы — естественные антиоксиданты в растительных маслах — являются главными источниками витамина Е и частично сохраняются в процессе производства маргарина [19]. В окрашенном маргарине обязательный уровень витамина А достигается обычно за счет внесения бета-каротина и сложных эфиров витамина А (ретинола), обеспечивающих

¹ В России в соответствии с ГОСТом Р 52178–2003 «Маргарины. Общие технические условия» применение антиоксидантов допускается только в маргаринах, предназначенных для использования в производстве пищевых продуктов с применением высоких температур, массовая доля в жировой фазе не должна превышать следующие величины: бутилгидроксианизола (БОА, Е320) — 200 мг/кг, бутилгидрокситолуола (БОТ, Е321) — 100 мг/кг, трет-бутилгидрохинона (ТБХГ, Е319) — 200 мг/кг; галлатов (Е310–Е312) — 200 мг/кг. При комбинированном использовании максимальные уровни отдельных антиоксидантов должны быть уменьшены; общая масса, выраженная в процентах от максимальных уровней отдельных антиоксидантов, должна составлять не более 100%. В спредах применение перечисленных антиоксидантов не разрешено. В соответствии с СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» применение аскорбильпальмитата (Е304) и аскорбильстеарата (Е305) допускается во всех масложировых продуктах согласно ТИ. — Примеч. ред.

² В соответствии с СанПиН 2.3.2.1293–03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» применение лецитина (Е322) допускается согласно ТИ, этилендиаминтетраацетат кальция–натрия (Е385, ЭДТА кальций–натрий) разрешено применять только в бутербродных маргаринах с массовой долей жира не более 41%, максимальное содержание — 100 мг/кг. — Примеч. ред.

требуемый эффект. В неокрашенном маргарине используют бесцветные сложные эфиры витамина А. Для окрашивания маргарина применяют экстракты каротиноидов, полученные из природных источников: аннатто, моркови и пальмового масла. Синтетический краситель апокаротиналь (Е160e, бета-апокаротиновый альдегид) используется в основном для усиления цвета бета-каротина.

10.3.6. Масла и жиры в маргарине

Физические и функциональные свойства маргаринов зависят в основном от характеристик главного ингредиента – жиров. Консистенция маргарина, его текстура, цвет, внешний вид, способность к намазыванию, вкус и стабильность эмульсии зависят от характеристик кристаллизации жира. В США наиболее распространенным способом изменить соотношение твердой и жидкой фракции в жировой основе маргарина является гидрогенизация. Существует непосредственная зависимость между содержанием твердых триглицеридов (ТТГ) в жире и структурой, консистенцией и пластичностью готового маргарина. Для контроля консистенции маргарина на производстве применяют определение содержания ТТГ при температурах 10,0; 21,1 и 33,3 °С. Полученные значения характеризуют процесс кристаллизации и, следовательно, свойства конечного продукта, что отражено в табл. 10.2.

10.4. Состав жировой основы потребительского маргарина

Жировую основу потребительского маргарина получают путем смешивания двух и более саломасов с различной степенью твердости. Такое сочетание жиров позволяет маргарину сохранять способность к намазыванию сразу после извлечения из холодильника и оставаться твердым при комнатной температуре. Долгое время почти во всех маргаринах на основе растительных масел для предотвращения зернистой консистенции использовали гидрогенизированное хлопковое масло, которое обеспечивало β' -форму кристаллов. Однако разработка маргаринов с более высокой способностью к намазыванию, использование многокомпонентных смесей саломасов с высоким содержанием *транс*-изомеров и повсеместное использование низких температур хранения позволили снизить в маргаринах, на 100% состоящих из соевого и кукурузного масел, образование β -кристаллов, вызывающих дефект мучнистости.

Для изготовления потребительского маргарина большие всего подходят саломасы из гидрогенизованных растительных масел, позволяющие достичь требуемого наклона кривой плавления и желательных органолептических свойств, быстрого таяния в полости рта, а также избежать отделения жидкого масла при сохранении способности к дальнейшей обработке. В табл. 4.6, п. 4.5, приведена система саломасов, разработанных для производства маргарина и шортенингов. Увеличение доли жидких масел в рецептурах маргарина помогает достичь того содержания полиненасыщенных жирных кислот, которое соответствует современным требованиям к пищевой ценности продукта. Количество эссенциальных жирных кислот в насто-

Таблица 10.2. Влияние содержания твердых триглицеридов (ТТГ) на свойства потребительского маргарина

Содержание ТТГ температура, °С	%	Свойства маргарина	Вид зависимости
10,0	10–28	Способность к намазыванию	Оптимальный диапазон, обеспечивающий способность к намазыванию при температуре холодильного хранения
21,1	5–18	Способность к формированию	Более высокое содержание ТТГ – твердая, крошливая консистенция, невозможность намазывания
33,3	Не более 3,5	Консистенция	Низкое содержание ТТГ – необходимы более низкие температуры охлаждения
		Ощущение во рту	Высокое содержание ТТГ – при охлаждении возможно образование пустот
			Оптимальный диапазон, обеспечивающий плотную консистенцию и предупреждающий вытапливание жидкого масла
			Более высокое содержание ТТГ – крошливая, твердая консистенция, плохая способность к намазыванию
			Более низкое содержание ТТГ – мягкая, мажущаяся консистенция, вытапливание масла
			Определяет органолептические свойства столового маргарина при потреблении в пищу
			Более высокое содержание ТТГ – длительно сохраняющиеся ощущения засаленности, воскообразности, обволакивания, что ослабляет проявление вкусовых ощущений

ящее время находится в центре внимания, наряду со снижением содержания в маргарине холестерина, насыщенных жирных кислот и *транс*-изомеров.

В табл. 10.3 приведены состав и содержание ТТГ для пяти жировых основ потребительского маргарина, из которых три предназначены для твердого брускового маргарина, две – для мягкого наливного. Использование основ для брускового

маргарина позволяет изготовить наиболее мягкий маргарин, который можно успешно формовать и упаковывать. Современное упаковочное оборудование фасует, обертывает и укладывает в картонные ящики все более мягкий маргарин, однако никакая тара не может защитить продукт от неправильного обращения во время хранения, транспортировки и реализации. Мягкий маргарин в виде бруска был внедрен в производство после наливного маргарина в пластиковой упаковке в целях сочетания преимуществ мягкого продукта и хорошо знакомой формы бруска.

Брусковые потребительские маргарины, изготовленные полностью из гидрогенизованных масел, одно время были основным видом маргарина. В связи с высокой окислительной стабильностью они до сих пор широко используются при выпечке и приготовлении пищи. Такой маргарин хорошо обрабатывается благодаря высокому содержанию ТТГ при 10 °С, особенно на оборудовании, не предусматривающем заполнение маргарином сформованных пергаментных упаковок. Основная часть производимого брускового маргарина содержит в своем составе большое количество жидких масел. Эта особенность способствует продвижению маргарина на рынке, но окислительная стабильность и, как следствие, срок годности продукта в результате уменьшаются. При окислении поверхность маргарина темнеет, так как на ней образуется слой штаффа (окисленного жира), что становится очень заметным после удаления верхнего слоя перед употреблением продукта.

Жировые основы мягкого наливного маргарина по составу напоминают шортенинги и представляют собой смесь мягких и твердых саломасов. Твердые саломасы не могут быть столь же насыщенными, как низкойодные твердые жиры, используемые в шортенингах, и должны иметь крутой наклон кривой плавления, чтобы обеспечить хорошие органолептические свойства. В табл. 10.3 приведены рецептуры двух различных основ мягкого наливного маргарина. Основа, содержащая только гидрогенизированные масла, обеспечивает высокую окислительную стабильность и более твердую консистенцию маргарина.

Небольшие различия консистенции наливного маргарина приводят к различиям вида поверхности: от идеального рисунка до излишнего контакта с крышкой контейнера («замазывания крышки»). Маргарин, полученный из гидрогенизированной жировой основы, имеет больше шансов сохранить гладкую поверхность, поскольку после заполнения тары затвердевает быстрее, чем продукт, содержащий жидкое масло.

Жидкий маргарин уже некоторое время присутствует на рынке, но существенного признания среди розничных покупателей не получил. Гораздо шире он используется на промышленных предприятиях при производстве определенных пищевых продуктов. Жидкий маргарин изготавливают с использованием твердых жиров как β -, так и β' -типа, смешивая 4–5% твердых жиров, полученных из соевого или хлопкового масла, и рафинированное, отбеленное соевое масло. Твердые жиры β' -типа считаются более подходящими для продуктов, фасуемых без стадии темперирования и кристаллизации. Продукты, изготовленные из твердых жиров, кристаллизующихся в β -форме, требуют темперирования переохлажденной смеси при повышенной температуре в течение времени, необходимого для формирования и стабилизации β -кристаллов. В случае производства жидкого маргарина этот

Таблица 10.3. Состав жировых основ потребительского маргарина и их свойства

Характеристика	Жировая основа брюскового маргарина			Жировая основа наливного маргарина		
	полностью гидрогенизи- рованного	мягкого формуемого	с высоким содер- жанием жидких масел	полностью гидрогенизи- рованного	с высоким содер- жанием жидких масел	
Состав, %:						
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 60	—	—	—	—	18	18
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 66	38	50	15	—	—	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 74	20	—	25	—	—	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 85	—	—	—	—	—	—
Гидрогенизированное соевое масло с ЙЧ 109	42	—	—	82	32	32
Соевое масло РО	—	—	50	60	—	50
Физико-химические показатели:						
Содержание ТТГ, %, при:						
10,0 °C	28,5	22,0	30,0	12,0	11,0	11,0
21,1 °C	17,5	13,5	17,0	7,5	5,5	5,5
33,3 °C	3,0	2,0	1,5	3,0	0,7	0,7
Насыщенные жирные кислоты, %*	20,0	20,7	17,9	18,3	18,3	18,3
Trans-изомеры, %*	32,4	22,8	18,0	20,2	12,8	12,8

* Расчетные значения.

Обозначения: ЙЧ — йодное число, г J₂/100 г; РО — рафинированное, отбеленное; ТТГ — твердые триглицериды.

процесс напоминает имеющий место в производстве жидкых шортенингов. Использование в составе маргарина жиров, образующих β -кристаллы, позволяет получить более текущий, менее вязкий продукт с высокой стабильностью суспензии, в отличие от продукта, получаемого при использовании β' -формы кристаллов, однако его производство обходится дороже [20]. Маргарин с твердыми жирами β -типа имеет улучшенный вкус и аромат, создает приятные ощущения во рту, но должен храниться только в холодильнике во избежание расслоения суспензии.

10.4.1. Жировые основы потребительского маргарина, не содержащие транс-изомеров

Клинические исследования выявили связь между содержанием в пищевых продуктах насыщенных жирных кислот и *транс*-изомерами жирных кислот, что предоставило производителям новые возможности при создании рецептур маргарина на основе саломасов. Во время гидрогенизации до начала реакции насыщения некоторые двойные связи меняют свою пространственную конфигурацию с *цис*- на *транс*-, образуя тугоплавкие ненасыщенные жирные кислоты. Саломасы с высоким содержанием *транс*-изомеров обладают высокой устойчивостью к окислению, их кристаллы стабилизируются в β -форме. Эти изменения свойств были учтены при разработке маргарина с низким уровнем насыщения. Переэтерификация представляет собой альтернативный процесс модификации жировой основы, который позволяет добиться крутого наклона кривой плавления в отсутствие *транс*-изомеров жирных кислот. Эффект, оказываемый переэтерификацией на свойства плавления продукта, зависит от исходного сырья. Более крутой наклон кривой плавления и более низкая температура плавления продукта достигаются при переэтерификации тугоплавких жиров и жидкого масла, что показано в табл. 4.7 (п. 4.7). Кроме того, переход кристаллов в более устойчивую β -форму замедляется, что позволяет переэтерифицированным жирам стабилизироваться в виде кристаллов β' -формы. В целом в качестве исходных масел для процесса переэтерификации в США используются жидкие растительные масла и полностью гидрогенизованные растительные масла, в Европе и Канаде — жидкие растительные масла: пальмовое масло и его фракции, пальмоядровое масло и его фракции, кокосовое масло (натуральное и гидрогенизированное).

10.5. Состав промышленного маргарина

Маргарины для пищевой промышленности и общественного питания могут быть как аналогичными потребительским продуктам, так и разработанными для определенного применения. В качестве промышленного маргарина широко используется обычный брусковый маргарин в упаковках массой 0,45 кг (1 фунт) на предприятиях общественного питания и 23 кг (50 фунтов) на промышленных предприятиях. Столовые и низкожирные маргарины для домашней кулинарии в больших объемах используются также на предприятиях общепита. Большинство других видов маргари-

на, использующихся в общественном питании и производстве пищевых продуктов, разрабатывают для определенного применения, используя в качестве аналитических критериев температуру каплепадения по Меттлеру и содержание ТТГ при установленной температуре. Различия в функциональных свойствах, а следовательно, и в применении, достигаются за счет изменений рецептур маргарина.

Основная часть разновидностей промышленного маргарина разработана для применения в хлебопечении. В табл. 10.4 приведены характеристики основных типов маргаринов, используемых в хлебопечении, в сравнении со сливочным маслом. Особенности функциональных свойств и применения различных видов маргарина приведены ниже.

Таблица 10.4. Характеристики промышленных видов маргарина в сравнении со сливочным маслом

Характеристика	Сливочное масло	Маргарин			
		столовый	хлебопекарный	для слоеного теста	жидкий
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	35,0	33,0	49,0	40,2	*
Содержание ТТГ, %, при:					
10,0 °C	33,0	30,0	25,0	43,5	3,0
21,1 °C	14,0	17,0	19,0	25,8	2,5
26,7 °C	10,0		18,0	20,6	2,0
33,3 °C	3,0	1,5	14,0	11,1	2,0
40,0 °C			9,0	2,0	

* Слишком мягкий для проведения измерений.

- **Столовый маргарин.** По аналитическим показателям близок к сливочному маслу, имеет довольно крутой наклон кривой плавления, температура плавления (каплепадения) равна температуре тела. Столовый маргарин производят по тем же рецептограм, что и жировую основу брускового маргарина (см. табл. 10.3). В хлебопекарной промышленности обычно используется для изготовления начинок, хрустящих пирогов, сливочного крема.
- **Хлебопекарный маргарин.** Маргарин, используемый при изготовлении теста, должен иметь широкий интервал пластичности и хорошую способность к взбиванию, подобно типичным универсальным шортенингам. Фактически рецептура его жировой основы может совпадать с рецептурой универсального шортенинга, приведенного в табл. 6.1 (п. 6.2): саломасы с ІЧ 80–85 в исходном сырье и насыщенные твердые жиры с β -кристаллами. Такой тип маргарина используется при приготовлении печенья, изделий из дрожжевого слоеного теста, круассанов, жировой глазури, кексов, торты и хрустящих пирогов.

- Маргарин для слоенных изделий.** При ламинации с использованием автоматического оборудования, как правило, требования к ингредиентам выше, чем при слоении теста вручную. Наиболее важным требованием является стабильность эмульсии маргарина при перекачке и экструдировании под высоким давлением, что обеспечивает сохранение однородности и пластичности, в процессе ламинации без вытекания масла и разрыва слоев теста и совместную обработку маргарина и теста без возникновения каких-либо проблем в работе оборудования. Маргарин для слоенных изделий имеет относительно плоскую кривую плавления, его кристаллы стабильны в β' -форме. Согласно общим правилам, температура плавления жировой основы маргарина должна быть на $2,8^{\circ}\text{C}$ выше температуры раскатки продукта, чтобы избежать выделения масла до начала процесса выпечки. Влага, содержащаяся в маргарине, в печи испаряется, что способствует подъему и расслоению изделия.

10.6. Состав маргаринов пониженной жирности

Маргаринами пониженной жирности принято называть продукты с массовой долей жира менее 80%, но более 40%. Во всех остальных отношениях этот вид маргаринов должен соответствовать стандартам. Для улучшения функциональных характеристик до уровня, не уступающего стандартному маргарину, допускается внесение безопасных и соответствующих продукту ингредиентов, не предусмотренных обычной рецептурой. Мягкие наливные и брусковые маргарины пониженной жирности, содержащие 41–75% жира, обычно производят с использованием той же жировой основы, что и стандартный потребительский маргарин. Другие используемые ингредиенты тоже, как правило, совпадают со стандартной рецептурой маргарина, кроме некоторых исключений [6, 21]:

- Молочные белки действуют подобно эмульгаторам, стабилизируя системы типа «масло в воде»; в связи с чем внесение молока, казеина и казеинатов может привести к реверсии фаз в процессе изготовления продукта. Поэтому большинство маргаринов пониженной жирности не содержат молока или молочных белков.
- Дозировка эмульгаторов повышена. Наиболее эффективными для обеспечения стабильности эмульсии оказываются синергетические системы, чаще всего используют эмульгирующую систему, состоящую из 0,6% моно- и диглицеридов средней твердости (E471), 0,1–0,2% эфиров полиглицерина (E475) и 0,3–1,0% насыщенных твердых жиров, кристаллизующихся в β' -форме.
- Использование лецитина (E322) в маргаринах с пониженным содержанием жира может снизить стабильность эмульсии и усилить отделение масла; с другой стороны, лецитин замедляет разрушение эмульсии во рту, поэтому возможность применения этого эмульгатора и его дозировки должны определяться для каждой конкретной рецептуры.
- В некоторых маргаринах для улучшения текстуры используют гелеобразующие вещества или загустители – желатин, пектин (E440), каррагинаны (E407),

ксантановую камедь (E415), альгинаты крахмала или производные метилцеллюлозы (E461).

- Высокое содержание эмульгаторов может способствовать образованию излишне густой эмульсии, а гелеобразующие вещества и загустители могут нарушить скорость высвобождения и ощущения вкуса и аромата. Вкусоароматические компоненты и их дозировки следует подбирать так, чтобы вызывать те же ощущения во рту, что и при употреблении в пищу высокожирного продукта.
- В связи с высоким содержанием влаги применение консервантов в этом виде маргаринов имеет большее значение, чем в обычном маргарине.
- Светоотражение маргаринов пониженной жирности отличается от обычных, что объясняется присутствием большого количества мелких капелек воды, поэтому дозировку красителей в случае их использования необходимо увеличивать вдвое для получения продукта с такой же насыщенностью цвета.

10.7. Изготовление маргаринов

Производство маргаринов напоминает производство шортенингов, за исключением этапа получения эмульсии путем смешивания водо- и жирорастворимых компонентов, который осуществляется до охлаждения и кристаллизации. Основными стадиями производства являются следующие процессы:

- смешивание компонентов основы;
- подготовка жировой фазы;
- подготовка водной фазы;
- получение маргариновой эмульсии;
- охлаждение и кристаллизация;
- фасование;
- темперирование;
- хранение;
- транспортировка.

При снижении массовой доли жира в продукте до 52% и менее возникает необходимость в строгом контроле температуры обработки и дозировок дополнительных ингредиентов, поскольку появляется возможность образования смеси эмульсий типа «вода в масле» и «масло в воде» или образования эмульсии типа «масло в воде» [19].

Жировую фазу получают путем нагревания жировой основы маргарина до температуры не менее чем на $5,5^{\circ}\text{C}$ выше температуры ее плавления, затем растворяют в ней жирорастворимые ингредиенты. Эти ингредиенты включают в себя эмульгаторы, витамины, красители и жирорастворимые вкусоароматические добавки. Водную фазу готовят отдельно. При наличии в рецептуре молочных белков проводят восстановление сухого молока или сыворотки или же используют натуральное обезжиренное молоко. Молочный продукт пастеризуют и охлаждают до требуемого уровня. Водорастворимые ингредиенты вносят в необходимом количестве в пасте-

ризованное обезжиренное молоко, сыворотку или же в воду при изготовлении продукта, не содержащего белков. К водорастворимым ингредиентам относятся соль, консерванты, водорастворимые вкусоароматические добавки и некоторые другие вещества. Жировая и водная фаза смешиваются при интенсивном перемешивании для получения эмульсии типа «масло в воде». При смешивании для создания условий образования эмульсии типа «вода в масле» необходимо вносить водную фазу в жировую. В маргарине с массовой долей жира 80% и более скорость внесения воды особой роли не играет, но для маргаринов пониженной жирности является критической. Важно отметить, что скорость внесения водной фазы при производстве маргаринов пониженной жирности должна быть снижена, особенно на первых стадиях изготовления эмульсии, чтобы предотвратить ее инверсию. При подготовке такой эмульсии для предупреждения ее разрушения необходимо постоянное перемешивание — без перемешивания капельки водной или молочной фазы сразу же начинают соединяться и оседать. После приготовления эмульсию перекачивают в питающий бак охладителя, где продолжается интенсивное перемешивание.

Возможно также использование непрерывного процесса приготовления эмульсии, включающего в себя систему дозирующих насосов, предназначенных для дозирования и последующего смешивания отдельных ингредиентов водной и жировой фазы. Для перемешивания подготовленных фаз применяются встроенные статические смесители, затем фазы смешиваются в потоке и эмульгируются в другом статическом смесителе. После смешивания в потоке жидкую эмульсию непрерывно подают в систему кристаллизации.

Затвердевание различных типов маргарина осуществляют с применением переохладителя (вотатора), представляющего собой скребковый теплообменник для быстрого охлаждения, но другие стадии обработки шортенинга и разных типов маргарина несколько отличаются. В целом процесс затвердевания или пластификации четырех основных видов маргарина выглядит следующим образом.

10.7.1. Брусковые маргарины

До поступления в переохладитель (вотатор) температуру эмульсии столовых брусковых маргаринов, которые плавятся при температуре ниже температуры человеческого тела, устанавливают и поддерживают на уровне 37,8–40,6 °С. В случае снижения температуры эмульсии ниже температуры плавления в ней могут образоваться зародыши кристаллизации, что повлияет на консистенцию конечного продукта. Менее чем за 30 с эмульсия в переохладителе охлаждается до 4,4–7,2 °С. Брусковый маргарин должен иметь более плотную консистенцию, чем шортенинги, что достигается использованием кристаллизатора (трубы покоя), расположенного сразу после переохладителя. Кристаллизатор представляет собой цилиндр с водной рубашкой, внутри он может быть оснащен перегородками или перфорированными тарелками, предотвращающими сквозное протекание продукта через центральную часть цилиндра. Длина цилиндра может быть различной в зависимости от состава продукта, за счет чего продолжительность кристаллизации увеличивается или уменьшается. Переохлажденную смесь подают непосредственно в кристаллизатор,

где происходит созревание структуры, и затем — на формующее оборудование. При использовании наполняющего оборудования перед кристаллизатором можно установить небольшой смеситель, что позволяет добиться оптимальной консистенции при фасовке и немного более мягкого конечного продукта. Линия возврата продукта необходима в связи с тем, что во всех закрытых системах, заполненных продуктом, необходимо поддерживать избыточную подачу, обеспечивающую бесперебойную работу фасовочного оборудования. Избыток перекачивают в резервуар для переплавки и затем повторно вводят в поточную линию.

Для фасовки брускового маргарина в США применяют два типа формования и упаковки: прессование и наполнение. В системе прессования первоначально применялась открытая воронка, в которую продукт выдавливался из кристаллизатора через перфорированную пластину. Образующаяся при этом маргариновая «лапша» подавалась на шнек, затем в прессующую головку и на устройство, оберывающее полученный брусков пергаментной бумагой, после чего продукт укладывали в картонную коробку. В настоящее время применяется закрытая система прессования брусков, в которой вместо цилиндра созревания и механизма с открытой воронкой используют кристаллизатор, заполняющий пресс-форму под давлением. В систему фасовки из кристаллизатора поступает маргарин с пластичной консистенцией. Он заполняет пресс-форму, выложенную пергаментом или фольгой. Обертку заделывают, затем извлекают продукт из пресс-формы и упаковывают в картонную тару.

10.7.2. Мягкие наливные маргарины

В жировых смесях для мягких наливных маргаринов различной жирности содержание твердых жиров более низкое, чем в смесях для брускового маргарина, в результате чего полученный продукт легко намазывается сразу после извлечения из ходильника или морозильной камеры. Способ проведения кристаллизации оказывает некоторое влияние на консистенцию, но в любом случае она остается слишком мягкой для формования в брикеты, поэтому его упаковывают в пластиковые банки или контейнеры со съемными крышками.

Для равномерного заполнения емкости мягкий маргарин должен иметь полу-жидкую консистенцию, как и пластичный шортенинг, поэтому процесс его кристаллизации более близок к пластификации шортенинга, чем к кристаллизации брускового маргарина. Типичная эмульсия мягкого маргарина перед закачиванием насосом высокого давления в вотатор имеет температуру 35,0–40,6 °С. Аэрирующий газ или азот, вводимый для улучшения намазываемости, подается во всасывающую часть насоса в количестве 8,0% для наиболее легко намазывающихся продуктов и в несколько меньшем — для более твердых продуктов. В вотаторе эмульсия быстро охлаждается до температуры на выходе 8,9–11,1 °С. Для маргаринов пониженной жирности температура на выходе должна быть несколько выше, поскольку их эмульсия имеет повышенную вязкость. Переохлажденная эмульсия маргарина затем проходит через обрабатывающую установку (декристаллизатор) для рассеивания теплоты кристаллизации. Вал декристаллизатора вращается со скоростью около 35–50 об/мин, время пребывания маргарина в установке около 3 мин. После

обработки продукт направляют в наполняющую установку, где он продавливается через гомогенизирующий клапан при давлениях от 20 до 26 бар. Для заполнения маргарином пластиковой тары может применяться как роторный, так и линейный наполнитель. Избыток продукта, необходимый для его равномерной подачи на наполняющую установку, поступает в бак для переплавки, после чего вновь попадает в систему отверждения.

10.7.3. Взбитые маргарины

В производстве взбитых наливных маргаринов может использоваться то же оборудование для изготовления, кристаллизации и упаковки, что и при выпуске обычного мягкого маргарина. Отличие в проведении процесса кристаллизации состоит во введении 33% (по объему) азота для достижения 50%-ной взбитости продукта. Азот вводят непрерывно через расходомер во всасывающую часть насоса. Поскольку взбитый маргарин при той же массе имеет больший объем, для его упаковки требуется тара большего размера, в связи с чем соответствующие детали наполняющей, укупоривающего крышками и упаковочного оборудования нуждаются в замене.

10.7.4. Жидкий маргарин

Жидкий маргарин, предназначенный для розничной торговли или промышленного использования, можно кристаллизовать с использованием оборудования и технологического процесса, применяемых при изготовлении мягкого наливного маргарина. Условия проведения процесса могут изменяться в зависимости от состава и требований к стабильности супензии. Жировая основа жидкого маргарина обычно представляет собой жидкие растительные масла, стабилизированные добавлением твердого жира в β - или β' -кристаллической форме. Жидкий маргарин, стабилизированный β' -жирами, можно производить с использованием того же процесса ускоренной кристаллизации, который применяют при изготовлении мягкого наливного маргарина, за исключением введения аэрирующего газа. Этот вид жидкого маргарина необходимо хранить в холодильнике, чтобы обеспечить стабильность супензии.

Жидкие маргарины, в состав которых входят твердые жиры в β -кристаллической форме, и иногда — содержащие жиры в β' -форме, подвергают кристаллизации или темперированию, чтобы повысить текучесть и стабильность супензии. Стадия кристаллизации включает в себя период выдержки в сосуде с мешалкой, снабженном рубашкой, в течение которого рассеивается теплота кристаллизации. Продукт можно фасовать в контейнеры после стабилизации его температуры. Некоторые жидкие маргарины с более высоким содержанием твердых веществ в целях стабилизации жидкой супензии проходят дальнейшую обработку либо с использованием гомогенизации, либо повторным пропусканием через вататор перед заполнением тары. Дополнительная обработка, позволяющая добиться более стабильной кристаллизации, повышает текучесть и стабильность супензии, но возросшие издержки производства могут не оправдывать себя.

10.7.5. Маргарины для использования в промышленности

Маргарин для общественного питания или использования в промышленности может либо представлять собой обычный потребительский маргарин, расфасованный в крупную тару, либо разрабатываться для конкретного применения: для определенного продукта или процесса. Из всех специальных маргаринов наибольшие затруднения возникают в процессе кристаллизации продуктов для слоеного теста. Обязательными свойствами маргарина для слоеного теста являются пластичность и плотность. Пластичность необходима для образования неповрежденных слоев маргарина при многократном складывании и раскатывании теста. Плотность важна для предупреждения частичного поглощения маргарина тестом и снижения его значения как барьера между слоями теста, что имеет место в случае излишне мягкого и маслянистого маргарина. Как и для шортенингов, окончательная полиморфная форма кристаллов в маргарине для слоеного теста зависит в первую очередь от триглицеридного состава, но на скорость ее формирования можно влиять путем изменения количества сообщенной механической и тепловой энергии. Поэтому при производстве маргарина для слоеного теста и маргарина для хлебопечения используют процесс кристаллизации, аналогичный пластификации шортенинга, представленный на рис. 2.10 (см. п. 2.17.3). Но, в отличие от шортенинга, маргарин, содержащий в эмульгированном виде воду или молоко, обычно не аэрируется. Водная фаза маргариновой эмульсии оказывает такое же влияние на внешний вид и свойства, как и введение газа. Маргарин, предназначенный для промышленного использования, обычно упаковывают в ящики из гофрированного картона по 22,5 кг (50 фунтов), в пластмассовые ведра по 19 л (5 галлонов), бочки по 208 л (55 галлонов) или в другие виды упаковки, разработанные для отдельных случаев.

Литература

1. Riepma, S. F. *The Story of Margarine* — Washington, D.C.: Public Affairs Press, 1970. — P. 5, 109, 148, 152.
2. Melnick, D. Margarine products // *J. Home Econ.*, 1968, 60(10), 793–797.
3. Massiello, F. J. Changing trends in consumer margarines // *JAOCs*, 1978, 55, 262–265.
4. Schwitzer, M. K. *Margarine and Other Food Fats* — New York: Interscience, 1956. — P. 64.
5. Stuyvenberg, J. H. *Margarine: An Economic, Social and Scientific History 1869–1969*. — Liverpool, England: University Press, 1969. — P. 233.
6. Chrysam, M. M. Margarines and spreads // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H., ed. — Vol. 3. — 5th ed. — New York: Wiley-Interscience, 1996. — P. 67–68, 92–96.
7. Miksta, S. C. Margarines: 100 years of technological and legal progress // *JAOCs*, 1971, 48(4), 169A–180A.
8. Anon., *The Role of Dietary Fat in the Human Health*, Publ. 575, National Academy of Sciences, Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1958, p. 56.
9. *Dietary Fat and Its Relation to Heart Attacks and Strokes* / Anon. — Circ. 23, American Heart Association, 1961. — P. 133–136.
10. Jolliffe, N. Fats, cholesterol and coronary heart disease // *N.Y. State J. Med.*, 1957, 57, 2684–2691.
11. Hastert, R. C. Hydrogenation // *Introduction to Fats and Oils Technology* / O'Brien, R. D., Fair, W. E. Wan, P. J., eds. — 2nd ed. — Champaign, IL: AOCS Press, 2000. — P. 189–190.

12. *Fats and Oils Situation* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 1971. — P. 27.
13. *Fats and Oils Situation* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 1981.
14. *Oil Crops Situation and Outlook Yearbook* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture Economic Research Service, 2002. — P. 61, 64–65.
15. Charteris, W. P., Keog, H. M. K. Tablespreads: trends in the European market // *J. Soc. Dairy Technol.*, 1991, 44(1), 3.
16. *Margarine Statistics Reports* / Washington, D.C.: National Association of Margarine Manufacturers, 1960–1996.
17. *Code of Federal Regulations* / 21 CFR 101.56. — Washington, D.C.: Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration, 1994.
18. Weiss, T. J. Margarine // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 190.
19. Slover, H. T. et al. Lipids in margarines and margarine-like foods // *JAOCS*, 1981, 62, 781.
20. Weiderman, L. H. Margarine and margarine oil, formulation and control // *JAOCS*, 1978, 55, 828.
21. Moustafa, A. Consumer and industrial margarines // *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* / Erickson, D. R., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, St. Louis, MO: United Soybean Board, 1995. — P. 352–353.

Глава 11

Жидкие масла

11.1. Введение

Важнейшей характеристикой жидких масел является прозрачность при температуре окружающей среды или комнатной или же при более низких температурах. Натуральные растительные масла, которые остаются жидкими при комнатной температуре, т. е. при $(23,9 \pm 2,8)^\circ\text{C}$, имеют высокое содержание ненасыщенных жирных кислот и низкую температуру плавления. Жирные кислоты с 18 атомами углерода являются наиболее важными ненасыщенными жирными кислотами в жидких маслах. Среди них мононенасыщенная олеиновая кислота $\text{C}_{18:1}$ наиболее устойчива к окислению. Линолевая $\text{C}_{18:2}$ и линоленовая $\text{C}_{18:3}$ кислоты относятся к полиненасыщенным кислотам и рассматриваются как незаменимые (эссенциальные) жирные кислоты, поскольку не могут быть синтезированы в организме человека и должны поступать с пищей.

Выделяют три основных типа масел в зависимости от степени прозрачности при комнатной или немного меньшей температуре: салатное, кулинарное и высокостабильное масло. Их изготавливают из растительных масел, которые обязательно должны быть марки РДО (рафинированные, дезодорированные, отбеленные), но могут также требовать дополнительной обработки и модификации путем депарфинизации, винтеризации (вымораживания), гидрогенизации и фракционирования. Все они имеют одно общее физическое свойство: при комнатной температуре представляют собой прозрачное жидкое масло. Эти три типа жидких масел можно охарактеризовать следующим образом:

- **Кулинарное масло** — пищевое масло, жидкое и прозрачное при комнатной температуре, может быть использовано для приготовления пищи. Данное масло применяют для жарки на сковородах, противнях и во фритюре, а также добавляют в полуфабрикаты. Возможно использование и в других случаях, где требуется применение прозрачного и жидкого масла без его хранения в холодильнике. Кулинарное масло может затвердевать при температуре холодильной камеры.

- Салатное масло** — пищевое масло, которое в основном сохраняет жидкое состояние при охлаждении до температуры холодильной камеры (примерно $4,4^{\circ}\text{C}$). Стандартный метод оценки салатного масла — холодный тест. Образец салатного масла, который остается прозрачным после пребывания в ледяной бане в течение 5,5 ч, соответствует требованиям, предъявляемым к салатным маслам. Этот тип масел может использоваться в приготовлении пищи, однако в нем понижено содержание насыщенных жирных кислот, чтобы предупредить или устранить возможность помутнения и кристаллизации при охлаждении.
- Высокостабильное масло** — пищевое масло, жидкое при комнатной температуре, обладающее очень высокой устойчивостью к окислению и стабильностью вкуса. Этот тип масел используют для приготовления продуктов, требующих сочетания функциональных характеристик жидкого масла и длительного срока хранения масла.

11.2. История жидких масел

На пищевые пристрастия наших предков основное влияние оказывали климатические условия и доступность тех или иных видов сырья. Источником пищевых жиров у народов, населяющих центральную и северную Европу, первоначально был жир диких, а впоследствии домашних животных. Следовательно, пищевой рацион этих народов развивался на основе использования твердых жиров, таких как сливочное масло, топленый свиной жир (лярд) и твердые животные жиры (говяжий и бараний). В густонаселенных районах Азии, южной Европы и Африки было нецелесообразно использовать сельскохозяйственные угодья под выпас скота, поэтому основным источником жиров в рационе питания стало растительное масло. Все масличные культуры вырабатывают масла, которые являются жидкими при температуре произрастания данного вида растений. Даже масла, получаемые из тропических растений и имеющие при комнатной температуре твердую консистенцию, в тропическом климате остаются в жидком виде. В Северной Америке длительное время предпочитали животные жиры, что обусловлено происхождением первой волны иммиграции. Иммигранты из северной Европы приспособили огромные площади страны под выпас и разведение домашнего скота [1].

Предприятия масложировой промышленности в США проводили четкое разграничение между кулинарным и салатным маслами. Первоначально основное внимание уделялось сохранению жидкого состояния и прозрачности хлопкового масла в холодное время года, поскольку летом текучесть и прозрачность масла не создавали проблем. Наличие домашних ледников (позднее — холодильников), а также крупномасштабное промышленное производство майонезов и дрессингов привело к увеличению потребности в жидким масле, остающемуся прозрачным при понижении температуры. Сначала салатное масло называли «зимним» («винтеризованным», от англ. *«winter* — зима) в связи с применением процесса фракционирования для получения масла, не мутнеющего при низких температурах. Процесс винтилизации (вымораживания) ввели на основании практического опыта рафи-

нирующих предприятий, позволившего заметить, что при хранении хлопкового масла в открытых резервуарах при низких температурах в холодное время года тугоплавкие триглицериды оседают на дно резервуара, тогда как верхний слой масла остается прозрачным. Верхний слой сливали путем декантации, дезодорировали, а затем фасовали и поставляли на рынок в качестве салатного масла. Процесс отделения верхнего слоя не обеспечивал стабильных результатов, поскольку зависел от параметров охлаждения. В связи с возрастанием популярности «зимнего» масла выдержка необходимого количества продукта в резервуарах в течение достаточно длительного срока стала экономически неэффективной. Для воспроизведения процесса хранения под открытым небом с последующей декантацией был разработан и внедрен процесс выдержки в искусственно охлаждаемом помещении и отделения твердой части с использованием системы фильтрования. Термин «салатное масло» возник в связи с применением «зимнего» масла для изготовления майонеза. Масло, не подвергавшееся вымораживанию и известное ранее как «летнее», стали называть кулинарным маслом [2, 3].

Значение термина «салатное масло» расширилось — помимо обозначения масла, полученного путем вымораживания, он стал распространяться на все масла, соответствующие основному требованию: сохранять прозрачность при выдержке в течение не менее чем 5,5 ч при температуре 0°C . Такое пересмотренное определение салатного масла распространяется на масла, иногда называемые натуральными зимними маслами. Они имеют высокое содержание насыщенных жирных кислот и, соответственно, низкое — насыщенных, не требуют вымораживания, чтобы оставаться прозрачными при температурах холодильника. Соевое масло представляет собой натуральное зимнее масло, не нуждающееся во фракционировании для прохождения холодного теста. Кукурузное, рапсовое, сафлоровое и подсолнечное масла также могли бы относиться к этой категории, если бы не присутствие восков, вызывающих помутнение масла при низких температурах. Обычно воски удаляют путем депарафинизации — процесса, сходного с вымораживанием. Салатное масло нельзя получить из арахисового масла, поскольку оно при охлаждении превращается в гель, который невозможно разделить на фракции. В тропических маслах содержание насыщенных жирных кислот слишком высоко, чтобы их можно было рассматривать в качестве салатных масел.

Жидкие масла употребляются в виде натуральных (недезодорированных), искусственно ароматизированных или же в виде нейтральных, дезодорированных продуктов. Оливковое масло почти всегда поступает в продажу в недезодорированной форме. Его натуральный вкус является ценнейшим качеством, которое исчезает после дезодорации. Соевое, арахисовое, подсолнечное и кунжутное масла в Индии и Китае потребляются главным образом в необработанном виде, масло извлекают из семян прессованием при низкой температуре без предшествующей тепловой обработки. Эти методы холодного отжима имеют низкий выход, но полученные масла имеют относительно мягкий вкус и запах [1]. Для потребителей США более привычными являются дезодорированные масла, хотя возрастает популярность оливкового масла как деликатесного, высококачественного продукта. Хлопковое масло, широко потребляемое в США в течение многих лет, имеет сильный, устойчивый

и неприятный привкус, поэтому дезодорация этого вида масла является необходимым этапом обработки для того, чтобы сделать его пригодным в пищу.

В целях повышения эффективности извлечения масла из семян растений применяют предварительную обработку семян паром или их прогревание. Данные методы не влияют на стабильность или пищевую ценность масла, но в результате в масле образуется сильный вкус и запах, которые рассматриваются как нежелательные. Повышение выхода масла компенсирует издержки на процессы рафинации и дезодорации, которые необходимы для придания маслу приятного вкуса. Увеличивается потребность рынка в арахисовом, кунжутном, сафлоровом и подсолнечном масле, холдного отжима в связи с их высокой пищевой ценностью, однако надежные данные об их потреблении отсутствуют [4].

В целом повышение объемов использования жидкого масла в регионах, ранее предпочитающих твердые жиры, происходит в большей степени, чем переход к использованию пластичных жиров в странах, традиционно употребляющих жидкое масло. На рис. 11.1 приведены сравнительные данные об изменении потребительских предпочтений в США, начиная с 1950 г., т. е. с того периода времени, когда потребление жидкого масла было намного ниже, чем потребление шортенингов или твердых жиров и намазываемых (бутербродных) жировых продуктов (сливочного масла и маргарина) [1, 5, 6]. За представленный период потребление жидкого масла возросло более чем в три раза. Использование кулинарного и салатного масла превысило использование бутербродных продуктов в 1970 г., твердых жиров — в 1999 г. Эта тенденция получила развитие в связи со следующими причинами:

- глобальное переселение больших групп людей;
- высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот в большинстве жидкого масла;
- способность насыщенных жирных кислот провоцировать развитие сердечно-сосудистых заболеваний;



Рис. 11.1. Изменения потребления видимых масел и жиров

- совершенствование процессов обработки масел, обеспечивающих устранение вкуса и запаха одновременно с повышением их устойчивости к окислению;
- разработка новых рецептур и способов производства конечных продуктов, предусматривающих использование жидкого масла;
- широкое применение эмульгаторов, уменьшающих влияние кристаллических свойств твердых жиров на функциональность конечного продукта;
- удобство использования жидкого масла.

Во многих случаях жидкое кулинарное масло более пригодны и предпочтительны, чем пластичные шортенинги, например, при употреблении продукта сразу после приготовления, для жарки во фритюре при значительной впитываемости жира, обеспечивающей высокий показатель замены жира, для приготовления замороженных и охлажденных полуфабрикатов, а также в тех случаях, когда обеспечена надежная защитная упаковка. Тем не менее, для салатного и кулинарного масла имеют место ограничения в применении, тогда как высокостабильное масло предназначено для использования в тех случаях, когда требуется длительное сохранение устойчивости к окислению. Наиболее важными характеристиками высокостабильного масла являются жидкое состояние при комнатной температуре и повышенная окислительная стабильность наряду, конечно, с сохранением функциональных свойств и пищевой ценности. Существуют две технологии получения высокостабильного масла:

- гидрогенизация и последующее фракционирование, в ходе которого отделяется стеариновая и другие твердые фракции от олеиновой фракции, которую используют как высокостабильное масло;
- использование технологий селекции растений для получения масел с низким содержанием полиненасыщенных кислот и высоким содержанием мононенасыщенных.

Обе эти технологии используются для получения высокостабильного жидкого масла, применяемого в тех случаях, когда высокая стабильность при сохранении жидкого состояния является важнейшим функциональным требованием к жиро-вому продукту.

11.3. Сырье для салатного и кулинарного масла

Стабильный рост потребления кулинарного и салатного масла отражен в докладах Службы экономических исследований при Министерстве сельского хозяйства США; объемы использования разных видов сырья представлены в табл. 11.1 [6–8]. Дезодорированное салатное и кулинарное масло в основном изготавливают из соевого, кукурузного, рапсового, хлопкового и арахисового масел. Из хлопкового, кукурузного и арахисового масел путем дезодорации получают продукты с не выраженным, почти нейтральным вкусом, причем в этих маслах при окислении не образуется нежелательный возвратный привкус исходного сырья. В то же время характерный привкус, возникающий в окисленном соевом масле, довольно долго не позволял принять этот вид масла в качестве сырья для салатного и кулинарного масла.

Таблица 11.1. Использование различных видов сырья для производства салатного и кулинарного масла в США

Вид сырья	Объем использования, тыс. т, в год				
	1960	1970	1980	1990	2000
Рапсовое масло	—	—	—	НД	234
Кукурузное масло	112	112	159	289	228
Хлопковое масло	341	239	209	209	138
Оливковое масло	23	28	26	97	208
Арахисовое масло	13	64	67	63	НД
Сафлоровое масло	—	5	—	—	—
Соевое масло	403	1122	1835	2117	3342
Подсолнечное масло	—	—	НД	НД	НД
Не идентифицировано	1	3	49	15	23
Всего	893	1573	2345	2790	4173
На душу населения, кг	4,2	7,9	9,7	11,0	15,3

Обозначение: НД — нет данных.

Винтилизированное хлопковое масло было в США основным видом салатного масла вплоть до конца 1950-х гг. Объемы производства соевого масла превысили объемы хлопкового масла, в результате чего соевое масло в США вышло на ведущие позиции вскоре после Второй мировой войны. Тем не менее, хлопковое масло оставалось основным видом сырья для салатного масла в связи с многочисленными претензиями к органолептическим характеристикам соевого масла. Салатное соевое масло с пониженным содержанием линоленовой жирной кислоты $C_{18:3}$ появилось на рынках США в начале 1960-х гг. Содержание линоленовой жирной кислоты было снижено путем гидрогенизации и последующей винтилизации для удаления твердой фракции, образующейся в процессе гидрогенизации. Соевое масло, полученное по этой технологии, быстро вытеснило более дорогостоящее хлопковое масло. В конце 1970-х гг. благодаря усовершенствованию технологии производства соевого масла стало возможно получение соевого масла марки РДО (рафинированного, дезодорированного, отбеленного), которое удовлетворяло требованиям промышленных потребителей. Продвижение улучшенного соевого масла РДО на розничном рынке осуществлялось в качестве «полностью натурального» и «легкого». По внешнему виду масло было бесцветным и прозрачным, почти как вода. Данный продукт быстро вытеснил из розничных продаж гидрогенизированное, вымороженное и дезодорированное соевое масло. Совершенствование производственного процесса и упаковки обеспечило более стабильный нейтральный вкус и запах масла по сравнению с соевым маслом, вырабатываемым в 30-е и 40-е гг., однако вкус и запах прежнего соевого масла были привычны для потребителей США, поэтому не вызывали у них особых возражений.

Хлопковое масло обладает уникальными вкусовыми свойствами, что делает его пригодным для жарки снэков. Картофельные чипсы, обжаренные в хлопковом

жидкие масла

масле, приобретают приятный ореховый вкус, тогда как прочие масла для жарки дают чипсы с обычным картофельным вкусом, лишенным орехового привкуса [10]. Данное направление использования кулинарного хлопкового масла и применение салатного хлопкового масла в промышленности, скорее всего, обеспечивают основную часть спроса на жидкое хлопковое масло, тогда как реализация хлопкового масла в розницу ограничена его продажами в качестве деликатеса.

Кукурузное масло по объемам потребления в качестве сырья для салатного и кулинарного масла уступает только соевому маслу и находится на втором месте, хотя представляет собой побочный продукт производства кукурузной патоки, крахмала, муки и вырабатываемого из них этанола. Вкус и качество кукурузного масла считаются необычными, и, кроме того, оно имеет имидж продукта, полезного для здоровья. Активное использование полиненасыщенных масел в пищевых целях в течение 1950-х и 1960-х гг. уменьшило промышленное использование кукурузного масла в производстве различных продуктов, например, для жарки снэков, а также снизило розничную продажу фасованного масла. Кукурузное масло содержит 69% линолевой кислоты $C_{18:2}$, около 13% насыщенных жирных кислот и лишь незначительное количество линоленовой кислоты $C_{18:3}$. Характерный для кукурузного масла вкус и запах, напоминающий плесневелый, встречает положительное отношение как при домашнем использовании, так и в производстве ряда пищевых продуктов, таких как жареные снэки, майонезы и дрессинги.

Арахисовое масло не может служить сырьем для салатного масла, поскольку при охлаждении всегда образует гель. В связи с этим его используют в качестве кулинарного масла на промышленных предприятиях и в домашней кулинарии. Арахисовое масло считается отличным кулинарным маслом, обладающим приятным вкусом и невысокой ценой. Масло, полученное из орехов, сохраняет приятный ореховый вкус в большей степени, чем жмы. Арахис и, следовательно, арахисовое масло в США имеют обязательную минимальную цену, которую правительство гарантирует фермерам, в результате чего поддерживается высокий уровень цен. Тем не менее арахисовое масло остается приемлемым на рынке кулинарных масел, используемых для жарки снэков и в общественном питании, а также для розничных продаж.

Увеличение потребления оливкового масла в США в течение последних десятилетий произошло, в частности, в результате пропагандирования положительного воздействия средиземноморской диеты на здоровье, а также в связи с расширением сбыта деликатесной продукции в супермаркетах. Оливковое масло, содержащее в большом количестве мононенасыщенные жирные кислоты, многие диетологи считают полезным для здоровья. Оливковое масло, получаемое прессованием и отжимом оливок, в большом количестве содержит олеиновую кислоту $C_{18:1}$, содержание которой изменяется в пределах от 55 до 83%. Средиземноморская диета основана на результатах исследования, опубликованных Гарвардским университетом [11] и позволяющих заключить, что взрослое население таких стран, как Греция и Италия, живет дольше. Эта диета допускает получение от 25 до 35% калорий за счет потребления жиров, при условии, что этими жирами является оливковое масло. Данная работа вывела, что оливковое масло способствует снижению содержания в крови холестерина липопротеинов низкой плотности (ЛНП), который вызывает

проблемы со здоровьем и одновременно повышает содержание холестерина липопротеинов высокой плотности (ЛВП), оказывающего положительное воздействие. Однако у некоторых исследователей эти результаты вызывают сомнения [11, 12].

Рапсовое масло появилось в продаже в США как пищевое с 1985 г., после признания его статуса *GRAS* («признано безопасным»). Первая кампания по продвижению данного масла как «здорового продукта» с указанием на малое содержание в этом масле насыщенных жирных кислот (6% и менее) была удачной; рапсовое масло завоевало почти 5% рынка салатных и кулинарных масел менее чем за десятилетие, объем его продаж продолжает расти.

Попытка ввести подсолнечное масло в розничный рынок бутилированного салатного масла была предпринята в связи со следующими обстоятельствами. В начале 1990-х гг. производители основных торговых марок салатного масла ввели в обращение подсолнечное масло в национальном масштабе. Тем не менее, Министерство сельского хозяйства США в докладе «Состояние и перспективы производства жиров и масел» не указало объемы его производства, чтобы не разглашать объемы поставок отдельных производителей. Введение рапсового масла в качестве розничного бутилированного масла позволило заместить им значительную часть национального рынка подсолнечного масла. Кроме того, подсолнечное масло стало одним из компонентов смешанных салатных масел, которые были внедрены в производство в 1991 г. и содержали в три раза меньше насыщенных жирных кислот по сравнению с соевым маслом. Эти масла получали путем смешивания соевого, подсолнечного и рапсового масел, содержание насыщенных жирных кислот в них составляло 10% [13]. Смешанное растительное масло до сих пор присутствует на рынке, но содержание в нем насыщенных кислот уменьшено до 5–8% благодаря использованию следующих сочетаний масел: рапсового и кукурузного, рапсового и соевого, рапсового, подсолнечного и соевого.

Закон о маркировке пищевой ценности продуктов, вступивший в силу в мае 1994 г., устанавливает требования к информации, приводимой на маркировке пищевых продуктов. В установленный перечень показателей пищевой ценности продукта, которые необходимо отображать на этикетке, помимо содержания жиров и масел, входят размер порции, количество продукта в емкости, общая энергетическая ценность, общее содержание жиров, содержание холестерина, а также витамина А. Дополнительная информация, которую можно указывать для масложировых продуктов, включает в себя энергетическую ценность жиров, содержание калия и других важнейших витаминов и минеральных веществ. Предполагается, что перечень обязательных показателей будет дополнен содержанием *транс*-изомеров.

11.4. Масла для розничной продажи

Масла, предназначенные для розничных продаж, в настоящее время не подвергаются химической модификации, приводящей к изменению физических свойств. Технология обработки большинства бутилированных масел для домашнего потребления включает в себя рафинацию, отбеливание и дезодорацию, кроме того, для

хлопкового салатного масла проводят винтеризацию, для рапсового, кукурузного, подсолнечного и сафлорового масел — депарафинизацию. Большинство масел, поступающих в розничную продажу, удовлетворяет общим требованиям, предъявляемым к салатным маслам. Исключение составляют арахисовое и оливковое масла, которые при температуре холодильника частично кристаллизуются и становятся полутвердыми.

Произошедший с 1950 г. сдвиг в рационах питания в сторону отказа от животных жиров привел к предпочтительному использованию жидких масел. В США потребители стали более осведомленными о роли жиров и масел в развитии сердечных заболеваний и в результате во многих случаях заменили твердые шортенинги жидкими маслами. Как правило, повышенным спросом пользуются масла, производимые с учетом последних научных достижений. Сначала, в связи с получением данных о снижении содержания сывороточного холестерина при потреблении полиненасыщенных масел, стала расти популярность кукурузного масла. Сообщения о том, что мононенасыщенные жирные кислоты по своей способности снижать уровень сывороточного холестерина сравнимы с полиненасыщенными, привели к повышению продаж арахисового и оливкового масел. Публикации о средиземноморской диете помогли увеличить объем продаж оливкового масла. При внедрении рапсового масла было использовано низкое содержание в нем насыщенных жирных кислот, поскольку оно на 94% состоит из ненасыщенных жирных кислот. В 1991 г. на рынке появилось смешанное масло, состоящее из соевого, подсолнечного и рапсового масел, в котором содержание насыщенных кислот было втрое ниже, чем в соевом масле [14]. Как было сказано выше, смешанные масла по-прежнему присутствуют в продаже, но теперь они представляют собой сочетания рапсового и соевого масел или рапсового и кукурузного масел.

На срок годности масла наибольшее влияние оказывают материал упаковки и режимы хранения жидкого масла при розничных продажах. Упаковка содержит в себе продукт, защищающий его от окисления и загрязнения от момента производства и вплоть до начала использования потребителем. Идеальный контейнер для розничных продаж обладает тремя важнейшими характеристиками: экологичностью, привлекательностью, низкой стоимостью. В настоящее время в США большинство стандартных масел, предназначенных для розничных продаж, упаковывают в прозрачные контейнеры прямоугольной формы, изготовленные из полиэтилентерефталата (ПЭТ), вместимостью 450, 680, 900, 1360 или 1800 г (16, 24, 32, 48 или 64 унции) масла, или же в непрозрачную бутыль из поливинилхлорида (ПВХ) емкостью 3,8 л (1 галлон). Однако многие деликатесные и специальные масла все еще упаковывают в стеклянную тару, размеры и форма которой могут заметно отличаться от общепринятой тары для розничных продаж. До середины 1980-х гг. все масло упаковывали в стеклянные емкости в целях обеспечения сохранности продукта. Первые испытания пластиковой тары были начаты в 1955 г. на полиэтиленовых (ПЭ) контейнерах, единственном в то время виде полимерной упаковки, пригодной для пищевых продуктов. Эти пластиковые контейнеры были проницаемы для кислорода, что приводило к быстрому окислению масла; контейнер становился липким в результате пропитывания его маслом; кроме того, молекулы полимера из упаков-

ки мигрировали в масло. Позднее стали применяться ПВХ пищевых марок, что позволило удовлетворить многие требования к таре для розничных продаж масла [14].

Исследования, проведенные Министерством сельского хозяйства США в 1973 г., не выявили различий в снижении качества масла при его хранении в таре из стекла и ПВХ. Результаты данного исследования оказали огромное влияние на производство пищевых масел, и с 1985 г. почти все предприятия перешли на упаковку масла для розничных потребителей в полупрозрачные пластиковые бутылки [15]. Сейчас на полках гастрономов можно увидеть следующее поколение пластиковых контейнеров для потребителей масла — ПЭТ-упаковку. Данный пластик по прозрачности больше похож на стекло, не разбивается и имеет барьерные свойства по кислороду. От контейнера прямоугольной формы вернулись к традиционной форме бутылки, что позволило более рационально использовать место при транспортировке, при хранении на складах магазинов и в кладовых покупателей.

Все жидкые масла чувствительны к солнечному свету и ультрафиолетовому излучению, которые катализируют окислительные реакции. Было доказано, что упаковка в контейнеры из металла, фольги, вощеной бумаги, картона или темного и бутылочного стекла увеличивает срок годности жидкого масла [16], однако покупатели предпочитают прозрачную тару. Производители масла в США попытались повысить окислительную стабильность продукта путем использования описанных выше защитных упаковок, но в результате наблюдалось снижение продаж, пока не вернулись к прозрачным стеклянным или пластиковым контейнерам [17]. Насыщение масла газообразным азотом, а также заполнение азотом свободного пространства емкости для вытеснения кислорода значительно удлиняло срок годности масла. Была доказана корреляция между ухудшением качества масла за счет окисления и количеством кислорода, способного прореагировать с маслом [16]. Но, к сожалению, защита, созданная за счет применения азота, исчезает при открывании емкости.

11.5. Применение салатного масла в промышленности

Салатные масла являются основным ингредиентом различных соусов, включая майонез, густые и текучие дрессинги. Салатные масла обеспечивают маслянистость, сливочность и приятные ощущения во рту во всех типах дрессингов. Кроме этого, к функциям салатных масел относятся растворение жирорастворимых вкусоароматических веществ и создание сбалансированного профиля вкуса и аромата.

В США основными салатными маслами служили хлопковое, кукурузное и соевое. Хлопковое масло необходимо подвергать винтилизации (вымораживанию), чтобы удалить твердые фракции и обеспечить прозрачность при температуре ходильника. Кукурузное масло следует депарафинизировать в целях удаления восков, вызывающих помутнение масла при комнатной температуре. Соевое масло относится к натуральным зимним маслам и требует минимальной обработки перед использованием в качестве салатного масла — рафинации, отбеливания и дезодорации. Таким образом, соевое масло требует меньшего количества технологических

процессов для получения салатного масла, является одним из наиболее дешевых исходных масел, и в связи с этими преимуществами оно является наиболее широко используемым в промышленности. Рапсовое масло вызывает интерес вследствие более низкого содержания насыщенных жирных кислот при цене, лишь немного превышающей цену соевого масла, но в настоящее время его использование не приносит заметной дополнительной прибыли.

Салатные масла необходимы для приготовления дрессингов, соусов и других пищевых продуктов, которые хранятся или изготавливаются при пониженной температуре, в связи с чем требуется применение жидких масел. Основное направление использования салатного масла — дрессинги, например, майонез, густые и жидкие соусы и дрессинги, в том числе расслаивающиеся. В рецептуры этих продуктов входит большое количество салатного масла — от 30 до 80%. Этот вид масла используется также при производстве других продуктов типа соусов, которые могут быть заморожены, что вызывает разрушение эмульсии и ее расслоение с отделением масла. Салатное масло используется там, где требуются масложировые продукты, находящиеся в жидком состоянии.

11.6. Майонез

Майонез является наиболее известным соусом закусочного назначения с высоким содержанием жиров и представляет собой эмульсию типа «масло в воде». Используется как в домашней кулинарии, так и на предприятиях общественного питания для приготовления сэндвичей, салатов и других холодных блюд. Эмульсия представляет собой смесь двух жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде мельчайших капель. Эти жидкости должны быть нерастворимы друг в друге и не способны образовывать однородную смесь. Жидкость, которая находится в диспергированном состоянии (в виде капелек), называется дисперсной или дискретной фазой; жидкость, окружающая капли, известна под названием непрерывной или дисперсионной фазы. В майонезе салатное масло представляет собой дисперсную фазу, уксус и вода — непрерывную фазу, яичный желток выполняет функцию эмульгирующего вещества. Соль и сахар растворены в воде и уксусе, специи находятся в водной фазе в виде суспензии. Отделение масла в майонезе наблюдается в том случае, если пленка яичного желтка разрушается, позволяя капелькам масла сближаться. Разрушение эмульсии наиболее часто происходит при перемешивании или при сотрясении, нагревании, выпаривании или замораживании.

В Америке майонез стал известен в 19 веке благодаря французам, которые использовали этот соус в качестве приправы со времен Людовика XIV. В домашних условиях или на предприятиях общепита майонез изготавливали в ограниченном количестве в связи с тем, что соус расслаивался, даже при кратковременном хранении. В самом начале 20 столетия были предприняты первые попытки производства майонеза в промышленных масштабах [18]. Стандарт идентичности для майонеза был утвержден в США в 1928 г. [19]. Стандарты на соусы и дрессинги время от

времени пересматриваются, в современных документах к майонезам предъявляются следующие требования [20]:

- **Масло.** Майонез должен содержать не менее 65% масла или смеси двух или более пищевых растительных масел. Допускается внесение в масла октистеарина, лецитина или эфиров полиглицерина в качестве ингибиторов кристаллизации.
- **Подкислители.** Используют следующие подкислители, по отдельности или в сочетании:
 - уксус, разбавленный водой до массовой доли уксусной кислоты не менее 2,5%, или уксус, смешанный с лимонной кислотой, при условии, что массовая доля лимонной кислоты не превышает 25% от количества уксусной кислоты;
 - соки лимона и лайма, по отдельности или в сочетании, свежие, высушенные, замороженные, консервированные или концентрированные, разбавленные водой до кислотности, соответствующей раствору с массовой долей уксусной кислоты не менее 2,5%.
- **Яичные желтки.** Возможно использование различных ингредиентов, содержащих яичные желтки: сырые, замороженные или сухие яичные желтки; сырые, замороженные цельные яйца или яичный порошок; или любой из указанных ингредиентов (по отдельности или в сочетании) в смеси с сырьим или замороженным яичным белком. Минимальная дозировка не установлена.
- **Дополнительные ингредиенты.** В состав майонеза могут также входить соль, углеводные подсластители (например, сахар, лекстроза, кукурузная патока, мед, различные сиропы), глутамат натрия, а также любые специи, кроме шафрана и куркумы, или натуральные ароматизаторы, обеспечивающие натуральный цвет яичного желтка без использования красителей. Для сохранения вкуса и цвета допускается использование комплексообразователей, например, этилендиаминетрацетата кальция–натрия (Е385, ЭДТА кальций–натрий) или других, разрешенных для данного применения.

11.6.1. Ингредиенты майонеза

Каждый ингредиент майонеза имеет большое значение для достижения желательных характеристик конечного продукта. Майонез должен иметь приятный вкус, консистенцию и внешний вид, приемлемые для большинства потребителей. Не допускается его расслоение ни при перепадах температуры, ни при ее понижении. Майонез должен иметь длительный срок годности и окислительную стабильность. Соотношение растительного масла и яиц необходимо сбалансировать таким образом, чтобы добиться консистенции, вязкости и текстуры, оптимальных для данной рецептуры, используемых параметров технологического процесса и оборудования. Вкус зависит от количества присутствующих соли, уксуса и специй, а также от свойств эмульсии. Густая, вязкая эмульсия маскирует вкус и аромат, обеспечивая ощущение мягкого вкуса, тогда как текучая эмульсия способствует быстрому высвобождению аромата и проявлению кислого, сладкого или соленого вкуса с различной интенсивностью.

11.6.1.1. Салатное масло

В соответствии со стандартом идентичности США майонез должен содержать 65% жидкого масла, однако зачастую используют более высокие дозировки масла, чтобы добиться желаемой консистенции продукта. В большинство майонезов содержание масла находится в пределах от 75 до 82%. Обычно вязкость конечного продукта возрастает с повышением содержания масла. При содержании масла от 80 до 84% майонез получается густым, с плотной консистенцией, что является предпочтительным для предприятий общественного питания, поскольку такой майонез не просачивается в хлеб, не разжижает салаты и не вытекает из них. При массовой доле масла выше 84% эмульгирующая система не может обеспечить стабильность эмульсии [21].

Качество майонеза зависит главным образом от качества масла, входящего в его состав. Наиболее часто используется соевое масло марки РДО, преимуществами которого являются минимальное количество подготовительных технологических этапов и низкая стоимость исходного масла до обработки. При производстве майонеза можно использовать и другие салатные масла, включая винтилизованное хлопковое; депарафинизированное кукурузное, сафлоровое и подсолнечное масло; рапсовое масло марки РДО; частично гидрогенизированное и винтилизированное соевое и рапсовое масло. Масла с высоким содержанием насыщенных жирных кислот или затвердевающие при пониженной температуре используются редко, поскольку они вызывают расслоение эмульсии при температуре холодильника. В табл. 11.2 приведены показатели качества салатных масел, используемых в США. Каждый показатель салатного масла влияет на определенные характеристики конечного продукта:

- **Цветность.** Салатные масла относительно слабо окрашены и практически не влияют на цвет майонеза, однако для придания конечному продукту выраженного желтого цвета допускается использование темного масла (3,0 единицы красного по шкале Ловибонда).
- **Свободные жирные кислоты.** Содержание свободных жирных кислот является контролируемым показателем качества растительных масел. После надлежащей дезодорации содержание свободных жирных кислот в маслах составляет менее 0,05% и сохраняется на этом уровне до тех пор, пока не произойдет либо термическое разложение салатного масла при перегреве, либо гидролиз, катализированный присутствием влаги или минеральной кислоты. Использование салатного масла с высоким содержанием свободных жирных кислот способствует получению более густой эмульсии в связи с более высоким содержанием α -моноглицерида.
- **Перекисное число.** Окисление является основной причиной ухудшения органолептических характеристик масла. Определение перекисного числа — один из наиболее широко используемых методов испытания качества жиров и масел, этот показатель хорошо коррелирует с органолептической оценкой продукта. Однако результаты, полученные данным методом, не обеспечивают полной и безоговорочной оценки качества масла в связи с неустойчивостью перекисных соединений и их распадом до вторичных продуктов окисления. Поэтому высокий

Вид масла и его обработка

Наименование показателя	Вид масла и его обработка				
	РДО	РДО, депарафинизированное	РДО, гидрогенизированное, винтеризованное	подсоленческое	хлопковое
соевое	рисовое	кукурузное			
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,5	1,5	3,0	1,5	3,0
Содержание свободных жирных кислот, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Вкус и аромат	Нейтральный	Нейтральный	Слабый, свойственный кукурузному	Нейтральный	Нейтральный
Йодное число, г І ₂ /100 г	130 ± 5	118 ± 8	125 ± 3	135 ± 5	108 ± 8
Индукционный период по МАК, ч, не менее	8	18	18	11	15
Холодный тест, ч, не менее	20	10	20	20	10

Обозначения: РДО — рафинированное, отбеленное, дезодорированное; МАК — метод активного кислорода.

кое содержание перекисей обычно соответствует низким органолептическим показателям масла, в то время как низкое значение перекисного числа не всегда соответствует хорошему и выраженному вкусу и аромату масла.

Вкус и аромат. Органолептическая оценка всегда будет оставаться окончательным способом определения качества масла. Появление возвратного вкуса (возвращение вкуса исходного сырья) наиболее характерно для масел, имеющих высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, к которым относятся все салатные масла, используемые для майонезов. Органолептические испытания салатных масел обеспечивают предварительную оценку вкуса готового продукта, которая позволяет обнаружить запах или привкус, не определяемые другими методами.

Йодное число. Йодное число представляет собой простую и быстро определяемую химическую константу, по которой судят о степени ненасыщенности жира или масла. Поскольку значение йодного числа прямо пропорционально содержанию ненасыщенных жирных кислот, то этот показатель является показателем устойчивости салатного масла к окислению.

Индукционный период по МАК. От окислительной стабильности салатного масла зависит сохранение приемлемого вкуса майонеза в течение желательного срока хранения. Метод активного кислорода позволяет оценить окислительную стабильность салатного масла. Чем больше индукционный период масла по МАК, т. е. промежуток времени до достижения значения перекисного числа 100 ммоль О₂/кг, тем дольше масло будет сохранять удовлетворительный вкус и аромат.

Холодный тест. Салатное масло не должно мутнеть при температуре холодильника, иначе возможно разрушение эмульсии майонеза и отделение масла. Очевидно, что чем выше результаты холодного теста, т. е. чем дольше масло не мутнеет при низкой температуре, тем дольше сохраняется стабильность эмульсии в конечном продукте.

Содержание насыщенных жиров. Насыщенные жиры являются обязательным компонентом в перечне информации о пищевой ценности любого продукта¹. Данная информация призвана помочь покупателю принять решение о соответствии конкретного продукта диете, основанной на потреблении 2000 ккал/день. Содержание насыщенных жиров можно определять по жирнокислотному составу продукта.

Транс-изомеры жирных кислот. Большинство жидких масел не должны содержать *транс*-изомеров, однако масла с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот легко подвергаются *транс*-изомеризации в процессе дезодорации. Степень изомеризации наиболее высока у линолевой кислоты и минимальна у олеиновой кислоты.

¹ В соответствии с ГОСТом Р 51074–2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования» в сведениях о пищевой ценности продуктов следует указывать общую массу жиров в 100 г (мл, см³) съедобной части продукта. — Примеч. ред.

11.6.1.2. Уксус

После заправки салата майонезом и подачи его на стол сохранение свойств майонеза уже не столь важно. Основной функцией уксуса является приздание вкуса. В настоящее время роль уксуса как консерванта, предотвращающего микробиологическую порчу майонеза, так же важна, как и роль вкусоароматической добавки. Резкий, кислый вкус и консервирующие свойства уксуса обусловлены присутствием в нем уксусной кислоты. Дистиллированный уксус обычно поставляется производителям соусов и дрессингов в концентрации 50 или 100 гран (каждые 10 гран соответствуют 1% уксусной кислоты). Уксус более высокой концентрации может быть разбавлен водой для получения желательной концентрации уксусной кислоты. Дистиллированные уксусы имеют различный вкус, который зависит от используемого сырья. Обычный уксус, получаемый окислением спирта, яблочный уксус, получаемый из сидра, солодовый или винный уксус имеют свойственный каждому наименованию вкус, который проявляется в конечном продукте. Уксус может также содержать довольно высокие количества металлов, влияющих на окислительную стабильность масла в готовом майонезе.

11.6.1.3. Яйца

Одним из важнейших ингредиентов майонеза являются яйца. Яичный желток содержит поверхностно-активные вещества — лецитин и холестерин. Кроме того, белки яиц способствуют эмульгированию путем формирования структуры геля во время коагуляции под действием кислот. Большинство производителей майонеза используют замороженные и соленые желтки [18]. Яйца также влияют на вкус и цвет конечного продукта. Кремообразная структура и насыщенность вкуса майонезов в основном зависят от правильного соотношения масла и яиц в рецептуре.

11.6.1.4. Соль

В майонезе соль усиливает вкус, играет роль консерванта и стабилизирует эмульсию. Количество соли, необходимое для консервирующего действия, изменяется в зависимости от количества яичного желтка в рецептуре майонеза. Как правило, дозировка соли составляет 1,2–1,8%. В большинстве случаев при внесении соли лимитирующим фактором является вкус, поскольку для других функций соли значительную опасность представляет использование пониженных ее количеств, а не высоких.

11.6.1.5. Сахар

Многие шеф-повара отелей и ресторанов не используют сахар в своих майонезных заправках, изготавливая свежий соус непосредственно перед подачей блюда, но в большинстве производимых промышленностью майонезов вносят сахар в целях обеспечения сладковатого вкуса, уравновешивающего резкий вкус уксуса.

11.6.1.6. Горчица

Горчица считается наиболее важной приправой, используемой при изготовлении майонеза. Горчицу вносят в майонез в виде либо порошка, либо горчичного мас-

ла. Некоторые исследователи полагают, что горчичный порошок обладает эмульгирующими свойствами, но другие оспаривают эту теорию. Горчица используется главным образом для создания вкуса, хотя горчичный порошок придает майонезу желтоватый оттенок.

11.6.1.7. Перец

При изготовлении майонеза предпочтительнее использовать белый перец, а не черный, поскольку частицы черного перца приводят к появлению темных включений в майонезе. Белый перец добавляется для придания вкуса.

11.6.1.8. Паприка

Масломолы паприки добавляют в майонез в основном ради цвета. Они характеризуются острым или мягким вкусом и запахом, в зависимости от используемого сырья. Обычно в майонезах используются масломолы с мягким вкусом, действующие в качестве красителя. При используемых в этом случае дозировках вкус паприки слишком мягок, чтобы заметно ощущаться.

11.6.2. Технология изготовления майонеза

Большинство эмульсий склонно образовывать непрерывную (дисперсионную) фазу из того ингредиента, который содержится в большем количестве, и дисперсную фазу из ингредиента, чье содержание меньше. Майонез представляет собой эмульсию, в которой соотношение ингредиентов прямо противоположно, поэтому при его изготовлении производители сталкиваются с рядом сложностей. При обращении фаз происходит разрушение эмульсии майонеза — масло становится непрерывной (дисперсионной) фазой, а водная фаза становится дискретной, хотя и не диспергируется до коллоидного состояния.

Для изготовления майонеза используют периодические и непрерывные способы производства. В классической периодической системе сухие ингредиенты диспергируют во взбитых яйцах, смешанных с половиной водно-уксусной смеси. Затем масло и полученную водно-уксусную смесь одновременно подают в смеситель различными потоками. Внесение масла следует завершить незадолго до окончания подачи водно-уксусной смеси. После внесения всех ингредиентов эмульсию взбивают в течение 1 мин при низкой скорости и направляют на фасовку.

Двухстадийное непрерывное производство майонеза включает приготовление грубодисперсной эмульсии, осуществляющее в той же последовательности, что и при изготовлении майонеза периодическим способом. Эта эмульсия может быть получена как периодическим способом, так и с использованием насоса-дозатора, что обеспечивает перемешивание в потоке или предварительное эмульгирование. Грубодисперсную эмульсию затем гомогенизируют в эмульсаторе с высокоскоростной мешалкой или в коллоидной мельнице. В других непрерывных системах производство майонеза осуществляется в одну стадию, путем смешивания ингредиентов в различной последовательности для получения однородных, стабильных эмульсий.

Температура масла и других ингредиентов во время перемешивания оказывает влияние на густоту, вязкость и стабильность майонеза. При введении в эмульсию слишком теплого салатного масла и других ингредиентов полученный майонез будет иметь более низкую стабильность и более жидкую консистенцию, чем приготовленный из холодных ингредиентов. Рекомендуемая температура смешивания — от 4,4 °С до 21,1 °С. При конечной температуре майонеза выше 23,9 °С эмульсия не образуется [1, 19, 21].

11.7. Густые соусы

Густой салатный соус представляет собой продукт, внешне похожий на майонез, подобный ему и по вкусу, зачастую ошибочно принимаемый за более дорогостоящий продукт. Густой салатный соус был разработан во времена Великой депрессии как недорогая альтернатива майонезу. Он имеет кислый и резкий вкус, тогда как у майонеза вкус относительно мягкий, более нежный и изысканный. Майонез и густой салатный соус являются взаимозаменяемыми продуктами при использовании для бутербродов, салатов и в качестве заправки для различных блюд. Разделение рынка соусов для заправки зависит от предпочтения вкуса одного продукта по отношению к другому, как правило, не зависящего от качества или цены продукта. Государственный стандарт США на майонез и густой салатный соус был утвержден в 1928 г. и уменьшил путаницу, вызванную отсутствием единого подхода к этому виду продуктов. Стандарт идентичности на эти продукты был окончательно принят Управлением по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (FDA) в 1950 г. [18, 19]. Салатные соусы представляют собой эмульгированные полутвердые пищевые продукты, содержащие следующие компоненты [20]:

- **Салатное масло.** Массовая доля растительного масла или смеси масел должна быть не менее 30%. Допускается внесение в масла окисстеарина, лецитина или эфиров полиглицерина в качестве ингибиторов кристаллизации.
- **Крахмальная паста.** Используют полностью или частично готовую крахмальную пасту, полученную из пищевого крахмала, модифицированного пищевого крахмала, муки тапиоки, пшеничной и ржаной муки, или из любых двух или более указанных компонентов, для изготовления пасты может быть использована вода.
- **Подкислители.** Используют два вида подкислителей, по отдельности или в сочетании:
 - любой вид уксуса, водно-уксусная смесь, уксус, смешанный с лимонной (яблочной) кислотой, при условии, что массовая доля лимонной кислоты не превышает 25% от количества уксусной кислоты; любая смесь уксусов может использоваться в качестве уксуса;
 - соки лимона и лайма в любой форме, для которой возможно разбавление водой.
- **Яичные желтки.** Допускается использование различных ингредиентов, содержащих яичные желтки: сырые, замороженные или сухие яичные желтки; сырые,

замороженные цельные яйца или яичный порошок; или любой из указанных ингредиентов (по отдельности или в сочетании) в смеси с сырьим или замороженным яичным белком. Дозировка должна быть не менее 4% в пересчете на сырье яичные желтки.

- **Дополнительные ингредиенты.** В состав салатного соуса могут также входить соль, углеводные подсластители, глутамат натрия, а также любые специи, кроме шафрана и куркумы, или натуральные ароматизаторы, обеспечивающие натуральный цвет яичного желтка без использования красителей. Для сохранения вкуса и цвета допускается использование комплексообразователей, например, ЭДТА или других, разрешенных для данного применения.
- **Защитная атмосфера.** Салатные соусы можно смешивать и фасовать в атмосфере, в которой воздух полностью или частично замещен диоксидом углерода или азотом.

Использование крахмальной пасты отличает салатные соусы от майонеза, тогда как большинство остальных ингредиентов совпадают. Салатные соусы могут различаться по содержанию масла: в соусах более низкого качества массовая доля масла от 30 до 35%, в соусах более высокого качества — от 40 до 50%. Жидкие растительные масла для салатных соусов подбираются по тем же критериям, что и для майонеза. Масло изменяет ощущения во рту, создаваемые крахмальной пастой, повышая ее мягкость, однородность и «сдобность». Содержание масла не является параметром, определяющим вязкость и густоту салатного соуса. Эти характеристики зависят от типа и количества используемого крахмала. При снижении дозировок яиц и масла следует увеличить количество крахмальной пасты, что влечет за собой необходимость изменения содержания кислоты и сахара, чтобы обеспечить стабильность продукта и сохранить сбалансированный вкус. Улучшение вкуса, консистенции, текстуры и стабильности достигается путем повышения содержания масла, поскольку при этом характеристики салатных соусов сближаются с характеристиками майонеза.

При производстве салатных соусов первым этапом является изготовление крахмальной пасты, которую затем смешивают с яйцами и маслом. Данный этап — один из наиболее критических моментов в процессе производства салатного соуса. Соотношение ингредиентов в рецептуре крахмальной пасты должно обеспечить получение требуемого салатного соуса. Процесс брожения представляет собой наиболее серьезный вид порчи салатного соуса. Для предупреждения брожения количество уксуса, соли и сахара в рецептуре должно быть достаточно высоким. Для уничтожения бактерий родов *Salmonella* и *Staphylococcus* необходим уровень pH ниже 4,0, что обеспечивается содержанием уксусной кислоты от 0,90 до 0,93% [18]. Минимальная массовая доля соли составляет 1,5%. Излишне кислый и соленый вкус, обусловленный использованием большого количества уксуса и соли, соответственно, в значительной степени ослабляется благодаря применению большого количества подсластителей. Довольно часто в салатных соусах содержание подсластителей эквивалентно 10% сахара. Вкусоароматические свойства салатных соусов выражены гораздо сильнее, чем в майонезе, поэтому выбор специй и пряностей для салатных соусов очень важен. На крахмальную пасту воздействуют белки специй и яиц,

действующие как эмульгаторы после кислотной коагуляции. При обработке на колloidной мельнице белок диспергируется, изменяя текстуру крахмала и способствуя получению более сухого и менее вязкого соуса.

Способ приготовления крахмальной пасты также влияет на свойства готового салатного соуса. Крахмальная паста часто становится причиной проблем при отсутствии тщательного контроля процессов приготовления, охлаждения и дальнейшего использования. При недоваривании крахмальной пасты получается водянистый, нестабильный продукт, склонный к брожению, тогда как переваривание приводит к сочетанию неустойчивости и изменений вязкости готового продукта. В настоящее время применяют различные способы приготовления и охлаждения соусов: от периодического процесса с использованием котлов с паровой рубашкой и водяного охлаждения до непрерывных процессов изготовления и охлаждения пасты. Температура процесса зависит от оборудования, интенсивности перемешивания, типа крахмала, а также от наличия или отсутствия сахара и уксуса в составе пасты. Необходимым условием является быстрое охлаждение пасты до 32 °C. Изготовление салатных соусов после подготовки крахмала в целом совпадает с производством майонеза. Крахмальную пасту смешивают с основой майонеза, состав которой изменен в целях получения конечного густого салатного соуса. Упаковку, транспортировку и хранение салатных соусов осуществляют так же, как и майонеза.

11.8. Жидкие дрессинги

На прилавках магазинов и у дистрибуторов пищевых продуктов присутствует огромный ассортимент расслаивающихся и эмульгированных дрессингов — приправ для салатов. Данная категория продуктов сначала была представлена ограниченным набором вкусов. Французская приправа была одной из самых первых разновидностей дрессингов, получивших признание, и являлась единственным жидким дрессингом, попадающим под действие стандарта идентичности. На другие дрессинги действие стандарта не распространялось, но все используемые для их приготовления ингредиенты должны иметь разрешение FDA. В состав большинства жидких дрессингов входит относительно большое количество уксуса или уксусной кислоты, а также соли, что предупреждает развитие брожения в течение срока реализации данных дрессингов и их использования при комнатной температуре.

Производится два различных вида жидких дрессингов: расслаивающиеся и эмульгированные. В расслаивающемся дрессинге присутствует масляная фаза, отделенная от водной фазой и расположенная над ней. Во многих случаях обе фазы готовятся раздельно и заполняют емкость как два отдельных продукта. Этот вид дрессингов перед употреблением нужно встряхивать, после чего они быстро расслаиваются. В состав некоторых расслаивающихся дрессингов входят эмульгаторы, такие как полисорбат 60 (E435), что помогает сохранять полученную эмульсию немного дольше и повысить однородность дрессинга. Наиболее популярна итальянская разновидность расслаивающихся дрессингов.

Эмульгированные жидкие дрессинги состоят из одной фазы, для сохранения кремообразной, нерасслоившейся консистенции используют гомогенизацию или смешивание. В процессе гомогенизации уменьшаются размеры капель масла, что позволяет получить однородный, кремообразный соус. Смешанный соус стабилизируется и загущается за счет использования камеди. Первым гомогенизованным дрессингом данной категории была приправа *Green Goddess*, появившаяся в продаже в 1964 г. Большинство однородных текущих дрессингов в настоящее время эмульгируют путем гомогенизации, без использования камедей. Широко известны гомогенизованные жидкие дрессинги «Сельский» (*Ranch*), «На пахте» (*Buttermilk*), «Итальянский сливочный» (*Creamy Italian*), «Цезарь» (*Caesar*), «Русский» (*Russian*) и другие.

11.8.1. Французский дрессинг

Французский дрессинг производится в соответствии со Стандартом идентичности США. Использовать это название допускается по отношению к дрессингам, отвечающим требованиям 21 CFR 169.115 [20]. Французский дрессинг представляет собой расслаивающийся жидкий или эмульгированный вязкий жидкий пищевой продукт, в состав которого входят следующие ингредиенты:

- **Салатное масло.** Массовая доля растительного масла должна быть не менее 35%. Допускается внесение в масло окисстеарина, лецитина или эфиров полиглицерина в качестве ингибиторов кристаллизации.
- **Подкислители.** Используют два вида подкислителей, по отдельности или в сочетании:
 - любой вид уксуса, водно-уксусная смесь, уксус, смешанный с лимонной (яблочной) кислотой, при условии, что массовая доля лимонной кислоты не превышает 25% от количества уксусной кислоты; любая смесь уксусов может использоваться в качестве уксуса;
 - соки лимона и лайма в любой форме, для которой возможно разбавление водой.
- **Дополнительные ингредиенты.** В состав французского соуса могут также входить соль, углеводные подсластители, специи или натуральные ароматизаторы, глутамат натрия, томатная паста или пюре, кетчуп, херес, яйца или ингредиенты, полученные из яиц, добавки, придающие требуемый цвет, стабилизаторы и загустители. Для сохранения вкуса и цвета допускается использование комплексообразователей, например, ЭДТА или других, разрешенных для данного применения. В качестве солюбилизирующих агентов допускается использование карбоната кальция (E170i), гексаметаfosфата натрия (без ограничений), а также диоктилсульфосукцинат натрия (E480) в количестве, не превышающем 0,5% от массы загустителя или стабилизатора.
- **Защитная атмосфера.** Французский дрессинг можно смешивать и фасовать в атмосфере, в которой воздух полностью или частично замещен диоксидом углерода или азотом.

Французские дрессинги обычно содержат от 55 до 65% салатного масла, несмотря на то, что требуемое стандартом содержание составляет 35%. Повышенное содержание масла позволяет достичь более высоких органолептических показателей. Камеди или используемые стабилизаторы более заметно влияют на органолептику при низком содержании масла, придавая продукту вязкость и слизистость вместо кремообразной консистенции, создающей приятные ощущения во рту, которая имеет место при более высоком содержании масла.

11.9. Высокостабильные масла

Как правило, жидкые масла не обладают окислительной стабильностью, необходимой для обеспечения сроков хранения готовой продукции. Тем не менее для высокостабильного масла главной особенностью является сочетание жидкого состояния при комнатной температуре с устойчивостью к окислению. Большинство растительных масел, жидких при комнатной температуре, имеют высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот. Полиненасыщенные кислоты имеют низкую температуру плавления и обеспечивают жидкое состояние масла, но крайне легко поддаются окислению. В связи с этим применение большинства жидкых масел ограничивается производством продукции, для которой не предусмотрен длительный срок хранения. Существуют два способа повышения стабильности жидких масел при сохранении их функциональных особенностей и пищевой ценности [22]:

- гидрогенизация и фракционирование для отделения стеариновой или других твердых фракций от олеиновой или мягкой фракции, которую используют в качестве высокостабильного масла;
- использование технологий селекции растений в целях получения из них масел с низким содержанием полиненасыщенных кислот и высоким содержанием мононенасыщенных.

В табл. 11.3 приведены характеристики трех выпускаемых промышленностью высокостабильных масел, получаемых с использованием указанных выше способов. Каждое из этих масел имеет высокое содержание олеиновой кислоты и относительно низкое содержание насыщенных жирных кислот, что обеспечивает высокую устойчивость к окислению и жидкую консистенцию.

11.9.1. Технологическое получение высокостабильного масла

В процессе гидрогенизации происходит насыщение двойных связей и превращение линоленовой кислоты ($C_{18:3}$) в линоловую ($C_{18:2}$), а линоловой в олеиновую ($C_{18:1}$). Оптимальным вариантом является прекращение реакции после превращения всех полиненасыщенных кислот в мононенасыщенные. Однако процесс гидрогенизации не является настолько селективным, чтобы обеспечить насыщение лишь конкретных двойных связей, поэтому при гидрогенизации из полиненасыщенных кислот в значительном количестве образуется также стеариновая кислота, имеющая

Таблица 11.3. Состав и характеристика высокостабильных жидкых масел

Показатель	Технологически модифицированные масла			Селекционно модифицированные масла		
	РДО, гидрогенизированное, вымороженное соевое масло	РДО, гидрогенизированное, фракционированное с растирителем соевое и хлопковое масло	РДО, сафлоровое масло	РДО подсолнечное масло	РДО рапсовое масло	
Жирнокислотный состав, %:						
лауриновая $C_{12:0}$	—	1,0	—	—	—	—
миристиновая $C_{14:0}$	—	1,0	0,1	—	—	—
пальмитиновая $C_{16:0}$	9,0	9,0	3,6	4,0	3,6	3,6
пальмитолеиновая $C_{16:1}$	—	1,0	—	—	0,6	0,6
маргариновая $C_{17:0}$	—	—	—	—	0,3	0,3
стеариновая $C_{18:0}$	3,8	5,0	5,2	4,0	4,7	4,7
олеиновая $C_{18:1}$	63,0	78,0	81,5	80,0	85,7	85,7
линолевая $C_{18:2}$	22,0	5,0	7,3	9,0	2,1	2,1
линоленовая $C_{18:3}$	1,0	—	0,1	Следы	0,1	0,1
арахиновая $C_{20:0}$	—	—	0,4	0,5	0,7	0,7
гадолиновая $C_{20:1}$	—	—	—	—	1,7	1,7
бензеновая $C_{22:0}$	—	—	0,3	1,0	0,3	0,3
эруковая $C_{22:1}$	—	—	—	—	0,2	0,2
Устойчивость к окислению*	3,5	0,6	1,7	1,9	1,2	1,2
Подное число, г $J_2/100$ г	92	78	82	85	78	78

* 1 соответствует наилучшей устойчивости, 10 – наихудшей (см. п. 4.3.1, табл. 4.2).

высокую температуру плавления. В результате образования тугоплавкой стеариновой фракции получается масло, обладающее более высокой окислительной стабильностью, но непрозрачное при комнатной температуре. Для получения желательного внешнего вида высокостабильного масла необходимо физически удалить твердые тугоплавкие фракции. Для разделения твердых и жидкых триглицеридов используют методы фракционирования, основанные на различиях их температур плавления. Олеиновую фракцию, в которой содержится повышенное количество олеиновой кислоты, используют в качестве высокостабильного масла. Применяют следующие методы фракционирования:

- винтеризация (вымораживание) как разновидность сухого фракционирования;
- фракционирование с помощью детергентов;
- фракционирование с растворителем.

Преимуществом фракционирования жидкого масла является также концентрирование в олеиновой или жидкой фракции токоферолов — натуральных антиоксидантов растительных масел, что в дальнейшем повышает окислительную стабильность.

11.9.2. Применение селекционных методов

Генная инженерия представляет собой мощный инструмент для создания масел с новым составом. Высокостабильные масла могут быть полученыенным методом практически из любых видов маслосемян; высокостабильные подсолнечное и сафлоровое масла уже производятся в промышленных масштабах. В табл. 11.3 представлены данные, позволяющие сравнить характеристики высокостабильных масел, полученных путем технологической обработки и из генетически модифицированных источников (ГМИ). Все эти масла имеют низкое содержание насыщенных кислот, они в большей степени сходны с оливковым маслом, чем остальные растительные масла, производимые в США. Высокое содержание олеиновой кислоты обуславливает высокую вязкость продукта. Технология генной инженерии является альтернативой методу гидрогенизации и фракционирования, но обладает рядом преимуществ, поскольку позволяет получить масло с низким содержанием насыщенных кислот и высоким содержанием мононасыщенных, а также с низким содержанием *транс*-изомеров жирных кислот.

11.9.3. Применение высокостабильных масел

Высокостабильное масло, полученное любым способом, можно использовать во всех случаях, требующих сочетания жидкого состояния и устойчивости к окислению для обеспечения качества или условий обработки конечного продукта. Масла с высоким содержанием мононенасыщенных жирных кислот применяют в качестве следующих продуктов:

- **Фритюрные масла.** Высокое содержание мононенасыщенных кислот обуславливает повышенную стабильность в процессах жарки путем уменьшения спо-

собности к окислению и полимеризации. Высокостабильное масло почти также устойчиво при жарке, как и селективно гидрогенизованные фритюрные жиры для жарки в интенсивном режиме.

- **Барьерные или разбрзгиваемые масла.** Будучи нанесенным на поверхность продукта, высокостабильное масло защищает продукт от проникновения влаги и кислорода, предотвращая комкование и придавая поверхности глянцевый вид. Этот способ защиты применяется для изюма и других фруктов, зерновых завтраков, ядер орехов, снэков, сухариков, панировочных сухарей, крекеров, специй и приправ.
- **Носители.** Красители, ароматизаторы и вкусоароматические добавки можно смешивать с высокостабильным маслом для сохранения цвета, вкуса и аромата, а также повышения стабильности при хранении без появления нежелательных привкусов и запахов и потери текучести.
- **Смазывающий агент.** Масло наносят как распылением, так и смазыванием формы для выпечки, а также на кондитерские изделия или другие продукты, т. е. в тех случаях, где удобно использовать жидкое масло, устойчивое к окислению.
- **Пищевая смазка.** Высокостабильное масло является альтернативой минеральному при смазывании оборудования, которое может находиться в контакте с пищевыми продуктами.
- **Совместимое масло.** Высокостабильное масло при смешивании совместимо с любыми жирами и маслами независимо от их полиморфной формы, поскольку не имеет кристаллической структуры.

Литература

1. Mattil, K. F. Cooking and salad oils and salad dressings // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. — 3rd ed. — New York: Interscience, 1964. — P. 249–263.
2. Neumunz, G. M. Old and new in winterizing // *JAOCS*, 1978, 55, 396A–398A.
3. Weiss, T. J. Salad oil manufacture and control // *JAOCS*, 1967, 44, 146A–148A.
4. Krishmaurthy, R. G., Witte, V. C. Cooking oils, salad oils, and oil based dressings // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H., ed. — Vol. 3 — 5th ed. — New York: Wiley–Interscience, 1996. — P. 195.
5. *Fats and Oils Situation* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 1977.
6. *Fats and Oils Situation* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 1981.
7. *Oil Crops Situation and Outlook Yearbook* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2002.
8. *Fats and Oils Situation and Outlook Yearbook* / USDA. — Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 2002.
9. Erickson, D. R. Soybean oil: update on number one // *JAOCS*, 1983, 60, 356.
10. Gupta, M. K. Cottonseed Oil for Frying: Benefits and Challenges // New Orleans, LA: paper presented at 42nd Oilseed Processing Clinic, March 8–9, 1993. — P. 19.
11. Haumann, B. F. Mediterranean product consumed worldwide // *INFORM*, 1996, 7, 890–903.
12. Kimbrell, W., Maki, D. A. Moving to Mediterranean // *Food R&D*, 1995, 2(2), 1–6.
13. Anon., P & G test markets a blended Crisco oil // *INFORM*, 1991, 2, 373.

14. Leo, D. A. Packaging of fats and oils // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Applewhite, T. H., ed. — New York: John Wiley & Sons, 1985. — P. 313–315.
15. Mounts, T. L. Using nitrogen to stabilize soybean oil // *INFORM*, 1993, 4, 1377.
16. Warner, K., Mounts, T. L. Flavor and oxidative stability of hydrogenated and unhydrogenated soybean oils, efficacy of plastic packaging // *JAOCS*, 1984, 61, 549.
17. Weiss, T. J. Household shortenings // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 184.
18. Moustafa, A. Salad oil mayonnaise, and salad dressing // *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* / Erickson, D. R., ed. — Champaign, IL: AOCS Press, and St. Louis, MO: United Soybean Board, 1995. — P. 314–338.
19. Finberg, A. J. Advanced techniques for making mayonnaise and salad dressing // *Food Eng.*, 1991, 27(2), 83–91.
20. U.S. Standards of Identity 21 CFR 169.115, 21 CFR 169.140, 21 CFR 169.150 // *Federal Register* — 1990, April 1.
21. Weiss, T. J. Mayonnaise and salad dressing // *Food Oils and Their Uses* — 2nd ed. — Westport, CN: AVI Publishing, 1983. — P. 211–246.
22. Miller, K. L. High-stability oils // *Cereal Foods World*, 1993, 38, 478–482.

Глава 12

Управление качеством

12.1. Введение

Переработка жиров и масел включает в себя ряд процессов, в ходе которых исходный материал подвергается физическим и химическим изменениям. Исходные ингредиенты — пищевые растительные масла и топленые животные жиры — представляют собой натуральные продукты, которые по своей природе имеют переменные характеристики. Контроль процессов переработки масел требует рассмотрения проблем, связанных со следующими моментами:

- свойства сырья;
- крупномасштабная переработка материалов;
- параметры проведения каждого процесса или операции;
- методы внутренних и внешних испытаний и различия между ними;
- определение потребностей и пожеланий потребителей.

Для осуществления контроля на целесообразном экономическом уровне необходимо наличие квалифицированного персонала и системы поддержания и улучшения качества [1].

Эффективный и экономически целесообразный контроль качества пищевых жиров и масел требует совместных действий всех заинтересованных функциональных подразделений, в том числе технологической службы, отделов разработки продуктов, обеспечения качества, продаж и контроля качества, производственных участков. Каждое из этих подразделений имеет свои основные функции:

- **Технологические службы** — взаимодействие с потребителями и отделом разработки, до реализации продукта — в целях выявления характеристик продукта, которых следует добиться для обеспечения требуемых функциональных характеристик, а после продажи — в целях разрешения претензий к качеству;
- **Отдел разработки продуктов** — работа в двух направлениях:
 - разработка продуктов, которые производственный отдел может выпускать бесперебойно и наиболее экономически эффективно, обеспечивая функциональные характеристики, установленные технологическими службами;

- выявление новых продуктов или процессов, которые в функциональном или экономическом отношении превосходят конкурирующие продукты.
- **Отдел обеспечения качества** — разработка и внедрение комплексной системы специальных мероприятий для контроля материалов, процессов и продуктов, основанной на требованиях потребителей к качеству, дизайну продукта, а также на требованиях, предъявляемых к производственному процессу в целях обеспечения своевременной поставки продуктов надлежащего качества при минимальных затратах.
- **Отдел продаж** — взаимодействие с заказчиками на основе установленного порядка. Информация о новых требованиях к продукту или его недостатках обычно в первую очередь поступает в отдел продаж, поэтому в его обязанности входит подключение подразделений, имеющих отношение к обеспечению качества, к решению вопросов, связанных с удовлетворением потребностей заказчиков.
- **Производственные участки** — производство и поставка продуктов, полностью отвечающих требованиям потребителей, наиболее экономически эффективным способом.
- **Отдел контроля качества** — производственная деятельность, связанная с применением комплексной системы оценки материалов, процессов и готовой продукции, основанная на требованиях потребителей, разработанных спецификациях, требованиях, предъявляемых к производственному процессу в целях обеспечения своевременной поставки качественной продукции при минимальных затратах.

Системы управления качеством — совокупность взаимосвязанных процедур и методов, обеспечивающих поставку качественной продукции каждому заказчику. Управление качеством начинается с определения требований потребителей и продолжается в ходе разработки продукта, его производства, расчета себестоимости продукта, в процессе сбыта, доставки и обслуживания потребителей после продажи. Успешный выход продукта на рынок и последующее производство качественной продукции требуют совместных действий многих людей из разных подразделений предприятия. Для того чтобы производимые продукты соответствовали требованиям потребителей или превосходили их, необходима координация всех отдельных действий. Каждая технологическая операция играет определенную роль и должна осуществляться во взаимосвязи с другими процессами, чтобы производимый продукт имел требуемые функциональные характеристики и качество. Тщательно спланированные и проверенные технологические этапы — необходимое предварительное условие гарантии того, что надлежащие действия осуществляются своевременно, обеспечивая тем самым выполнение требований потребителя. **Стандарты предприятия** — термин, установленный для описания совокупности взаимосвязанных операций, необходимых для производства качественных продуктов. Стандарты предприятия представляют собой письменные инструкции для каждого функционального подразделения, которыми они должны руководствоваться, чтобы обеспечить изготовление качественного продукта, отвечающего пожеланиям и потребностям заказчика.

12.2. Стандарты предприятия

Стандарты предприятия — первый необходимый элемент надлежащего управления качеством, предполагающий выполнение всех предписанных операций, четкое определение и доведение до всех уровней управляющего и производственного персонала требований к качеству, ожидаемому при выполнении каждой операции. Главной целью стандартов предприятия является предоставление основы для контроля технологического процесса, но помимо этого они облегчают осуществление ряда других важных действий, в том числе:

- расчет себестоимости продукта;
- постоянное документирование изменений показателей продукта и технологии производства;
- записи об изменениях параметров процесса с указанием причин этих изменений;
- периодические проверки продукта и технологического процесса.

Стандарты предприятия должны в простой, но при этом подробной и всеобъемлющей форме описывать все требования к параметрам, технологии, качеству сырья и продукции, необходимые для производства качественного продукта. Такому подходу наиболее полно отвечает разделение документации на три отдельных группы:

- 1) спецификации;
- 2) описание процедур;
- 3) методы испытаний.

12.3. Спецификации

Спецификации — упорядоченная совокупность определенных контролируемых показателей материалов, процессов и продуктов, разработанная на основе требований потребителей, функциональных характеристик продуктов и возможностей производственного процесса по обеспечению своевременной поставки качественной продукции при наименьших затратах. Спецификации представляют собой конкретное руководство для осуществления основных мероприятий:

- закупка основного и вспомогательного сырья, ингредиентов и упаковочных материалов;
- переработка промежуточных продуктов;
- выбор рецептуры конечного продукта.

Конечный продукт масложировых предприятий становится ингредиентом и сырьем для производителей пищевых продуктов, которые разрабатывают свои собственные спецификации. Таким образом, спецификации определяют функциональные характеристики и устанавливают испытания, результаты которых могут подтверждать соответствие функциональных свойств требованиям потребителя.

Разработка спецификаций требует логического мышления и программного планирования, чтобы полученный документ предоставлял простые, подробные,

полные и понятные инструкции. Цель спецификаций — выделить показатели, важные для большой совокупности взаимодействующих людей, которые покупают продукт, снабжают им предприятия, принимают его, перерабатывают, упаковывают, оценивают, хранят, транспортируют и используют. Каждая спецификация должна определять характеристики продукта настолько широко, чтобы при наличии этого документа можно было легко определить все необходимые параметры. Для rationalной системы контроля комплексной переработки пищевых жиров и масел в функциональные ингредиенты, используемые в производстве пищевых продуктов, требуется пять разных типов спецификаций: ингредиентов, упаковки, продукции, инструкции по использованию и краткие сводные спецификации.

12.3.1. Структура спецификаций

Каждая спецификация должна содержать четкое указание на название фирмы, выпустившей эту спецификацию, дату, общепринятое наименование ингредиента, упаковки или продукта. Большое значение имеет также разработка системы нумерации спецификаций, которая должна позволить персоналу и компьютерным системам правильно соотносить данную спецификацию с конкретным продуктом. Эта и другая необходимая информация, общая для всех спецификаций, должна быть представлена в унифицированном виде. Единый способ представления информации легче внедрить в случае принятия формы, которую можно адаптировать для спецификаций всех типов. Унифицированную форму следует разрабатывать профессионально, что позволит обеспечить ее значимость и официальный статус для внутренних и внешних пользователей этого вида документов.

На рис. 12.1 представлена форма спецификации, которая может успешно использоваться при создании спецификаций закупаемых и производимых продуктов, а также для других типов данных документов, удобных для использования в процессе управления качеством. Эта форма содержит три раздела, два из которых предназначены для информации, общей для всех спецификаций. Третий раздел спецификации является основным — в нем для каждого типа спецификации в логической последовательности представлены определения, рецептуры, требования к качеству и другие характеристики, которые меняются в зависимости от конкретного продукта. Ниже приведены рекомендации по содержанию общих разделов в соответствии с блоками, обозначенными на рис. 12.1 буквами.

- **A — описание продукта.** В этом блоке приводят общепринятое наименование ингредиента, внутреннее наименование продукции или наименование упаковки. В описательный блок допускается включать указание на назначение материала, а также другую информацию, способствующую идентификации продукта.
- **B — цифровая идентификация документа.** Спецификация для конкретного продукта имеет постоянный номер. При любом изменении продукта устанавливают новый номер варианта, однако номер спецификации остается неизменным.

Точное соответствие между продуктом и номером спецификации должно сохраняться в течение всего времени наличия данного продукта в ассортименте.

Название фирмы и логотип		СПЕЦИФИКАЦИЯ	
Наименование про- дукта, материала или операции A	Дата вступления в силу C	Спецификация № B	
		Принято взамен: Спецификация № D	Вариант Дата введения E
Рассылка		Основание для изменения	
E	Разработчик	F	
		Ответственное лицо	
G	Дата	I	
		J	

Рис. 12.1. Универсальная форма спецификации

и лишь по истечении 1 года после прекращения действия номер спецификации может быть снова активизирован для другого продукта. Но даже в этом случае номер варианта обязательно устанавливают в продолжение предыдущего. Этот временной интервал нужен для того, чтобы все системы могли удалить номер спецификации и устранили соответствие с продуктом, исключенным из ассортимента.

- **C — дата вступления в силу.** Эта дата указывает производственному и расчетному отделам момент, с которого данная спецификация вступает в силу или же ее новый вариант начинает действовать взамен предыдущего.
- **D — информация о предыдущем варианте документа.** Указывают номер спецификации, номер предыдущего варианта и дату его вступления в силу.
- **E — рассылка.** В данном блоке приводят перечень лиц, которым осуществляется рассылка каждой конкретной спецификации. Он должен быть основан на списке должностей и мест работы, а не на списке персоналий, что позволяет охватить все необходимые должности и подразделения. Для экономии места в спецификации лучше использовать буквенные и цифровые коды, например, буквами обозначают подразделения и их местонахождение:
 - G** — головной офис;
 - S** — производственное предприятие;
 - J** — другие предприятия.

Цифровым кодом обозначают должность, например:

- 1 – директор завода;
- 2 – менеджер по контролю качества на предприятии;
- 3 – лаборатория контроля качества на предприятии;
- 4 – технолог предприятия;
- 5 – заведующий производством;
- 6 – менеджер расчетного отдела;
- 7 – менеджер по обеспечению качества;
- 8 – руководитель отдела научных исследований и разработок.

- **F – основание для изменения.** Приводится информация, предназначенная для оповещения пользователей о конкретных изменениях и причинах, их вызвавших. В этом блоке должны быть перечислены все изменения, чтобы пользователю не пришлось изучать весь документ для их выявления. В правом поле рядом с фактическим изменением рекомендуется размещать пометку «Изм.» в качестве дополнительного средства, облегчающего обнаружение изменений персоналом, пользующимся этой спецификацией.
- **G – разработчик.** Подпись разработчика данного документа подтверждает соответствие напечатанной спецификации требованиям потребителя или функциональным свойствам продукта.
- **H – дата.** Этот блок заполняется разработчиком и указывает дату подписания документа.
- **I – ответственное лицо.** Важно, чтобы все спецификации или, по крайней мере, все спецификации одного типа утверждались только одним ответственным лицом. Это сводит к минимуму риск появления различий в спецификациях, утвержденных несколькими ответственными лицами, что приводит пользователей в замешательство. Подпись ответственного лица также подтверждает, что требования спецификации были проверены с точки зрения возможности их выполнения производственным отделом.
- **J – дата.** Показывает дату подписания документа ответственным лицом.

12.3.2. Спецификации ингредиентов

Спецификации ингредиентов представляют собой строгие технические требования, предъявляемые к ингредиентам, включая все показатели качества, состав, юридический статус и другие характеристики, которые могут влиять на конечное использование продукта. Работающим с предприятием и предполагаемым поставщикам предоставляются копии спецификаций, разработанных для закупаемых ингредиентов, и все изменения. Эти спецификации являются основой для взаимодействия между поставщиком и производителями масложировой продукции и охватывают несколько потребностей обеих сторон:

- содержат описание потребностей потребителя (заказчика);
- служат основой для расчета затрат на ингредиенты;
- служат правовой и технической основой для заключения контракта на закупку;
- служат документальным подтверждением приемлемости стандартов заказчика на ингредиенты.

Спецификация ингредиента – это компромисс между потребностями заказчика и возможностями поставщика. В ней должны быть определены функциональные характеристики ингредиента, а не способ его производства. Производитель ингредиента имеет больше знаний и опыта по производству своего продукта, чем его потребитель; поэтому потребитель ингредиента должен описать свои требования и позволить производителю определить лучший способ их удовлетворения.

Разработка спецификации закупаемого ингредиента требует рассмотрения нескольких общих положений, имеющих отношение к способу описания требований к ингредиенту. Во-первых, ожидаемые свойства ингредиента следует определять с использованием наиболее подходящих параметров. Эти параметры должны быть контролируемыми и измеряемыми – указание в качестве требований показателей, которые нельзя измерять или контролировать, заранее обречено на провал. Во всех возможных случаях необходимо использовать стандартные методы испытаний, принятые в отрасли, производящей этот ингредиент. Однако следует включать в спецификации и специальные или усовершенствованные методики, позволяющие получить более точные или быстрые результаты по сравнению со стандартными процедурами.

Необходимо определить допустимые отклонения для каждого задаваемого параметра, поскольку почти все методики анализа и оценки функциональных характеристик дают некоторый разброс результатов. Разработчики спецификаций ингредиентов склонны устанавливать минимальные допуски, однако задание излишне жестких требований нерационально. Выполнение жестких допусков, как правило, снижает доступность ингредиента или увеличивает его стоимость. Возможные допуски могут быть достаточно большими, если при этом ингредиент удовлетворительно выполняет свои функции, но они не должны быть настолько широкими, что спецификация становится бесполезной.

Необходимо определить относительную значимость указанных в спецификации параметров. Некоторые являются очень важными, и ингредиент может быть пригодным только в узком интервале значений этих параметров. Другие имеют второстепенное значение и не заслуживают большого внимания. Значимость требований можно выразить, разделив их на категории: критически важные, важные и несущественные.

Поставщик ингредиента должен быть свободен в выборе лучшего способа его производства, однако должен быть известен и указан точный состав поставляемой продукции. В большинстве случаев ингредиент становится частью конечного пищевого продукта, для которого требуется обязательное указание состава в маркировке, соблюдение требований к безопасности и некоторых других законодательных требований.

Спецификации ингредиентов должны быть как можно более подробными. Хотя могут оказаться необходимыми ссылки на другие источники информации, например, на методики проведения испытаний, отраслевые стандарты или религиозные требования, каждая спецификация ингредиента должна быть по возможности полной, чтобы сводить к минимуму потребность в ссылках на другие источники информации для более точного понимания [2].

Существуют многочисленные ресурсы, которые следует использовать при разработке спецификации ингредиента. Во многих случаях наилучшим источником данных об ингредиентах являются их производители, которые обычно обладают подробной информацией о сравнительных параметрах своей продукции. Они обычно предоставляют спецификации своего продукта или результаты типичных анализов, которые не обязательно должны включаться в полную спецификацию закупаемого ингредиента. Другими информационными ресурсами являются Свод данных по пищевым добавкам (*Food Chemical Codex, FCC*)¹ и Свод федеральных постановлений (*Code of Federal Regulations, CFR*). В *FCC* собраны спецификации многих пищевых добавок, тогда как в *CFR* содержатся стандарты идентичности на различные пищевые продукты и приведена классификация многих видов сельскохозяйственного сырья. Кроме того, многочисленные торговые организации создали стандарты для своих продуктов, многие научно-технические общества разработали стандартные аналитические методы для определенных категорий продуктов, например, Ассоциация официальных химиков-аналитиков (*Association of Official Analytical Chemists*), Американское общество зерновых химиков (*American Association of Cereal Chemists*), Ассоциация химиков-аналитиков (*Association of Analytical Chemists*). Эти стандартизованные методы составляют важную часть спецификации ингредиента. Кроме того, не следует пренебрегать таким ресурсом, как справочники и публикации по пищевым продуктам. Другим ценным источником информации при разработке спецификации для новых ингредиентов могут быть уже существующие спецификации для сходных ингредиентов [3].

12.3.2.1. Структура спецификаций ингредиентов

Структура спецификации ингредиентов может быть унифицирована на основе формы, приведенной на рис. 12.1. Основной раздел всех спецификаций ингредиентов должен содержать следующую информацию [3]:

- Декларация соответствия.** Первым пунктом листа спецификации должно быть общее заявление о соответствии требованиям действующих нормативных документов соответствующих государственных органов.
- Определение.** Определение ингредиента представляет собой его описание с указанием физической формы и состава. Желательно указать, что ингредиент должен соответствовать требованиям определенного нормативного документа, например, стандарта на конкретное вещество или стандарта *FCC*², имеет ли он растительное или животное происхождение, является ли он природным или искусственным, существуют ли какие-либо религиозные требования к нему и т. д. Во многих случаях может иметь значение способ обработки, например, должен

ли ингредиент подвергаться гидратации, пастеризации, сушке или некоторым другим видам обработки. Некоторые материалы могут быть обозначены по функции; например, пищевые добавки могут быть указаны как пеногасители, антиоксиданты, красители, вкусоароматические добавки, обогатители и т. д.

- Рецептура.** Если ингредиент должен быть приготовлен по определенной количественной рецептуре, то ее следует описать в спецификации. Это следует делать только в случае зависимости функциональных характеристик ингредиента от определенного состава или способа изготовления.
- Физико-химические показатели.** Этот раздел является главной частью спецификации ингредиента. Перечень требуемых химических показателей может содержать такие параметры, как влажность, кислотность, содержание консервантов, эмульгаторов, тяжелых металлов, остатков пестицидов и т. д. Физические характеристики могут включать цвет, вкус и аромат, температуру плавления, вязкость, стабильность, наличие инородных тел и требования к функциональным характеристикам. Наряду со значениями параметров и допустимыми отклонениями следует всегда указывать методы испытаний.
- Микробиологические испытания.** Все ингредиенты, в которых возможен рост опасных микроорганизмов, должны иметь сертификат, подтверждающий удовлетворительные результаты микробиологических испытаний, что гарантирует поставку безопасных, соответствующих законодательным требованиям продуктов, проверенных с использованием унифицированных методов.
- Условия производства.** В этом разделе следует указывать необходимые технологические операции, которые отличаются от стандартных процессов производства. Это может быть важным, поскольку во многих случаях применение определенных операций и режимов технологического процесса определяет характеристики, которые трудно измерить в готовом ингредиенте.
- Упаковка.** В спецификации ингредиента должны быть указаны, как минимум, тип тары, в которую продукт упаковывается, вес нетто и информация, позволяющая идентифицировать продукт. Эта информация должна содержать наименование продукта, название производителя и номер партии, которая позволяет установить дату упаковки, возможно указание других параметров. В этом же разделе могут содержаться многие другие сведения об упаковке, в том числе:
 - состав упаковочного материала, его прочность, масса, толщина и т. д.;
 - пакетирование, количество единиц тары на поддоне, обертывание в стрейч-пленку и т. д.;
 - возможность использования стеклотары, хомутов, зажимов, скоб, проволоки и т. д.;
 - размеры контейнеров для транспортировки наливом, требования к чистоте, запечатыванию в целях защиты и т. д.
- Транспортировка и хранение.** В спецификации ингредиента должны быть указаны все требования к транспортировке и хранению или сделаны ссылки на другие спецификации, если описание занимает много места и требования не отличаются от применяемых для большого числа различных продуктов. Специальные инструкции могут содержать требования к дезинфекции, защите от

¹ Свод данных по пищевым добавкам (*Food Chemical Codex, FCC*) представляет собой свод принятых на международном уровне стандартов, регламентирующих чистоту и идентичность различных пищевых добавок и веществ, используемых в пищевой промышленности. — Примеч. ред.

² В России основными документами, регламентирующими применение пищевых добавок в продуктах, являются СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» и стандарты на отдельные пищевые продукты или группу пищевых продуктов. — Примеч. ред.

нагревания, охлаждения или замораживания или указывать на необходимость поддержания определенной температуры при поступлении.

9. **Утвержденные поставщики.** Этот раздел заполняют и обновляют при утверждении нового поставщика или при исключении по той или иной причине старого поставщика. Данный перечень информирует производственный отдел о действующих поставщиках на случай возникновения серьезных проблем и необходимости оперативных контактов при недоступности персонала, отвечающего за закупки и обеспечение качества. Обычно этот раздел удаляют перед передачей спецификации предполагаемым новым поставщикам.

12.3.3. Спецификация упаковки

Требования к упаковке должны рассматриваться столь же внимательно и тщательно, как и к любым другим компонентам конечного продукта. Выбор упаковки основывается на традициях, конечном назначении продукта, экономических соображениях и требованиях потребителей. Упаковка пищевых жиров и масел влияет на качество и стоимость конечных продуктов. Расходы на упаковочные материалы и затраты труда на упаковку составляют значительную часть стоимости продукта, являясь второй после сырья ее составляющей. Качество продукта, изготовленного надлежащим образом и обладающего оптимальными функциональными характеристиками, может быть сохранено или утрачено в результате выбора упаковочного материала [4].

Спецификация упаковки, подобно спецификациям ингредиентов, является компромиссом между потребностями заказчика и возможностями поставщика, производящего упаковку. Спецификация должна содержать описание состава и функциональные характеристики упаковки, а не способа ее производства, и поставщик упаковки должен иметь свободу для определения наилучшего способа выполнения требований к упаковке.

При подготовке спецификации упаковки необходимо учитывать несколько общих положений, имеющих отношение к упаковке продукта:

- Следует указать желательные свойства упаковочного материала.
- Используемые в спецификации параметры должны характеризовать упаковку наилучшим образом и должны быть контролируемыми и измеряемыми.
- Должны быть указаны допустимые отклонения параметров, при которых намеченное упаковочное оборудование будет удовлетворительно работать.
- Требования к отдельным составным частям упаковки должны быть согласованы, чтобы обеспечить получение полностью укомплектованной упаковки. Во многих случаях упаковка для пищевых жиров и масел требует использования нескольких компонентов, которые должны соответствовать друг другу. Например, перечень материалов для упаковки мягкого маргарина может включать несколько изделий:
 - пластмассовый контейнер;
 - пластмассовую крышку;
 - картонные коробки с печатью;

- транспортную тару с печатью;
- картонные прокладки для коробки.

Все эти компоненты должны точно подходить друг другу, чтобы защитить продукт, и при этом быть удобными для высокопроизводительной упаковки продукта. С учетом этого требования необходимо указывать возможные допуски для всех компонентов упаковки, чтобы устранить возможность возникновения проблем в процессе фасования и упаковки в транспортную тару.

- Тара должна удовлетворять соответствующим требованиям регулирующих органов по массе продукта нетто, защите продукта, конструктивным решениям, использованию материалов, разрешенных для контакта с пищевыми продуктами, а также требованиям любых других нормативных документов, действие которых распространяется на упаковку.

Функциональная конструкция упаковки может быть разработана заказчиком, сторонним дизайнером или поставщиком. При принятии окончательного решения следует учитывать ожидаемые нормальные и экстремальные условия окружающей среды, в которых может находиться тара. Спецификации упаковки должны основываться на критических, основных и менее значимых требованиях, выявленных при изучении мнения разработчиков и заявленных или ожидаемых требованиях потребителя.

12.3.3.1. Структура спецификации упаковки

Единообразие представления информации для спецификаций упаковки важно в той же степени, что и для любых других типов спецификаций. Форму, представленную на рис. 12.1, можно легко адаптировать для упаковки, при этом в основном разделе должны содержаться все требования для каждого компонента упаковки. Спецификации упаковки должны иметь унифицированную структуру, что делает их более понятными и обеспечивает быстрое нахождение отдельных требований. Ниже приведено примерное содержание информационного раздела спецификации упаковки:

1. **Декларация соответствия.** Подобно спецификациям ингредиентов, спецификации для закупаемой упаковки должны содержать общее заявление о соответствии требованиям действующих нормативных документов соответствующих государственных органов.
2. **Определение.** Определение компонента упаковки представляет собой описание данной части тары, ее формы, конструкции, применяемых материалов, соединительных деталей, предназначения, оформления, а также любую другую информацию, которая может потребоваться для более точного определения упаковки. Желательно указать, что тара отвечает требованиям действующих стандартов, нормативных документов или принятой системе терминов и определений.
3. **Состав.** Для упаковки готовых пищевых масложировых продуктов используют множество различных материалов. Для изготовления традиционной тары применяют металл, стекло, пластмассу, гофрированные и волоконные композиционные материалы, имеющие различные покрытия, вкладыши, защитные и отделочные материалы.

- 4. Размеры.** Информация о размерах тары может включать указание вместимости, геометрических размеров, объема, толщины и любых других параметров, которые нужны для более точного описания тары. Для всех измеряемых параметров должны быть указаны предельно допустимые отклонения.
- 5. Покрытия.** Покрытия могут быть нанесены на внешнюю или внутреннюю поверхность для снижения трения, защиты продукта или для придания упаковке окончательного вида.
- 6. Масса тары.** Масса единицы тары должна быть по возможности постоянной, поскольку это важно для весового контроля и определения массы брутто конечного продукта при транспортировке.
- 7. Показатели качества.** Испытание упаковочных материалов может включать в себя подтверждение состава и размеров тары, защитных покрытий, массы тары или определение других характеристик, таких как показатели сжатия, прочности на разрыв, устойчивости к изменению температуры или неправильной эксплуатации, деформации под действием нагрузки, а также любые другие испытания для определения заданных характеристик. Все требования к испытаниям должны быть четко оговорены, включая допустимые отклонения, и переданы поставщикам путем предоставления копий действующих спецификаций.
- 8. Требования к печати.** Во многих случаях на тару заранее наносят всю маркировку продукта или ее часть. Поставщику должны быть переданы действующие нормативные документы по маркировке конкретного продукта в целях обеспечения требуемого соответствия. Любые изменения в производимом продукте или в требованиях к маркировке должны отображаться в виде изменений в спецификации для обновления данной части требований.
- 9. Транспортировка и хранение.** Этот раздел предоставляет поставщику информацию о требованиях к упаковке тары и упаковочным материалам. Например, инструкции для поддонов с пустыми бутылками для салатного масла могут быть следующими:
 - Коробки с пустыми бутылками следует перевозить лицевой стороной вверх за исключением верхнего слоя коробок на поддоне. В верхнем слое поддона коробки следует размещать вверх дном, при этом верхние клапаны коробок складывают в обычное закрытое положение, но не заклеивают. Груз на поддоне обязательно закрепляют ремнями или веревками.
- 10. Утвержденные поставщики.** Этот раздел заполняют и обновляют при утверждении нового поставщика или при исключении по той или иной причине старого поставщика. Данный перечень информирует производственный отдел о действующих поставщиках на случай возникновения серьезных проблем и необходимости оперативных контактов при недоступности персонала, отвечающего за закупки и обеспечение качества. Обычно этот раздел удаляют перед передачей спецификации предполагаемым новым поставщикам.

12.3.4. Спецификации продуктов

Этот вид документов устанавливает критерии оценки пригодности продукта для его предполагаемого использования. Спецификации продуктов представляют со-

бой подробное описание состава, условий обработки и требований к качеству, они предусматривают специальные инструкции для каждого продукта. Спецификации продуктов для жиров и масел рассматривают продукт, получаемый в конце каждого технологического процесса, как конечный, и предназначены для **системы контроля технологического процесса**. Цель функционирования этой системы — выявить дефекты продукта на том участке и в тот момент, когда они возникают, чтобы обеспечить своевременное проведение корректирующих действий наиболее эффективным образом, при минимальной переработке продукта и продолжительности простоя. Требование системы управления технологическим процессом состоит в том, что каждый полуфабрикат должен удовлетворять всем заданным ограничениям перед его подачей на следующий этап процесса. Контрольные точки, установленные для каждого процесса, должны иметь профилактический характер, охватывать все участки процесса и при этом быть понятными и практически осуществимыми.

Качество продукта должно закладываться во время его разработки, показатели качества определяются спецификацией и придаются продукту в ходе производства. Качественный продукт может быть произведен только в том случае, если потенциальные возможности производственного процесса и допустимые отклонения характеристик продукта совместимы между собой и с функциональными требованиями к продукту. Согласованные программы обеспечения качества предоставляют информацию о производстве продукта в подразделения обеспечения качества и разработки продуктов, чтобы разрабатываемые продукты соответствовали имеющимся производственным возможностям.

Рецептура каждого продукта будет меняться в зависимости от требований к функциональным характеристикам продукта; эти требования влияют не только на состав продукта, но также и на допустимые колебания состава компонентов. Обычно масложировые продукты состоят из двух или более саломасов, которые смешиваются в определенной пропорции, обеспечивающей соответствие требованиям конечного продукта. Допустимые колебания состава, установленные для различных компонентов, определяют степень их пригодности. Во многих случаях масложировые продукты с одинаковыми физико-химическими показателями могут иметь различный состав; тем не менее, только продукт, изготовленный в соответствии с разработанной рецептурой, будет иметь необходимые функциональные характеристики. Следовательно, в целях предупреждения выпуска по данной спецификации нестандартного продукта важно тщательно проанализировать компоненты и заданные допустимые колебания состава.

Результаты измерений, производимых во время выработки продукта, должны тщательно анализироваться, что позволяет добиться наилучшего контроля продукта и производственного процесса. Порядок, обеспечивающий достоверный контроль каждого продукта на каждой стадии обработки, должен быть определен разработчиком спецификации и утвержден ответственным лицом. Ниже приведен перечень параметров, которые необходимо учитывать, чтобы обеспечить эффективный контроль:

- 1. Измеряемые показатели.** Данные показатели характеризуют свойства, которые позволяют отличить данный продукт от других.

- 2. Методы испытаний, оборудование и аппаратура.** Данный раздел определяет возможность измерения физико-химических и функциональных показателей, обеспечивающего надежную и своевременную оценку свойств продукта. Все измерения должны производиться с учетом времени, необходимого для выполнения корректирующих действий в случае неблагоприятных результатов измерений.
- 3. Требования к функциональным характеристикам.** Отклонения, имеющие место в каждом процессе, происходят по двум причинам: во-первых, собственная нестабильность, присущая процессу; во-вторых, погрешности метода тестирования и измерительной аппаратуры. В связи с этим для разработки реалистичных спецификаций продуктов необходимо принимать во внимание следующие параметры:
- **Точность применяемых методов испытаний.** Задаваемые допустимые колебания показателей продуктов не могут быть меньше фактических отклонений результатов измерений.
 - **Допустимые отклонения при работе производственного оборудования.** Невозможно регулярное производство продуктов, для которых установлены жесткие требования к допустимым колебаниям, превышающие производственные возможности. Поставка продуктов, соответствующих жестким требованиям, потребует процесса сортировки с предсказуемым процентом отбраковки. Для производства продукта требуемого качества альтернативой может быть модернизация оборудования или процесса за счет совершенствования технического обслуживания, обучения персонала, улучшения контроля, установки нового оборудования или изменения технологического процесса.
- 4. Контрольные точки.** Контрольные измерения должны производиться в нескольких точках на протяжении каждого этапа технологического процесса. Как правило, чтобы определить, находится ли процесс под контролем, измерения выполняют во время обработки, тогда как анализ конечного продукта после каждого этапа служит подтверждением, что процесс проходил надлежащим образом.

12.3.4.1. Структура спецификаций продуктов

Форма, приведенная на рис. 12.1, также используется при разработке спецификаций продуктов; в этом случае в основном разделе содержатся все требования, установленные для каждого отдельного продукта и процесса. В этом разделе требования к продукту должны быть представлены в унифицированном виде, что делает их более понятными и обеспечивает быстрое нахождение отдельных требований. Ниже приведено содержание информационного раздела для спецификации продукта в порядке представления:

1. **Рецептура.** Данный раздел содержит перечень компонентов продукта с использованием общепринятых наименований и номеров спецификации, а также их процентное содержание и его допустимые отклонения.
2. **Обработка.** В этом разделе указывают процесс и задают все условия, необходимые для производства данного продукта. Например, в спецификации процесса

- гидрогенизации должны быть указаны требуемое давление, температура, тип и концентрация катализатора.
3. **Добавки.** Многие продукты требуют внесения жировых и нежировых добавок. В большинстве случаев дозировки добавок незначительны, но изменения функциональных характеристик оказываются весьма существенными. Примерами используемых пищевых добавок являются антиоксиданты, пеногасители, красители, эмульгаторы, вкусоароматические добавки, вещества, препятствующие слипанию, ингибиторы кристаллизации и комплексообразователи.
4. **Показатели качества.** В этом разделе перечисляют требования к физическим, химическим и функциональным показателям, указывают необходимую контрольную точку для каждого измерения, задают конечный результат и допустимые отклонения. Если в контрольной точке не требуется выполнять все испытания, то показатели, которые в этой точке не определяют, отмечают символом «НП».
5. **Специальные инструкции.** Некоторые продукты требуют незначительного изменения режимов обработки или потребитель может выдвигать особые требования, выполнение которых необходимо для осуществления его технологических потребностей. Такие инструкции включают в этот раздел или указывают местонахождение более подробных инструкций.
6. **Примечания.** Этот раздел резервируют для примечаний, которые могут потребоваться для более подробного объяснения любого элемента спецификации. В примечаниях можно уточнять этап внесения добавок или последовательность их внесения, указывать, что две добавки должны смешиваться, указывать на потенциальную проблему, уведомлять о разрешенной замене или в необходимых случаях предоставлять дополнительную информацию.

12.3.5. Спецификации требований потребителей

Пищевые жиры и масла используются в качестве ингредиентов для приготовления других пищевых продуктов, при этом в качестве потребителей могут выступать крупный производитель пищевых продуктов, предприятие общественного питания или домашняя хозяйка. Многие потребители предъявляют особые требования к кодированию дат, предоставлению аналитических характеристик, предварительной поставке образцов, упаковке, температуре при транспортировке и т. д., которые отличаются от общепринятой практики. Такие требования в большинстве случаев исходят от определенного потребителя, они занимают достаточно много места, чтобы отражать их в спецификации продукта или вносить в каждый отдельный заказ, при этом они слишком важны, чтобы полагаться на почтовую службу для их пересылки. Создание отдельного типа спецификаций, в которых изложены эти требования, повышает их значимость и позволяет сформировать постоянное справочное руководство, которое легко обновляется в случае изменения требований потребителя.

12.3.5.1. Структура спецификации требований потребителей

Форма спецификации, приведенная на рис. 12.1, легко приспосабливается для требований потребителей путем внесения некоторых изменений в информационный

раздел и, разумеется, разработкой основного раздела. Цифровая идентификация в спецификации требований потребителя заменяется наименованием потребителя, его особые требования перечисляются в основном разделе. Требования должны быть изложены в логическом порядке, однако заранее установленное содержание, общее для всех потребителей, было бы слишком длинным и неудобным. На рис. 12.2 в качестве примера приведена спецификация требований гипотетического потребителя.

НАЗВАНИЕ ФИРМЫ И ЛОГОТИП		СПЕЦИФИКАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ																			
НАИМЕНОВАНИЕ ПРОДУКТА, МАТЕРИАЛА ИЛИ ОПЕРАЦИИ Компания «Shamrock Baking» Головной офис: Clover, Texas		ДАТА ВСТУПЛЕНИЯ В СИЛУ: 01 апреля 2001	СПЕЦИФИКАЦИЯ № <i>Shamrock-1</i>																		
		ПРИНЯТО ВЗАМЕН: Дата: 01.01.99 ЗАКАЗЧИК: <i>Shamrock-1</i>	НОМЕР ВАРИАНТА: 5																		
Требования к сертификату анализа <p>Каждая поставка должна сопровождаться сертификатом анализа с указанием наименования продукта <i>Shamrock</i>, его цифрового кода и даты поставки, а также результатов всех анализов, обозначенных буквой S в соответствующей спецификации продукта. Протокол результатов анализа направляется менеджеру по контролю качества предприятия-получателя.</p>																					
Идентификация продуктов фирмы <i>Shamrock</i> <table> <thead> <tr> <th>№ спецификации</th> <th>Наименование продукта</th> <th>Код фирмы <i>Shamrock</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8003</td> <td>Шортенинг <i>Shamrock</i> для МКИ и глазури</td> <td>1102-3</td> </tr> <tr> <td>8039</td> <td>Шортенинг <i>Shamrock</i> для глазури</td> <td>1304-6</td> </tr> <tr> <td>8040</td> <td>Шортенинг <i>Shamrock</i> универсальный</td> <td>1001-2</td> </tr> <tr> <td>8099</td> <td>Шортенинг <i>Shamrock</i> для начинок</td> <td>1605-1</td> </tr> <tr> <td>8341</td> <td>Салатное масло <i>Shamrock</i></td> <td>1050-4</td> </tr> </tbody> </table>				№ спецификации	Наименование продукта	Код фирмы <i>Shamrock</i>	8003	Шортенинг <i>Shamrock</i> для МКИ и глазури	1102-3	8039	Шортенинг <i>Shamrock</i> для глазури	1304-6	8040	Шортенинг <i>Shamrock</i> универсальный	1001-2	8099	Шортенинг <i>Shamrock</i> для начинок	1605-1	8341	Салатное масло <i>Shamrock</i>	1050-4
№ спецификации	Наименование продукта	Код фирмы <i>Shamrock</i>																			
8003	Шортенинг <i>Shamrock</i> для МКИ и глазури	1102-3																			
8039	Шортенинг <i>Shamrock</i> для глазури	1304-6																			
8040	Шортенинг <i>Shamrock</i> универсальный	1001-2																			
8099	Шортенинг <i>Shamrock</i> для начинок	1605-1																			
8341	Салатное масло <i>Shamrock</i>	1050-4																			
Требования к маркировке тары <p>Все упакованные продукты должны иметь числовой код фирмы <i>Shamrock</i>, напечатанный на двух сторонах тары символами размером не менее 7,5 см</p>																					
Требования к транспортной таре <p>Не допускается использование скоб, гвоздей, проволочной обвязки и других подобных средств наружного крепления</p>																					
<p>Допускается указывать не более трех (3) кодированных дат для продукта</p> <p>При пакетировании на поддонах груз должен быть закреплен с использованием стрейч-пленки</p>																					
Рассылка G: 10-11-12-21-25 S: 1-2-3-4-19-32-40 J: 1-2-3-4-19-32-40-43	ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ Добавление в перечень продуктов шортенинга <i>Shamrock</i> для начинок, код 1605-1																				
	РАЗРАБОТЧИК /подпись/ О. К. Смит	ОТВЕТСТВЕННОЕ ЛИЦО /подпись/ Р. Э. Райт																			
	ДАТА 29 мая 2001	ДАТА 29 мая 2001																			

Рис. 12.2. Форма спецификации требований потребителя

12.3.6. Сводные спецификации

Сводные спецификации оказываются полезны во многих отношениях, но в первую очередь они выполняют две основные функции: объединяют определенную информацию из нескольких отдельных спецификаций или предоставляют дополнительную информацию для конкретной спецификации. Приводимый ниже перечень возможных названий сводных спецификаций сможет лучше описать назначение этого типа документов, чем пространное обсуждение:

- Допустимые колебания показателей саломасов и методы контроля.
- Условия пластификации шортенинга.
- Условия производства маргарина.
- Условия изготовления хлопьев.
- Требования к темперированию и хранению упакованных продуктов.
- Инструкции по нанесению маркировки с использованием трафаретов.
- Масса упакованных продуктов.
- Перечень ингредиентов продуктов.

Сводные спецификации позволяют существенно экономить время сотрудников производственного отдела и предоставляют полезную комбинированную информацию заинтересованным пользователям из других подразделений, таких как отдел разработки продуктов, технологические службы, расчетный и транспортный отделы, отдел продаж. Во многих случаях эти спецификации предоставляют всю необходимую информацию, устранив потребность в полном комплекте спецификаций для каждого пользователя. Эти спецификации также удобно использовать для сравнения продуктов. Иногда разработка сходных продуктов может привести к выдвижению совершенно разных требований. Сводные спецификации помогают выявлять такие ситуации еще перед утверждением спецификации нового продукта.

Сводные спецификации нуждаются в постоянном отслеживании для обеспечения достоверности и актуальности содержащейся в них информации. Внесение исправлений в спецификации продукта или разработка новых документов также могут потребовать внесения изменений в одну или несколько сводных спецификаций. Однако в случае изменения нормативных документов или возникновения других факторов, влияющих на большинство спецификаций продуктов, возможно внесение изменений лишь в сводную спецификацию, не затрагивающее все отдельные спецификации.

12.3.6.1. Структура сводных спецификаций

Структура сводных спецификаций подчиняется тем же правилам, что и спецификации требований потребителей. Однако с практической точки зрения более удобно пользоваться номерами спецификаций, наряду с их названиями; во всем остальном спецификация, приведенная на рис. 12.2, может служить примером сводной спецификации. Как и в случае требований потребителей, нецелесообразно устанавливать определенный способ оформления информационного раздела. Сводная информация должна быть представлена в логическом порядке, зависящем от содержания каждой конкретной спецификации.

12.4. Описание процедур

В любой компании существует свой собственный индивидуальный подход к ведению бизнеса. В соответствии со стратегией, определяемой высшим руководящим звеном, устанавливается широкий круг ответственных лиц, которые руководят различными сторонами деятельности фирмы. Для выполнения общей стратегии различные подразделения фирмы должны разрабатывать планы и специальные процедуры, относящиеся к сфере их ответственности. Соответственно процедуры, разрабатываемые отделом обеспечения качества, должны соответствовать стратегии фирмы или заявленной миссии. Многие сотрудники компании, работающие в различных подразделениях, должны принимать решения и выполнять действия, которые оказывают непосредственное влияние на качество продуктов. Все эти отдельные действия должны быть согласованы между собой по времени и по результатам, чтобы соответствовать целям фирмы по обеспечению качества продукции. Эта согласованность достигается путем выполнения тщательно спланированных процедур, описывающих порядок действий в тех или иных ситуациях. Назначение этих процедур — служить руководством при осуществлении деятельности, связанной с управлением качеством.

Программа обеспечения качества должна соответствовать действующей стратегии, но при этом быть гибкой, способной выявлять необходимость введения изменений и своевременно их осуществлять. Процедуры обеспечения качества должны предоставлять возможность для внесения в них исправлений, вызванных изменениями в системе производства, моральным старением и новыми знаниями, полученными в результате накопленного опыта. Для успешного действия программы ее отдельные процедуры должны пересматриваться ежегодно. Ввод в действие разработанной системы не гарантирует автоматической согласованности процедур; поэтому периодически должны проводиться проверки, целью которых является установление следующих моментов:

- функционирует ли процедура в запланированном режиме;
- остается ли процедура эффективной по существу.

Процедуры устанавливают способ выполнения должностных обязанностей, отдельных операций или технологического процесса в соответствии с определенными ранее целями. Отдел обеспечения качества отвечает за четкое и компетентное определение целей и задач организации в целом, причем особое внимание должен уделять соблюдению функциональных характеристик продуктов, показателей безопасности и выполнению законодательных требований.

12.4.1. Структура описания процедур

Описание процедур должно иметь унифицированную структуру, легко отличимую от структуры спецификаций. В описании процедуры необходимо четко указывать название компании, название процедуры, дату вступления в силу, номер варианта и количество страниц. Если процедура является частью административной системы

управления фирмой, ей может присваиваться номер. Обычно описание процедур не подписывают, его рассыпают в комплекте с подписанным сопроводительным письмом, в котором также содержится список рассылки копий описания процедур. Структура описания процедур обычно задается в общих чертах, ее основные составные части схематически представлены на образце формы, приведенной на рис. 12.3.

НАЗВАНИЕ ФИРМЫ И ЛОГОТИП	НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ	
СТРАТЕГИЯ И ПРОЦЕДУРЫ	ПРОЦЕДУРА №	СТРАНИЦА __ ИЗ __
	ДАТА УТВЕРЖДЕНИЯ	ИЗМЕНЕНИЕ №
Назначение:	Определение цели процедуры и краткое обоснование	
Область применения:	Описание руководящих положений, имеющих отношение к данной процедуре	
Процедура:	Изложение пошаговых инструкций по выполнению требуемых действий с указанием ответственного подразделения, персонала или должности	
Формы:	Пояснения к формам, разработанным для облегчения выполнения процедуры	
Отчеты:	Документация, которая необходима для процедуры, со списком рассылки	

Рис. 12.3. Образец формы для стратегии и процедур

12.4.2. Процедуры обеспечения качества

Многим фирмам, производящим пищевые жиры и масла, требуется большое количество однотипных процедур, в зависимости от производимых продуктов. Фирмам, поставляющим продукты в упакованном виде, потребуется более обширная система процедур обеспечения качества, чем фирмам, поставляющим продукты только наливом. В следующих разделах кратко описаны восемь процедур обеспечения качества жиров и масел с указанием их назначения, обоснования и процесса.

12.4.2.1. Процедура рассмотрения рекламаций

Несмотря на функционирование систем контроля качества, производителям жиров и масел время от времени приходится иметь дело с reklамациями на свою продукцию. Работа с каждой претензией к качеству может включать некоторые или все из описанных ниже шагов, направленных на разрешение проблемы к удовлетворению потребителя и на предотвращение повторения подобной проблемы в будущем:

1. **Замена продукта.** Поставка некачественных масложировых продуктов может вызывать приостановку производства у клиента или изготовление конечной продукции низкого качества. В первую очередь следует рассмотреть возможность как можно более быстрой поставки качественного продукта вместо спорного.

2. **Финансовое урегулирование.** Если установлено, что проблема возникла не по вине клиента, то вторым необходимым шагом по восстановлению хороших отношений является возмещение ему убытков, вызванных этой проблемой.
3. **Восстановление расположения потребителя.** Бракованный продукт может вызвать в лучшем случае досаду, которая может перерасти в крайнее раздражение в случае непринятия надлежащих мер. Многих потребителей больше всего интересует, какие профилактические действия были предприняты для предупреждения повторного возникновения данной проблемы.
4. **Оценка рекламационного продукта.** Необходимо проанализировать тот продукт, к которому была предъявлена претензия, и соответствующие производственные записи для определения причины проблемы.
5. **Предотвращение повторения.** Приоритетное значение имеют корректирующие действия, вытекающие из проведенной оценки претензии. Во многих случаях лежащая в основе проблемы причина оказывается на других продуктах или потребителях, поэтому необходимо предпринять все меры, чтобы предотвратить распространение данной проблемы.
6. **Документирование рекламации и способа ее разрешения.** Составление письменного отчета имеет ряд преимуществ: закрытие претензии, источник информации для решения возможных проблем в будущем, сохранение подробного описания для возможного улучшения процесса и информирование всех сторон, участвующих в выявлении и решении проблемы.

Организационный аппарат, необходимый для работы с рекламациями, должен соответствовать частоте поступления претензий. При этом отсутствие формальной процедуры рассмотрения рекламаций может легко привести к необходимости прилагать чрезмерные усилия для разрешения каждой конкретной претензии и к потере клиентов в результате медленного или неудовлетворительного рассмотрения их претензий. Для сохранения доверия потребителя следует помнить о том, что каждая претензия должна быть внимательно рассмотрена, корректирующие действия следует осуществлять как можно быстрее.

Форма рекламации, разработанная специально для фирмы-клиента и продуктов, упрощает и ускоряет процесс рассмотрения претензий. Эта форма должна быть простой, подробной и понятной, содержать точные инструкции по ее заполнению. Она должна представлять собой перечень основных вопросов для получения информации, необходимой для быстрого разрешения проблемы. На рис. 12.4 приведена форма рекламации, позволяющая получить необходимую информацию о претензии к поставляемому наливом или в упаковке шортенингу, маргарину или маслу.

Рекламации являются показателем эффективности программы контроля качества и достаточно точно указывают на проблемные участки. Постоянный анализ претензий позволяет судить об эффективности процесса решения проблем, применяемого для определения корректирующих действий. При проведении анализа необходимо отслеживать претензии к качеству по категориям проблем, а сделанные на его основании выводы следует направлять руководству и задействованному персоналу.

НАЗВАНИЕ ФИРМЫ И ЛОГОТИП	ОЦЕНКА РЕКЛАМАЦИИ	Рекламация № Дата поступления
ИНФОРМАЦИЯ О КЛИЕНТЕ		ЗАДЕЙСТВОВАННЫЕ СОТРУДНИКИ
Местонахождение (адрес)		Отдел продаж
Телефон		Технологические службы
Контактное лицо		Менеджер отдела обеспечения качества
ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТЕ		Менеджер отдела контроля качества
Спецификация	Марка	Продукт №
Предприятие	Вид упаковки	Заказ №
Дата отгрузки	Дата изготовления (код)	Накладная №
Цистерна №	Время	Дата получения
Автомобиль №.	Ящик №	Количество
ОПИСАНИЕ ПРЕТЕНЗИИ		Запрос образца
ОЦЕНКА ПРЕТЕНЗИИ		
КОРРЕКТИРУЮЩИЕ ДЕЙСТВИЯ		
ЗАКРЫТИЕ ПРЕТЕНЗИИ	РАССЫЛКА	
Дата закрытия		
Менеджер отдела контроля качества		
Менеджер отдела обеспечения качества		

Рис. 12.4. Форма для оценки рекламаций

12.4.2.2. Процедура отзыва продукта

Совершенно неизбежно, что время от времени выпускаются продукты с теми или иными дефектами. Более того, величина и значение отклонения от нормы могут быть столь существенными, что продукт станет представлять опасность для здоровья с наступлением законодательной ответственности производителя. Другие, менее серьезные, дефекты продукта также могут вызывать весьма значительные законодательные или финансовые последствия для производителя. Для осуществления контроля производителя над бракованным продуктом необходимо наличие

процедуры выявления, возврата и изъятия такого продукта до проявления нежелательных результатов, к которым относятся:

- возникновение любого риска для потребителей;
- нарушения требований федеральных или местных нормативных документов;
- наложение каких-либо финансовых или юридических взысканий.

В США в соответствии с правоприменительной политикой Управления по контролю пищевых продуктов и лекарственных препаратов (*FDA*) принятые следующие термины:

- **вынужденный отзыв (recall)** — изъятие или исправление фирмой-производителем поставленного на рынок продукта, который был признан *FDA* не соответствующим установленным нормативным документам, в отношении которого *FDA* имеет право применить соответствующие действия (например, конфискацию). Понятие вынужденного отзыва отличается от понятий «снятие продукта с продажи» или «возврат со склада».

В зависимости от степени опасности продукта для здоровья отзывам присвоены следующие классы:

- I класс — достаточно велика вероятность того, что использование не соответствующего требованиям продукта или контакт с ним представляет собой серьезный риск для здоровья или летального исхода.
- II класс — использование или контакт с не соответствующим требованиям продуктом может вызвать временные или излечимые вредные последствия для здоровья; риск серьезных, опасных для здоровья последствий незначителен.
- III класс — при использовании не соответствующего требованиям продукта или контакте с ним отсутствует вероятность серьезных, опасных для здоровья последствий.

Возврат продукции, не попадающей под определение вынужденного отзыва, может быть описан следующими терминами:

- **снятие с продажи (market withdrawal)** — изъятие или исправление поставленного клиенту продукта, не имеющего значительных отклонений от требований нормативных документов *FDA*. Причинами снятия с продажи могут быть обычный оборот товарных запасов, корректировка продукта, ремонт и т. д.
- **возврат со склада (stock recovery)** — изъятие или исправление продукта, оставшегося под непосредственным контролем производителя. В этом случае продукт должен находиться в помещениях, принадлежащих производителю или находящихся под его контролем, не допускается реализация или использование любой части партии.

Процесс возврата продукции обычно можно разделить на четыре этапа:

1. **Обнаружение дефекта.** Выявляют дефект продукта, определяют его значимость и устанавливают масштаб проблемы. При соответствии дефекта критериям отзыва продукции уведомляют *FDA*.
2. **Отзыв бракованной продукции.** Устанавливают партию продукта и выясняют местонахождение всех ее частей, в которых возможно наличие бракованного

продукта. По всем этим адресам отправляют предписания о «блокировании» продукта до принятия решения о дальнейших действиях.

3. **Распоряжение.** Определяют действия, которые необходимо предпринять по отношению к бракованному продукту, например, уничтожение, переработка или иное действие.
4. **Прекращение действия вынужденного отзыва.** Действие отзыва заканчивается после признания *FDA* выполненными всех необходимых действий по устранению или исправлению проблемы.

Эффективность применяемой процедуры вынужденного отзыва должна периодически проверяться. При обнаружении дефектов, причиной которых является внутренняя проблема, основное значение имеет возможность системы учета определять местонахождение конкретной партии путем сопоставления производственных записей со складскими остатками и отгруженным товаром. В случае дефектов, возникших в результате использования бракованной продукции в качестве ингредиента, технологической добавки или упаковочного материала, требуется более жесткий учет сырья и материалов. При каждой поставке таких материалов следует указывать идентификационный номер партии, производственный процесс должен сопровождаться записями, позволяющими отслеживать использование данного материала в конкретных партиях конечных продуктов.

12.4.2.3. Процедура идентификации продуктов

Хотя способы и глубина идентификации продуктов на разных предприятиях масложировой промышленности могут отличаться, значение достоверного определения всех параметров товара невозможно переоценить. Основным преимуществом хорошей системы идентификации продукта и причиной ее введения является ее влияние на следующие операции и показатели:

- **Прослеживаемость.** Отслеживание всех компонентов и технологических параметров обработки конкретных продуктов с точным указанием применяемых ингредиентов, технологических добавок и упаковочных материалов. Прослеживаемость является существенным элементом при создании приемлемой программы отзыва продукции.
- **Оценка рекламации.** Для оценки рекламации на продукт, определения причины возникновения дефекта и корректирующих действий в целях предотвращения выпуска бракованной продукции в будущем необходима точная идентификация продукта как по дате упаковки, так и по спецификации.
- **Оборот товарных запасов.** Кодированная дата изготовления или упаковки является удобным средством для практического осуществления принципа «первым поступил — первым выдан» при хранении на складе.
- **Контроль срока хранения.** Пищевые жиры и масложировые продукты относятся к скоропортящимся продуктам в связи с изменением вкуса, консистенции, внешнего вида и других показателей, происходящим при хранении. Кодировка даты предоставляет возможность контроля срока фактического хранения отгруженного продукта и приемочного контроля со стороны потребителя.

- Проверка продукта.** Идентификация продукта необходима для проверок продукта, осуществляемых для оценки качества и движения продукта. Информация, содержащаяся в кодированной датировке, в сочетании с идентификацией по спецификации должна давать возможность проверяющим сотрудникам отыскивать исходные производственные данные и тем самым получать более полное представление о свойствах продукта и изменениях, происходящих в процессе хранения и сбыта.
- Контроль складских запасов.** Идентификационные коды продуктов и кодированные даты постоянно используются в системах складского учета для контроля запасов продукции и в финансовых целях.

Для идентификации продуктов могут применяться различные подходы. В некоторых случаях клиенты сами указывают способ кодирования идентификационной информации, приводимой на упаковке продукта; в некоторых системах для распознавания любой информации требуется декодер, тогда как в других системах информация представлена в легко распознаваемой форме. В некоторых случаях перечень параметров идентификации может быть очень подробным, в то время как в других системах предоставляется только необходимый минимум данных. В любом случае по указанным выше причинам и в целях защиты производителя требуется разработка законченной системы идентификации продуктов, которая должна применяться для каждого продукта, поставляемого как в упаковке, так и бестарным способом.

Многие производители пищевых масел для отслеживания продуктов используют систему нумерации партий. Основные виды сырья (неочищенные пищевые жиры и масла) производятся партиями, которым присваиваются идентифицируемые номера. Система нумерации партий может использоваться на протяжении всего производственного цикла, включая бестарную поставку продуктов. Обеспечение прослеживаемости требует документирования номеров партий и передачи их на следующий уровень процесса документирования. В такой системе номер партии сохраняется до тех пор, пока в продукт не будут внесены изменения в результате смешивания или переработки.

Каждая единица потребительской и транспортной тары должна марковаться с нанесением кодированной даты для определения даты упаковки и других кодов, идентифицирующих продукт. Эта информация должна наноситься на каждую упаковку и по возможности в постоянном месте или на той части, которая сохраняется при нормальном использовании. Для пищевых продуктов могут использоваться несколько типов кодированных дат, в том числе:

- Открытые кодированные даты** показывают дату упаковки, крайний срок продажи продукта («Реализовать до...») или крайний срок употребления продукта («Употребить до...»); они определяют день, месяц и год и используются для многих продуктов, продаваемых в розницу.
- Закрытые кодированные даты** используют систему букв и цифр, которая не сразу воспринимается как дата. Обычно в таких системах применяют юлианское представление даты (количество дней от начала года) в сочетании с последними цифрами года и буквенным обозначением предприятия, производящего

продукт; кроме того, некоторые производители используют системы кодировки, в которых для определения кодированной даты требуется дешифровочный бланк или устройство.

- Индивидуальное время упаковки и последовательное кодирование групповой тары** на некоторых предприятиях применяются для улучшения прослеживаемости. Эта информация позволяет производителю определить начало, окончание, середину или другую точку в процессе изготовления партии, а также любые случаи простоя, которые могли иметь место.

Кодированную информацию о продукте обычно наносят на упаковку в одном и том же месте или рядом с кодированными датами. Эту информацию можно рассматривать как **код продукта**, который в большинстве случаев совпадает с универсальным кодом продукта в виде штрих-кода. В коде продукта обычно указывают марку продукта, размер упаковки и номер спецификации. Некоторые предприятия также наносят на каждую упаковку номер спецификации продукта для дополнительной идентификации.

Улучшение прослеживаемости позволяет свести к минимуму разброс ответственности за качество продукта в случае возникновения проблем. Расширенные системы, обеспечивающие последовательное кодирование тары и время упаковки, а также содержащие информацию, необходимую для перекрестного контроля идентичности продукта, представляют собой большую ценность для точного определения момента возникновения проблем и их причин. Их применение позволяет спасти от забраковки значительную часть партии фасованного продукта, не допуская потери всей партии целиком, что происходит при отсутствии такого кодирования.

12.4.2.4. Заявка на изменение спецификации

Спецификации должны содержать последние и наилучшие варианты методов и процедур для каждой технологической операции. Это означает, что спецификации должны быть гибкими и открытыми для изменения в целях внесения возможных улучшений. Следовательно, действующие спецификации должны все время обновляться и пересматриваться, чтобы отображать изменения, вызванные улучшением качества продукции, модернизацией производства, усовершенствованием технологии, снижением стоимости, пересмотром рецептур, модификацией упаковки, требованиями нормативных документов и, возможно, самой главной причиной — требованиями потребителей. Прогресс обычно неразделим с изменениями; тем не менее, изменение не всегда приводит к прогрессу. Следовательно, чтобы избежать бесполезных или неоправданных пересмотров, необходим определенный порядок действий по внесению изменений в спецификацию, включающий в себя соответствующие проверки и заключения.

Каждый, кто пользуется системой спецификаций, должен иметь право предложить внести изменение в спецификацию. Отдел обеспечения качества, как ответственный за систему спецификаций, является логическим центром для сбора, рассмотрения и обработки таких заявок. До вынесения изменения на утверждение оно должно быть рассмотрено всеми службами и подразделениями, на деятельность

которых может повлиять пересмотр спецификации. Ниже приведены некоторые вопросы, на которые должны дать ответ все такие службы.

- Являются ли предложенные изменения реалистичными?
- Потребуется ли внесение изменений в режимы производственного процесса или в используемое оборудование?
- Являются ли заданные допустимые отклонения реалистичными?
- Повлияет ли это изменение на функциональность продукта?
- Приведет ли это изменение к появлению каких-либо особых требований к хранению и транспортировке продукта?
- Соответствует ли изменение требованиям потребителя к продукту или спецификации требований потребителя?
- Согласен ли потребитель с предложенным изменением?
- Как повлияет изменение на стоимость продукта или доставки?
- Требует ли заявка более глубокого изучения или дополнительной проработки перед принятием окончательного решения?

Определенная форма заявки на изменение спецификации позволяет систематизировать информацию, необходимую для вынесения решения о пересмотре спецификации, что упрощает и ускоряет процесс рассмотрения вопроса. Форма должна быть простой, подробной и не требующей дополнительных разъяснений для заполнения и обработки. На рис. 12.5 показана форма заявки на изменение спецификации, отвечающая этим требованиям.

12.4.2.5. Процедура утверждения нового продукта

Производственный отдел вырабатывает продукты согласно инструкциям, подготовленным отделом разработки продуктов с помощью отдела обеспечения качества. В спецификациях указаны сырье и материалы, режимы проведения технологических процессов, план отбора проб, количественные и качественные методы испытаний и критерии отбраковки для каждого продукта. Отдел обеспечения качества отвечает за подготовку спецификаций с привлечением отделов разработки продуктов, маркетинга и технологических служб. Разработанные спецификации затем должны быть согласованы с производственным отделом в целях подтверждения их обоснованности и выполнимости. После согласования и утверждения спецификаций производственный отдел получает перечень обязательных показателей качества продукта, в пределах которых он должен работать, указанные в документе параметры продукта можно использовать для маркетинга.

На этапе создания концепции нового продукта существуют наилучшие условия для максимального использования творческого подхода и технических способностей в целях разработки качественных продуктов и наиболее надежных способов их производства. Показатели качества и безопасности лучше всего задавать на стадии разработки продукта, хотя основное внимание в этот период уделяется функциональным характеристикам продукта. Поэтому отдел обеспечения качества должен с самого начала участвовать в разработке продукта, чтобы выявить возможные ограничения и помочь разработчикам обойти их. Ниже перечислены некоторые из

НАЗВАНИЕ ФИРМЫ И ЛОГОТИП	ЗАЯВКА НА ИЗМЕНЕНИЕ СПЕЦИФИКАЦИИ	Спецификация № Дата утверждения Дата подачи заявки	
ИЗМЕНЕНИЕ ПРЕДЛОЖЕНО:		ИЗМЕНЕНИЕ РЕКОМЕНДОВАНО:	
СОДЕРЖАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИЛИ ДОПОЛНЕНИЯ:			
ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ:			
ПРЕДСТАВЛЕНА ДЛЯ РАССМОТРЕНИЯ ОТДЕЛАМ: Производственный Разработки продуктов Технологические службы Продаж Другие	СОГЛАСИЕ		ОБОСНОВАНИЕ:
	ДА	НЕТ	
РЕШЕНИЕ ОТДЕЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА:		ОБОСНОВАНИЕ:	
<input type="checkbox"/> ОДОБРИТЬ <input type="checkbox"/> ОТКЛОНИТЬ			
Куратор отдела обеспечения качества:			
Руководитель обеспечения качества:			
ПРИМЕЧАНИЯ:			

Рис. 12.5. Форма заявки на изменение спецификации

возможных ограничений, связанных с качеством и безопасностью пищевых масложировых продуктов:

- **Безопасность продукта** – санитарный надзор и контроль факторов риска для здоровья.
- **Контроль качества** – измерение характеристик продукта и допустимые отклонения.
- **Законодательные** – федеральные и местные нормативные документы.
- **Экономические** – соотношение цена : себестоимость.
- **Сыревые** – качество, вид и пригодность сырых пищевых жиров и масел.
- **Требования и пожелания заказчика** – кроме функциональных характеристик, важными ограничениями могут быть и другие требования, такие как температур-

ра при доставке, вид упаковки, допустимые отклонения и требуемое количество продукта.

- **Маркировка** — информация на этикетке пищевых продуктов должна соответствовать определенным законодательным требованиям или другим ограничениям.
- **Другие ограничения** — возможно возникновение ряда других ограничений.

Процедура утверждения нового продукта должна обеспечить соответствие продукта заданным требованиям и установить возможность его изготовления производственным отделом. Представленная ниже трехступенчатая процедура позволяет определить, может ли отдел разработки продуктов передать процесс изготовления нового продукта под ответственность производственного отдела:

1. **Спецификация на экспериментальную партию.** Разрабатывают спецификацию продукта с полным описанием состава, режимов производства, показателей качества и других требований, предназначенную для проведения в промышленных условиях выработки одной партии продукта, полную ответственность за которую несет отдел разработки продуктов. Процесс производства контролируется персоналом отдела разработки продуктов, при этом удачный продукт поступает в распоряжение отделов продаж и маркетинга, а некондиционный продукт направляют на переработку или утилизируют.
2. **Спецификация на опытные партии.** После успешного экспериментального изготовления продукта и его одобрения потребителями наступает опытный период производства. Производственный отдел изготавливает продукт, но ответственность при этом остается за отделом разработки продуктов, который по вызову решает любые возникающие проблемы.
3. **Успешное производство.** После успешного производства 5–10 партий опытного продукта спецификация принимает окончательный вид, и вся ответственность переходит к производственному отделу.

Эта трехступенчатая процедура уточнения и утверждения спецификации продукта предоставляет отделу разработки продуктов возможность провести заводские испытания продукта, разработанного с использованием лабораторной или опытной установки, и продемонстрировать, что спецификация функционирует в соответствии с планом. Кроме того, эта процедура позволяет получить в промышленном масштабе данные, необходимые для оценки показателей качества и допустимых отклонений.

12.4.2.6. Программа весового контроля

Назначение программы весового контроля — обеспечить условия, чтобы средняя масса каждой упаковки продукта была как можно ближе к заявленному весу нетто. В связи с колебаниями свойств продукта и работы фасовочного оборудования практически невозможно соответствие массы каждой единицы упаковки точно заданной величине. Перевес невыгоден производителю, а недовес — потребителю; поэтому большинство программ весового контроля предназначено для предотвращения поставки фасованного продукта с неприемлемым отклонением массы, при

этом следует руководствоваться требованиями федеральных и местных нормативных документов¹.

Контрольные карты являются предпочтительным статистическим методом весового контроля на фасовочных и упаковочных линиях. Основная цель построения контрольных карт — показать тенденцию изменения фактической массы и приближения ее к нижней или верхней границе. Хотя контрольная карта показывает момент превышения установленных границ, еще важнее, что она является средством предупреждения и корректировки неправильной массы, независимо от причин, вызывающих отклонение массы. Главным принципом работы систем, основанных на применении контрольных карт, является не только обнаружение и корректировка неудовлетворительных партий, но и предотвращение выхода массы за приемлемые границы. Другими преимуществами использования статистических систем весового контроля являются:

- уменьшение погрешностей оператора при записи и использовании весовых данных;
- более точные критерии для настройки работы упаковочного оборудования;
- лучшее понимание особенностей работы каждой упаковочной линии в результате непрерывного сбора и анализа данных;
- возможность выделить и устраниить причины отклонений массы.

12.4.2.7. Система учета затрат на обеспечение качества

Качество продукта имеет две легко учитываемые стадии: разработка и поддержание соответствия.

- **Качество разработки (Quality of design)** — степень удовлетворения продукта запросам потребителя.
- **Степень соответствия (Quality of conformance)** — степень соответствия продукта спецификации.

Затраты, связанные с качеством разработки, рассматриваются как неизбежные, поскольку они необходимы для производства продукта. К неизбежным издержкам качества разработки, как правило, относятся:

- затраты отделов продаж и маркетинга, связанные с выявлением требований потребителя к качеству;
- затраты отдела разработки продуктов на создание продукта и технологии, отвечающих выявленным требованиям к качеству;
- затраты отделов разработки продуктов и обеспечения качества на преобразование требований к продукту в форму спецификации, отвечающей требованиям производственного отдела;
- затраты производственного отдела, необходимые для обеспечения производственного процесса в соответствии со спецификацией продукта;

¹ В России пределы допускаемых отрицательных отклонений содержимого нетто от номинального количества регламентируются ГОСТом Р 8.579–01 «Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте». — Примеч. ред.

- стандартные издержки, которые обычно включают расходы на сырье, ингредиенты, материалы, обработку, оплату труда, амортизацию, лабораторные анализы, эксплуатационные и накладные расходы, а также на потери продукта в процессе хранения.

Улучшение степени соответствия или снижение устранимых затрат создает обратную зависимость между качеством и затратами. Поскольку при уменьшении разброса улучшается качество продукта, должны снижаться и производственные издержки. Это снижение происходит в результате уменьшения доли продукции низкого качества. При определении цены низкого качества следует учитывать не только простое определение стоимости производства и исправления или утилизации некачественных продуктов, так как в издержки, связанные с низким качеством продукта, вносят свой вклад четыре сферы расходов:

- **Внутренние несоответствия** — издержки, относящиеся к производству бракованного продукта, не отгруженного потребителю.
- **Внешние несоответствия** — издержки, относящиеся к производству бракованного продукта, отгруженного потребителю.
- **Оценка** — затраты, связанные с мониторингом технологического процесса и определением его параметров.
- **Профилактика** — затраты на мероприятие по сведению уровня брака к минимуму и затраты на оценку процесса.

Некоторые затраты на поддержание степени соответствия можно устранить путем минимальных усилий, например, уменьшением отклонений параметров процесса от оптимальных значений, ослаблением излишне жестких допустимых отклонений или разъяснением неправильного понимания спецификации. Другие затраты на поддержание качества можно снизить за счет значительных, но экономически оправданных капитальных вложений, например, в изменение технологического процесса, новое оборудование или организацию более тщательного контроля производственного процесса. Некоторые другие затраты на поддержание качества также можно уменьшить, но при этом объем капитальных вложений будет больше, чем отдача от проведенных улучшений [5].

Основным вопросом по поддержанию качества для любого предприятия является вопрос — вводить ли программы снижения потерь от брака, и при положительном ответе — в каких областях. Точный расчет стоимости поддержания качества позволяет определить, являются ли затраты, связанные со степенью соответствия, основной проблемой и если да, то какой участок является наиболее выгодным. Если же эти затраты предполагаются незначительными, тогда встает вопрос, как обеспечить этот уровень качества. Регулярно поступающие данные о стоимости качества будут уведомлять руководство о тенденции к повышению или снижению уровня качества. Снижение уровня качества, обнаруженное по любому показателю, должно естественным образом приводить к рассмотрению корректирующих действий.

Различия между устранимыми и неизбежными затратами для оценки стоимости качества не всегда четко выражены. Можно дать один совет по различию неизбежных и устранимых затрат — операции, которые выполняются только время от времени, являются устранимыми. Деятельность по профилактике и оценке может

быть весьма сложной, тогда как внешние и внутренние отказы почти не требуют дополнительного анализа, кроме сбора точных данных о расходах. Ниже приведен неполный список возможных устранимых расходов на операции, проводимые с масложировой продукцией, для четырех вышеуказанных сфер расходов на поддержание степени соответствия:

1. **Затраты, связанные с внешними несоответствиями:**
 - **Возвращенный продукт** — оплата перевозки груза, дополнительная погрузка–разгрузка, напрасно потраченные упаковочные материалы, затраты на переработку продукта, ускоренное выполнение заказа для замены продукции и т. д.
 - **Рекламации** — непригодный продукт, затраты на оценку претензии, возмещение издержек потребителя, затраты на возврат продукта, снижение объема производства, потеря клиентов и утрата их расположения и т. д.
2. **Затраты, связанные с внутренними несоответствиями:**
 - **Переработка** — дополнительное осуществление, наряду со стандартным производственным процессом, всех технологических операций, начиная от рафинирования и заканчивая хранением на складе.
 - **Повторное смешивание** — дополнительное смешивание продукта с неудовлетворительными показателями с другой партией для получения продукта, соответствующего заданным предельно допустимым отклонениям.
 - **Вывоз остатков** — затраты на утилизацию бракованного продукта.
 - **Исправление брака или пересортировка** — переработка продукта при несоответствии его функциональных характеристик требуемым значениям.
 - **Забраковка продукта** — продукт, который нельзя переработать в связи с загрязнением посторонними веществами.
 - **Проблемы упаковки** — повторная упаковка или обработка в случае неправильной упаковки или ее повреждения.
 - **Превышение срока хранения продукта** — затраты на повторную обработку и переработку фасованных продуктов в результате длительной задержки отгрузки.
 - **Замещение продукции** — производство продукции для замены неприемлемого продукта.
 - **«Бесплатная раздача» продукта** — фасованные продукты с излишней массой продукта в упаковке и маргарин или спреды с избыточным содержанием жира.
3. **Затраты на оценку:**
 - **Повторная проверка** — проведение расширенной проверки по сравнению с установленной в спецификации.
 - **Повторный отбор проб** — дополнительное взятие пробы, поскольку возможна ошибка при испытаниях первого образца.
 - **Устранение неполадок** — определение причины рекламации или внутреннего несоответствия.
 - **Повторный анализ** — новый анализ продукта, поскольку возможна ошибка в результатах первого анализа.

4. Затраты на профилактику:

- **Диагностика** — поиски решения проблемы и связанные с этим затраты.
- **Корректирующие действия** — расходы на необходимое оборудование или процедуру.
- **Переподготовка** — дополнительное или полное обучение персонала.

12.4.2.8. Процедура одобрения этикетки

В США различные федеральные и местные органы власти имеют определенные полномочия по регламентации маркировки пищевых продуктов, в том числе Министерство сельского хозяйства США, Федеральная торговая комиссия, Министерство финансов, а также ряд штатных и местных органов¹. Некоторые нормативные документы, например, закон «О добросовестной упаковке и маркировке», применимы только к упаковке и этикеткам продуктов, предназначенных для розничной продажи или поставок в другие штаты. Другие нормативные документы устанавливают специальные требования для отдельных пищевых продуктов; например, требования к маркировке жиров и масел иные, чем к маркировке шортенинга, которые в свою очередь отличаются от требований к маркировке готовых к употреблению пищевых продуктов. Каждый вид масла, входящего в состав шортенинга, должен быть указан на этикетке продукта в порядке убывания содержания. В маркировке готового пищевого продукта, содержащего в качестве ингредиента тот же самый шортенинг, могут быть перечислены масла, которых нет в данном продукте, если они могут иногда применяться в шортенинге.

Это лишь некоторые примеры нормативов, которые необходимо учитывать при разработке этикетки для определенного пищевого продукта. Сложность нормативной базы, а также ее непрерывные изменения обуславливают необходимость наличия процедуры, предусматривающей привлечение специалиста, проверяющего все новые этикетки и изменения к утвержденным ранее на соответствие нормативным требованиям.

Отдел маркетинга обычно разрабатывает этикетки продуктов, ориентируясь на привлечение внимания потребителей. Вполне логично, что ответственность за обеспечение соответствия всех этикеток и маркировки упаковок нормативно-правовым документам лежит на отделе обеспечения качества. Проверка маркировки сотрудниками этого отдела должна проводиться с самого начала разработки этикетки или упаковки и продолжаться на стадии получения пробных оттисков и печати типовых образцов конечной продукции. Процедура одобрения этикетки должна обеспечивать своевременное проведение оценки, а также поступление результатов оценок и формального уведомления об утверждении этикетки всему за действованному персоналу производственного отдела, а также отделов маркетинга и снабжения.

¹ В России требования к маркировке пищевых продуктов регламентируются ГОСТом Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования», а также Законом о защите прав потребителей. — Примеч. ред.

12.5. Методы испытаний

Качество не такое простое свойство, как может показаться. В конечном счете, оно должно быть связано с конечным использованием продукта. Так, при использовании для производства шортенинга очищенного, светлого масла его нельзя назвать хорошим, если оно не позволяет получить продукт с нейтральным вкусом и запахом, с предсказуемыми физическими свойствами и стабильностью. Светлое масло также будет непригодно в качестве салатного масла для розничных продаж, если оно мутнеет и имеет окисленный вкус при розливе в бутылки. Необходимо, чтобы лаборатории масложировых предприятий были оснащены оборудованием и другими возможностями для подтверждения соответствия продукта всем заданным требованиям, а также соответствующим государственным и отраслевым стандартам.

Технологические операции оказывают огромное влияние на качество масла. Некоторые происходящие изменения, например, удаление некоторых одорирующих веществ или их предшественников и отбеливание, являются преднамеренными и положительно влияющими на качество жиров и масел. Другие изменения, такие как изомеризация и полимеризация, являются случайными или нежелательными. Мониторинг и оценка качества масла на каждой технологической операции имеют исключительно большое значение. Надлежащий контроль технологического процесса делает производство масел высшего качества более эффективным.

Контроль процессов производства пищевых жиров и масел и качества готовой продукции существенно зависит от методов испытания, применяемых в заводских лабораториях. Эти испытания являются основой для оценки пригодности и стоимости сырья и других материалов, технологических решений и для разрешения выпуска конечного продукта. Кроме того, лабораторные анализы служат средством для повышения однородности продукта, обеспечивая постоянную оценку влияния изменений технологического процесса, параметров работы оборудования и технологических операций. Следовательно, правильные, точные и надежные результаты лабораторных испытаний — необходимое условие производства высококачественных продуктов.

Разработка аналитических методов для жиров и масел была одной из причин создания Общества аналитиков хлопковой продукции (*Society of Cotton Products Analysts*), известного в настоящее время как Американское химическое общество производителей пищевых масел (*American Oil Chemists' Society — AOCS*). Было признано, что для торговли товарами, контроля качества в процессе производства, оценки стабильности при хранении, маркировки пищевых продуктов и для описания функциональности продукта необходимы унифицированные методики испытаний. Развитие аналитических методов остается основной деятельностью *AOCS*; методы, имеющие широкое применение, публикуются в сборнике *AOCS* «Официальные и временные методы» (*Official and Tentative Methods*). Исключение устаревших, недостаточно эффективных или неиспользуемых методов и внесение новых методов осуществляются Комитетом унифицированных методов (*Uniform Methods Committee*) на основании предложений членов этого комитета и с учетом результатов проверки и изучения одним из технических комитетов. Методы *AOCS* стали

общепринятыми аналитическими процедурами для испытаний пищевых жиров и масел во всем мире [6].

В лабораториях обычно применяют те методы, которые широко приняты в данной отрасли промышленности и используются как поставщиками сырья, так и покупателями готовой продукции. Тем не менее появление новых продуктов, методов или нового оборудования может заставить лабораторию модифицировать используемые методы. В этом случае общепринятые методы служат основой для сравнения, по ним оценивают новые или модифицированные методы и средства измерений. Кроме того, для определенных процессов или продуктов могут применяться различные методы, предложенные другими организациями, или даже методы, разработанные на данном предприятии, если они отвечают необходимым требованиям. Таким образом, лаборатории контроля качества должны развивать методы испытаний с учетом имеющихся возможностей и оборудования.

12.5.1. Структура методики проведения испытаний

Методики проведения испытаний представляют собой письменные инструкции по измерению химических, физических и функциональных характеристик сырья, ингредиентов, побочных продуктов, а также масложировых продуктов в процессе изготовления и в готовом виде. Применяемые методы должны обеспечивать возможность получения как можно более правильных, точных и воспроизводимых результатов анализа. Для достижения требуемой точности и надежности необходимы четкие, лаконичные инструкции, изложенные в логической последовательности вплоть до обработки результатов измерений.

Для всех внутренних лабораторных методик следует принять определенное оформление или способ представления процедур, отвечающий потребностям работников, выполняющих анализы. При оформлении лабораторных методик, как и для всех других процедур, необходимо соблюдать общую структуру, что улучшает доступность требований и облегчает их понимание. На рис. 12.6 приведена форма, которая помогает обеспечить единый подход к методикам и установленную форму их изложения:

- **Название.** Приводят полное описательное название метода.
- **Группа.** Методы можно группировать в зависимости от вида используемого анализа, что облегчает поиск, например:
 - химический анализ;
 - физико-химический анализ;
 - органолептический анализ;
 - инструментальный анализ;
 - оценка функциональных характеристик;
 - анализ готового продукта;
 - анализ окружающей среды;
 - другие виды анализа.
- **Дата вступления в силу.** Указывают дату утверждения данной методики или дату ее последнего пересмотра.

НАЗВАНИЕ ФИРМЫ И ЛОГОТИП		МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ	
НАЗВАНИЕ:	ДАТА ВСТУПЛЕНИЯ В СИЛУ:	ВАРИАНТ №:	МЕТОДИКА №:
ГРУППА:	ПРИНЯТО ВЗАМЕН:	МЕТОДИКА:	СТРАНИЦА:
	ВАРИАНТ:	ДАТА:	ИЗ
Сущность метода — Краткое определение метода			
Область применения — Указание объектов, к которым применим данный метод			
Аппаратура — Перечень оборудования, необходимого для проведения испытаний			
Реагенты — Перечень требуемых реагентов или способов их приготовления			
Проведение измерения — Пошаговое изложение порядка действий при выполнении анализа			
Обработка результатов — Описание необходимых вычислений с пояснениями для получения соответствующих показателей			
Метрологические характеристики — Указание точности и воспроизводимости метода			
Примечания — Информация особой важности о характеристиках метода			
Библиография — Ссылки на литературные источники и другую имеющую отношение к методу информацию			
РССЫЛКА:	ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ:		
	РАЗРАБОТЧИК:	ОТВЕТСТВЕННОЕ ЛИЦО:	
	ДАТА:	ДАТА:	

Рис. 12.6. Форма для методики проведения испытаний

- **Номер варианта.** Количество изменений методики можно определить по номеру варианта, поскольку каждому внесенному изменению присваивают следующий номер. Номер варианта позволяет при проверке быстро обнаружить, используется ли самая последняя редакция метода.
- **Принято взамен.** Для справки указывают номер предыдущего варианта методики и дату его принятия.
- **Номер методики.** Рекомендуется ввести систему числовой идентификации методик для облегчения хранения и поиска данных. Каждому номеру должно соответствовать только одно название методики, причем это соотношение должно оставаться неизменным.

- **Номер страницы.** Лабораторные методики редко ограничиваются одной страницей; указание номера страницы и общего количества страниц (например, страница 2 из 18) обеспечивает уверенность в полноте имеющейся методики.
- **Сущность метода.** Приводят краткое описание метода, значение результата и любую другую информацию, необходимую для лучшего понимания метода.
- **Область применения.** Указывают объекты, для испытания которых можно применять данную методику и возможные ограничения.
- **Аппаратура.** Приводят перечень лабораторного оборудования, необходимого для проведения этого анализа, с указанием производителей, номеров моделей и любой другой информации, необходимой для закупки требуемой аппаратуры.
- **Реагенты.** Перечисляют все реагенты, используемые в данном методе, с указанием поставщиков или указывают способ приготовления специальных растворов или стандартов. Обозначение класса реагентов и их чистоты должно совпадать с обозначениями, применяемыми поставщиками реагентов.
- **Проведение измерений.** Четко, подробно описывают инструкции по выполнению испытаний, излагая их в логической последовательности вплоть до получения конечного результата.
- **Обработка результатов.** Описывают все необходимые вычисления и расчеты, поясняя применяемые коэффициенты. Полезно использовать специально разработанные рабочие журналы для записи данных наблюдений, выполнения расчетов, записи и хранения конечных результатов на случай проверки.
- **Метрологические характеристики.** Определяют точность и воспроизводимость каждого метода, для которого это возможно.
- **Примечания.** Размещают информацию по отдельным важным вопросам, относящимся к методу, например, по технике безопасности, потенциальным проблемам, чувствительности, уровню обнаружения, отчетности и возможности замены реагентов.
- **Библиография.** В случае необходимости приводят ссылки на справочную информацию и оригинальную работу.
- **Рассылка.** Приводят список для рассылки копий каждой методики. Такой список должен быть основан на списке должностей и мест работы, а не на списке персоналий, что позволяет охватить все необходимые должности и подразделения. Для экономии места в этой форме лучше использовать буквенные и цифровые коды, аналогичные тем, что предложены для рассылки спецификаций.
- **Основание для изменения.** Информирует пользователей о конкретных изменениях и причине, вызвавшей каждое изменение. В правом поле рядом с фактическим изменением рекомендуется размещать пометку «Изм.» в качестве дополнительного средства, облегчающего обнаружение изменений.
- **Разработчик.** Подпись разработчика метода удостоверяет, что проведена проверка точности изложения методики.
- **Ответственное лицо.** Подпись ответственного руководителя позволяет свести к минимуму риск отклонений от единого подхода к лабораторным методикам.
- **Даты подписи разработчика и ответственного лица.** Указывают даты проверки и подписи метода.

12.6. Контроль процесса производства

Процессы производства пищевых жиров и масел труднее поддаются контролю, чем физическое воздействие, на котором основано большинство технологических процессов машиностроения. Для проверки и испытаний продуктов при контроле качества производимых продуктов применяются три основных способа оценки:

1. **Отбраковка** — проверка каждой единицы продукта для выявления дефектов; иногда называется сплошным или 100%-ным контролем.
2. **Выборочный контроль** — обследование относительно небольшого количества образцов для оценки пригодности всей партии.
3. **Контроль технологического процесса** — направлен на все возможные причины возникновения дефектов: деятельность оператора, параметры технологических операций и работы оборудования, характеристики сырья; его целью является выявление дефектного продукта, а также этапа и участка, на которых возникает дефект, с тем, чтобы незамедлительно предпринять корректирующие действия.

Контроль пищевых жиров и масел в большинстве случаев основан на использовании методов химического анализа и требует исследований сырья (входной контроль), проведения анализов в течение технологического процесса (операционный контроль) и испытаний готовой продукции (приемочный контроль). При контроле двух из этих областей для установления соответствия спецификации и определения приемлемости партии или поставки используют сплошной контроль. Первой из них является торговля растительными маслами, в которой прочно укоренился этот способ контроля. Сыре и материалы закупаются на основе определенных пределов анализируемых показателей, торговые правила устанавливают стандарты качества для каждого вида исходного масла. Анализ «официальных» образцов является основой для согласования расчетов за многие поставляемые масла.

Второй областью применения сплошного контроля являются проверка и испытания готовой продукции, выполняемые в целях установления соответствия продукта требованиям потребителя. Но обычно отбраковку используют в случае поставок масел продукта наливом, тогда как для фасованных продуктов, как правило, осуществляют выборочный контроль партий. Эти испытания обеспечивают надзор или контроль «постфактум», поэтому оценку производят по принципу «годен — не годен»: продукт либо считается пригодным для поставки, либо он должен быть отвергнут и направлен на переработку, возможно также понижение сортности или применение определенного способа устранения дефекта.

Контроль технологического процесса представляет собой наиболее действенный способ обеспечения приемлемости продукта. Если все операции выполняются правильно и в надлежащей последовательности, то конечный продукт будет иметь требуемое качество. Контроль технологического процесса требует планирования, определяющего относительную значимость каждой характеристики и задающего контрольные точки в ходе технологического процесса, в которых производятся измерения, а также указывающего используемые методы испытаний.

Элементами системы контроля качества являются:

- Определение контрольных точек.** Установление контрольных точек необходимо для гарантии выполнения всех требований на всех участках. Качество конечного продукта можно прогнозировать по измерениям, произведенным в правильно определенных контрольных точках технологического процесса, начиная с оценки сырья и заканчивая транспортировкой продукта. Контрольные точки должны быть профилактическими и практическими (т. е. обеспечивать измерение перед, а не после свершившегося факта); должны охватывать все участки и этапы процесса и быть понятными и осуществимыми.
- Возможности процесса.** Необходимо определить степень внутренних отклонений, присущих каждому процессу, чтобы установить степень надежности, с которой могут быть удовлетворены заданные параметры качества при существующем оборудовании и используемых режимах. Требования к продуктам, выходящие за рамки потенциальных возможностей процесса, будут приводить к выявлению большого количества неприемлемых продуктов в процессе отбраковки, при которой изымаются продукты, не удовлетворяющие всем заданным ограничениям.
- Контрольный отбор проб.** Необходимо тщательно рассчитать каждую точку отбора проб, чтобы гарантировать соответствие полученных данных реальным значениям. Не имеющие смысла результаты, полученные в неправильно определенных точках отбора проб, могут маскировать значительные проблемы и направлять усилия в неверном направлении. Для многих полунепрерывных процессов производства пищевых жиров и масел контрольный отбор проб обычно производится в следующих точках:
 - **в начале процесса** — анализ поступившего сырья подтверждает, что процесс будет протекать в установленном порядке;
 - **в течение процесса** — пробы отбирают через заранее определенные промежутки времени для подтверждения того, что процесс находится под контролем;
 - **окончание выработки партии** — отбор проб от всей изготовленной партии позволяет убедиться, что процесс оставался под контролем и все требования, установленные для данного процесса, выполняются.
- Контроль процесса производства.** Каждый технологический процесс и каждое проведение измерения следует оценивать во взаимосвязи с предшествующими и последующими операциями. Для достижения необходимых функциональных характеристик конечного продукта установленный порядок испытаний должен рассматриваться в свете требований к процессу. При задании допусков для значений контролируемых параметров необходимо учитывать ожидаемую погрешность каждого метода измерений.
- Приемка конечного продукта.** Соответствие спецификации определяется путем проверки и испытаний продукта после заключительного процесса обработки. Количество анализируемых показателей в этой точке может быть минимальным, поскольку испытания нужны только для подтверждения отсутствия изменений после испытаний партии в ходе контроля процесса производства.

Планирование контроля процесса производства пищевых жиров и масел требует знания технологии и технической компетентности. Требуемая техническая компетентность включает в себя не только знание условий процесса производства и их влияния на продукт, но также доступ к предыдущим записям результатов испытаний, которые показывают изменения характеристик продукта при отклонении условий производства от заданных. Кроме того, необходимо понимать, как эти изменения влияют на качество продукта в целом, определяемое всей совокупностью аналитических характеристик.

12.6.1. Контроль сырых пищевых жиров и масел

Входной контроль сырых жиров и масел осуществляют по нескольким причинам:

- уточнение цены;
- определение параметров процессов, требующихся для обработки;
- оценка качества при составлении рецептуры;
- определение показателей безопасности;
- оценка поставщика.

Большинство растительных масел в США закупают по специальным торговым правилам, которые устанавливают определенные параметры качества и скидки при отклонении от этих параметров. Разработкой торговых правил для определенных видов масел занимаются четыре ассоциации: Национальная ассоциация производителей хлопкового масла (*National Cottonseed Producers Association*), Национальная ассоциация производителей сои (*National Soybean Processors Association*), Национальный институт масличных культур (*National Institute of Oilseed Products*), Канадская ассоциация производителей масел (*Canadian Oil Processors Association*).

Хотя торговые правила распространяются на определенный вид сырого масла, многие из них устанавливают предельные допуски на потери при рафинации, цветность рафинированного масла, цветность рафинированного и отбеленного масла, содержание свободных жирных кислот, влаги и летучих веществ, температуру вспышки. Обычно согласование цены производится в том случае, если результаты, полученные при анализе, выходят за ограничения, установленные торговыми правилами. Определение температуры вспышки при поступлении партии производится из соображений безопасности, в целях подтверждения, что масло не содержит растворителя, оставшегося после процесса экстрагирования, поскольку используемые растворители являются взрывоопасными.

Содержание свободных жирных кислот определяет необходимую обработку каустической содой, проводимую при рафинации многих масел. Цвет рафинированного и отбеленного масла может свидетельствовать о необходимости дополнительных процессов рафинации и отбеливания для обеспечения требуемого цвета конечного продукта. Например, темное хлопковое масло может потребовать дополнительной рафинации для получения желательного красного цвета, или соевое масло с высоким содержанием хлорофилла — обработка более сильными отбеливающими материалами. Входной контроль также предоставляет данные для оценки поставщиков

по качеству поставляемого масла. Его результаты позволяют выявить хороших и проблемных поставщиков.

Другими показателями сырья, определяемыми в процессе выборочного контроля в определенные периоды года или при возникновении конкретной проблемы, являются следующие:

- **Йодное число.** Позволяет обнаружить изменения в степени ненасыщенности поступающего жира или масла, связанные с новым урожаем, вегетационным периодом, кормлением или вызванные другими причинами. Поскольку эти изменения могут влиять на рецептуру конечного продукта или на параметры промежуточной переработки, их своевременное выявление позволяет запланировать необходимые компенсирующие действия.
- **Жирнокислотный состав.** Позволяет более точно определить возможные изменения в сырье, чем йодное число. Необходимость маркировки пищевой ценности и другие требования к функциональным характеристикам специальных продуктов могут вызвать отказ от использования некоторых поступающих партий или потребовать смешивания масел одного наименования от разных поставщиков для получения продукта, соответствующего требованиям. Кроме того, анализ жирнокислотного состава позволяет быстро определить чистоту конкретного жира и масла.
- **Следовые количества металлов.** Определение в растительных маслах металлов, которые обычно присутствуют в количествах, измеряемых в мг/кг, всегда представляло значительную проблему. Однако, как показали исследования, содержание кальция и магния в сыром масле в количестве свыше 100 мг/кг может вызвать проблемы после, казалось бы, правильно проведенной щелочной рафинации. Кальций и магний подавляют гидратацию фосфолипидов, и некоторая их часть остается в рафинированном масле. При содержании остаточного фосфора в рафинированных и отбеленных маслах свыше 1,0 мг/кг возможно отравление катализатора гидрогенизации или появление посторонних привкусов и запахов [7]. Периодическое проведение анализа на содержание металлов позволяет эффективно отслеживать качество поставляемого сырого масла.

Даже для анализа сырого масла существует несколько контрольных точек отбора проб. На испытания могут поступать образцы, отобранные в трех контрольных точках:

- 1) официальный образец, отобранный поставщиком при погрузке;
- 2) образец, отобранный при поступлении сырья;
- 3) образец, отобранный во время хранения.

Согласно торговым правилам, анализ официального образца служит основой для проведения расчетов. Образец, который отбирают при поступлении, требует проведения испытаний в минимальном объеме, поскольку они должны лишь подтвердить результаты анализа официального образца. Исключение составляют те ситуации, когда продавец не предоставил образца, отобранного при погрузке, и в качестве официального выступает образец, отобранный при поступлении. Анализ образцов во время хранения нужен для отслеживания качества масла и должен проводиться

один раз в два месяца. В этом случае также требуется только минимальная проверка, обычно определяют содержание свободных жирных кислот, влаги и иногда цветность после отбеливания.

Топленые животные жиры не попадают под действие торговых правил, в связи с чем показатели качества данного вида сырья устанавливаются поставщиком при условии поступления однородного сырья. Обычно животные жиры являются достаточно однородным сырьем. Консистенция лярда и твердого животного жира может в некоторой степени меняться в зависимости от сезона, но эти изменения обычно не создают подлинных или серьезных технологических проблем. Показатели качества могут меняться в зависимости от метода вытапливания, используемого поставщиком. Входной контроль поступающих животных жиров должен предусматривать определение следующих параметров:

- **Органолептические показатели.** Продукты должны иметь характерный вкус и запах; т.е. в них не допускается присутствие кислого или кабаньего запахов, которые усиливаются при нагревании.
- **Содержание влаги.** Высокое содержание влаги (свыше 0,2%) может вызвать усиление постороннего привкуса или повышение содержания свободных жирных кислот в результате гидролиза.
- **Наличие примесей.** Белковые примеси в животном жире могут проявляться во время дезодорации, вызывая значительное потемнение. Определение производят с использованием метода эффективной фильтрации или нагревания, имитирующего условия в дезодораторе. При обнаружении примесей следует предупреждать производственный отдел о необходимости особой фильтрации данной поставки перед использованием.
- **Цветность.** Высокое значение красного цвета (свыше 1,5 ед. красного по Ловибонду) может указывать на то, что продукт подвергался перегреву при вытапливании и нуждается в специальном отбеливании. Твердый животный жир, имеющий зеленый цвет вследствие высокого содержания хлорофилла, требует отбеливания с использованием материалов, активированных кислотой.

12.6.2. Контроль процесса рафинации

Растительные масла могут содержать различные примеси: фосфолипиды, комплексы металлов (в основном железа, кальция и магния), свободные жирные кислоты, перекиси и продукты их распада, пигменты, частицы мезги, воски, влагу, грязь. Некоторые из этих примесей присутствуют в виде молекулярного раствора, другие – в виде коллоидной суспензии, и их удаление необходимо для получения масла с соответствующими стандартам качества показателями вкуса, внешнего вида, консистенции и стабильности, что необходимо для его применения в конечном продукте [8].

Система первичной переработки, которая применяется в США для очистки сырых растительных масел, представляет собой сочетание гидратации и рафинации каустической содой с последующим сепарированием. В качестве варианта сырье масла перед рафинацией могут подвергаться гидратации путем обработки водой

с последующим удалением путем сепарирования фосфатидов, которые затем используют для производства лецитина. Сырые или гидратированные масла обрабатывают гидроксидом натрия (каустической содой) для омыления примесей перед их удалением на первичном сепараторе в виде соапстока. Для удаления остатков мыла рафинированное масло промывают водой и затем снова сепарируют для удаления гидратированного мыла. Последним этапом процесса является поступление рафинированного и промытого водой масла на вакуумную сушилку для удаления остаточной влаги.

Стандарты качества рафинированного масла должны устанавливаться для каждого вида масла отдельно, тем не менее, контрольные точки для всех масел в основном одинаковы:

- **Перед рафинацией.** Перед рафинацией в каждой партии сырого масла необходимо определить содержание свободных жирных кислот, содержание нейтрального масла или потери в чаше, а также провести оценку цветности после отбеливания. Расчет количества каустической соды для обработки производят путем суммирования количества, требуемого для нейтрализации свободных жирных кислот и заранее установленного избытка, предназначенного для удаления других примесей, например, фосфатидов и окрашенных веществ. Как правило, концентрированный гидроксид натрия разбавляют водой до получения требуемой концентрации, выраженной в градусах Боме ($^{\circ}\text{B}$). Определение содержания NaOH в процентах и $^{\circ}\text{B}$ должно подтвердить получение раствора с требуемым разбавлением — обычно это $20\text{--}50\ ^{\circ}\text{B}$ для хлопкового масла; $16\text{--}24\ ^{\circ}\text{B}$ для соевого, подсолнечного, арахисового и кукурузного масла; $12\ ^{\circ}\text{B}$ для пальмового, пальмоядрового и кокосового масла. Некоторые производители используют для проверки надлежащего количества щелочи в реакционной смеси перед первичным сепаратором определение pH ; требуемое значение pH может колебаться от 9,8 для лауриновых масел до 10,8 для хлопкового масла [9].

- **После первичного сепарирования.** На выходе масла из первичного сепаратора должен производиться анализ на содержание мыла. Для успешной промывки водой этот показатель обычно не должен превышать 300 мг/кг. Высокое содержание мыла (свыше 500 мг/кг), которое нельзя скорректировать настройкой противодавления, указывает на то, что установка нуждается в мойке. Некоторые производители используют испытание на центрифуге (*spin test*) для получения быстрой оценки содержания влаги, характеризующей содержание мыла в этой точке. Испытание производят путем вращения образца масла в течение 1,5 мин в высокоскоростной центрифуге, используя калиброванную пробирку объемом 10 cm^3 . Проверки соответствия продукта по содержанию мыла рекомендуется проводить каждый час [10]. Содержание нейтрального масла в соапстоке следует проверять не реже одного раза в 4 ч. Нейтрального масла в соапстоке должно быть менее 18% (в пересчете на сухие вещества).

- **После промывки водой.** Порции мыльного водного раствора из второго сепаратора должны в течение смены смешиваться и накапливаться. Объединенный раствор анализируют на содержание нейтрального масла, которое должно быть менее 0,05%.

Оценка масла после сушки. Последние образцы рафинированного масла для контроля, как правило, отбирают после вакуумной сушилки. В этой контрольной точке массовая доля влаги не должна превышать 0,1%; в большинстве случаев для всех масел при содержании свободных жирных кислот не более 0,05% массовая доля мыла не должна превышать 50 мг/кг. Масла, содержащие фосфатиды, например, соевое и рапсовое масла, контролируют также по остаточному содержанию этих веществ. Содержащиеся в рафинированном масле фосфатиды осаждают путем нагревания с ацетоном для визуальной оценки количества или для более точного определения с помощью спектрофотометра. Другим используемым качественным методом является кислотно-тепловой тест (*acid heat break test*). Для его проведения в 60–150 cm^3 рафинированного масла вносят 3 капли концентрированной соляной кислоты, нагревают до 288 $^{\circ}\text{C}$ и наблюдают изменение внешнего вида. Любая степень потемнения или образование темного осадка указывает на присутствие фосфатидов и, соответственно, на неполную рафинацию. В случае других масел, например, хлопкового, полноту рафинации контролируют путем сравнения цветности масла, рафинированного в лаборатории, и рафинированного на промышленной установке, между которыми не должно быть существенного различия.

- **Оценка готового рафинированного масла.** В каждой партии следует определять цветность, массовую долю свободных жирных кислот, влаги, мыла, фосфора и примесей, а также другие показатели, установленные для данного вида масла или операции. Результаты определения цветности, содержания свободных жирных кислот, влаги и мыла должны соответствовать результатам, полученным при производственном контроле, и удовлетворять требованиям спецификации. Если цветность отбеленного в промышленных условиях масла значительно хуже лабораторных результатов, то это указывает на необходимость дополнительной обработки. В результате проведения стандартного предварительного отбеливания содержание фосфора должно быть снижено до 30 мг/кг и менее. При отклонении любого из этих показателей от установленного значения необходимо предпринять шаги для их корректировки на стадии предварительного отбеливания или рассмотреть вопрос о повторной рафинации.

В табл. 12.1 показан пример показателей качества при контроле процесса рафинации типичного сырого соевого масла.

Традиционно для рафинации животных жиров применяют метод, который в настоящее время известен как физическая рафинация. Примеси в животном жире состоят из белковых веществ, остающихся после процесса вытапливания, и свободных жирных кислот. Белковые вещества удаляют либо фильтрованием при внесении небольших количеств отбеленных глин или диатомовой земли, либо путем промывки водой с последующим отбеливанием. После отбеливания очищенные сухие животные жиры могут подвергаться дополнительной обработке (т. е. дезодорации или гидрогенизации и дезодорации) [11]. В табл. 12.2 приведена спецификация контроля процесса физической рафинации твердого животного жира по обычным показателям качества.

Таблица 12.1. Спецификация контроля процесса щелочной рафинации соевого масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках				
	Перед рафинацией	После первичного сепаратора	После промывки водой	После вакуумной сушилки	После рафинации
Массовая доля свободных жирных кислот, %	1,0	0,05	0,05	0,05	0,05
Потери нейтрального масла:					
в сыром масле, %, не более	2,5	НП	НП	НП	НП
в соапстоке, %, не более	НП	18,0	0,05	НП	НП
Массовая доля мыла, мг/кг	НП	300	НП	50	50
Массовая доля влаги, %	НП	НП	НП	0,1	0,1
Кислотно-тепловой тест	НП	НП	НП	Отрицательный	НП
Массовая доля фосфора, мг/кг, не более	НП	НП	НП	НП	30
Наличие видимых примесей	НП	НП	НП	Нет	Нет
Цветность после отбеливания, ед. красного по Ловибонду, не более	3,5	НП	НП	НП	3,5
Массовая доля хлорофилла, мг/кг, не более	НП	НП	НП	НП	30

Обозначение: НП – анализ не проводят.

Таблица 12.2. Спецификация контроля процесса физической рафинации твердого животного жира

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках		
	Перед фильтрованием	В потоке	После фильтрования
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,0	1,0	1,0
Массовая доля свободных жирных кислот, %	0,4	0,4	0,4
Массовая доля влаги, %, не более	0,2	0,1	0,1
Наличие примесей	Нет	Нет	Нет
Усиление цветности при сильном нагреве, ед. красного по Ловибонду, не более	0,5	0,5	0,5

12.6.3. Контроль процесса предварительного отбеливания

Предварительное отбеливание пищевых масел широко используют на рафинирующих предприятиях и обоснованно рассматривают как способ частичного или полного обесцвечивания сырья. Кроме того, отбеливание является важным этапом в системах химической и физической рафинации. В системе химической рафинации отбеливание обеспечивает удаление следов мыла и фосфатидов, остающихся после щелочной нейтрализации и промывки водой. Техническая осуществимость физической рафинации также зависит от проведения отбеливания как подготовительной обработки в целях удаления фосфатидов, следов металлов, восков и пигментов. Другой очень важной для обоих методов рафинации функцией отбеливания является удаление пероксидов и вторичных продуктов окисления.

После запуска процесса отбеливания масло рециркулирует через фильтр до получения требуемой цветности отбеленного масла и перекисного числа, затем удаляют мыло и определяют наличие фильтрующихся примесей, а также цветность при тепловом стрессе. Тест на тепловой стресс проводят путем нагревания образца масла до 160 °C в течение 4–6 мин, после чего сразу же определяют красный цвет по шкале Ловибонда для сравнения с цветностью масла перед нагреванием. Усиление цветности при тепловом стрессе указывает на неполное удаление фосфатидов. Определение цветности и фильтрующихся примесей следует проводить ежечасно, что позволяет убедиться в отсутствии проблем при фильтрации и в постоянстве качества масла. Растительные масла, в которых возможно высокое содержание хлорофилла, например, соевое и рапсовое масла, необходимо отбелывать до конечной точки, определяемой не по значению красного цвета, а по предельному содержанию хлорофилла – от 6 до 30 мг/кг в зависимости от требований конечного продукта.

В каждой партии отбеленного растительного масла следует определять цветность, перекисное число, массовую долю мыла и свободных жирных кислот, наличие фильтрующихся примесей. Показатели готового масла должны согласовываться с результатами технологического контроля. Массовая доля свободных жирных кислот может быть на 0,1–0,2% выше, чем в рафинированном масле, особенно при использовании активированных кислотой отбеленных глин. Для дальнейшей успешной гидрогенизации или дезодорации таких растительных масел, как соевое и рапсовое, содержание фосфора в них должно быть ниже 5 мг/кг. В рапсовом и кукурузном маслах обязательно определяют содержание серы, которое не должно превышать 5 мг/кг. Сера неблагоприятно влияет на скорость реакции гидрогенизации и вкус дезодорированного масла.

Периодически или при наличии сомнений в скорости добавления отбеливающих материалов необходимо определять в масле массовую долю отбеленной глины. Для этого отбеленную глину отделяют от пробы масла определенной массы путем фильтрования, фильтр с осадком промывают растворителем, осадок высушивают и взвешивают. Периодическое определение этого показателя обеспечит контроль правильности внесения отбеленной глины. Избыточное использование отбеленных глин приводит к бесполезным и высоким потерям масла, при недостатке глин снижается качество продукта. Кроме того, время от времени следует определять мас-

совую долю масла в отработанной отбеленной глине. Это нужно для проверки пропаривания фильтра и его обработки паром. Излишняя пропарка фильтра приводит к снижению содержания масла в отработанных глинах до уровня ниже 30%, что может создать риск возникновения пожара. Кроме того, достаточно низкое качество масла, извлекаемого паром из глин, может повлиять на всю партию. Недостаточная пропарка фильтров приводит к повышению потерь масла с отработанной глиной. Смешивание масел разных наименований представляет собой значительную проблему для отбелывающих систем, используемых при обработке различных масел. Для многих масел эту проблему можно выявить по изменению йодного числа, а в случае использования в качестве сырья природного зимнего масла холодный тест позволяет обнаружить присутствие других масел [10]. Типичные показатели качества отбеленного соевого масла могут быть заданы в форме, приведенной в табл. 12.3.

Таблица 12.3. Спецификация контроля процесса предварительного отбеливания соевого масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках		
	До отбеливания	В потоке	После отбеливания
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	НП	6,0	6,0
Усиление цветности при сильном нагреве, ед. красного по Ловибонду	НП	Нет	Нет
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг	НП	0,1	0,1
Массовая доля мыла, мг/кг, не более	50	0	0
Наличие фильтрующихся примесей	НП	Нет	Нет
Массовая доля хлорофилла, мг/кг, не более	30	6	6
Массовая доля влаги, %, не более	НП	0,1	0,1
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,05	НП	0,07
Массовая доля фосфора, мг/кг, не более	НП	НП	5
Холодный тест, ч, не менее	НП	НП	25
Массовая доля отбеленной глины, %*	НП	А	НП
Массовая доля масла в отработанной глине, %*	НП	НП	30,0

Обозначения: * контролируют дважды в месяц; НП – анализ не проводят; А – анализ проводят.

Отбеливание может использоваться для удаления примесей из животных жиров в процессе осветления или фильтрации, описанных в предыдущем разделе. Животные жиры нуждаются в значительном отбеливании лишь в тех случаях, если они были подвергнуты неправильной тепловой обработке или если твердый животный

жир имеет зеленую окраску, вызванную высоким содержанием хлорофилла. Зеленый цвет более заметен в твердых животных жирах в связи с характерным для них слабым красным и желтым оттенком. Хлорофилл легко удаляется при использовании отбеленных глин, активированных кислотой.

12.6.4. Контроль процесса гидрогенизации

Гидрогенизацию пищевых жиров и масел проводят по двум причинам. Во-первых, при этом улучшается стабильность вкуса в результате уменьшения количества двойных связей, которые являются местами возможного присоединения кислорода. Во-вторых, физические характеристики изменяются таким образом, что продукт становится более функциональным. Пищевые масложировые продукты, такие как шортенинги, маргарины, фритюрные жиры, кондитерские жиры и другие специальные продукты, приобретают свои уникальные функциональные характеристики за счет использования гидрогенизованных масел.

Гидрогенизация представляет собой химическое присоединение водорода к ненасыщенным жирным кислотам. Эту реакцию осуществляют путем смешивания нагретого масла и газообразного водорода в присутствии катализатора. Гидрогенизация может быть частичной или полной, в зависимости от того, все двойные связи становятся насыщенными или только их часть. Применяемые на практике условия гидрогенизации позволяют одним реакциям протекать с большей скоростью, чем другим, что обеспечивает различную степень селективности или снижение содержания в масле определенных ненасыщенных жирных кислот. С помощью процесса гидрогенизации можно получить огромное разнообразие продуктов, используя различные условия и добиваясь разной степени насыщения. Жирнокислотный состав и конечные характеристики гидрогенизованных продуктов зависят от таких регулируемых факторов, как температура, давление, скорость перемешивания, активность катализатора, его тип и концентрация. Изменения условий реакции влияют на селективность гидрогенизации саломасов. Селективность влияет на наклон кривой плавления: при селективной гидрогенизации наклон кривых больше, тогда как плоские кривые плавления являются результатом неселективной гидрогенизации. В спецификации контроля процесса гидрогенизации устанавливают подлежащие контролю условия: тип катализатора, количество никеля, температуру и давление. Перемешивание также является регулируемым фактором, но обычно в промышленных конвертерах его устанавливают на постоянном уровне, поэтому скорость или интенсивность перемешивания остается неизменной.

Для эффективного протекания гидрогенизации поступающее масло должно иметь надлежащее качество. В целом требования к маслу такие же, как для масла после предварительного отбеливания: массовая доля свободных жирных кислот менее 0,07%, мыла – менее 1,0 мг/кг, влаги – не более 0,1%, фосфора – не более 5,0 мг/кг, низкое значение цветности, перекисное число – не более 10,0 ммоль О₂/кг. Все эти примеси могут отравлять катализатор. Фосфор в виде фосфатидов в основном влияет на селективность, повышая степень насыщения при уменьшении содержания транс-изомеров. Влага инактивирует катализатор и может способствовать

образованию свободных жирных кислот в результате гидролиза. Мыло реагирует с никелевым катализатором с образованием никелевых мыл, что соответственно снижает количество доступного никеля. В случае хранения масла после предварительного отбеливания необходимо перед гидрогенизацией повторно определять в нем все указанные показатели.

Для гидрогенизации применяется водород со степенью чистоты выше 99%. Газообразные примеси, особенно соединения серы, такие как сероводород (H_2S), оксид серы (SO_2) и сероуглерод (CS_2), крайне негативно влияют на катализатор. Такие примеси, как оксид углерода (CO), диоксид углерода (CO_2), метан (CH_4) и азот (N_2) на активность катализатора не влияют [12].

Обычно производят некоторую систему саломасов, включающую в себя гидрогенированные продукты с различной твердостью и селективностью, которые впоследствии смешивают с другими саломасами или неотверженными маслами для получения желательного конечного продукта. Консистенцию большинства готовых масложировых продуктов контролируют с помощью стандартных аналитических методов AOCS, таких как содержание ТТГ, йодное число и температура плавления, однако для производственного контроля процесса гидрогенизации требуются более быстрые методы анализа. Для контроля гидрогенизации отбор проб чаще всего осуществляют через короткие интервалы времени при приближении к заданной конечной точке. Для определения момента окончания процесса используют три различные контрольные оценки в зависимости от твердости саломаса:

- **Мягкие саломасы.** Показатель преломления масел связан со степенью насыщения; для определенного масла показатель преломления почти линейно связан с йодным числом, но может изменяться под воздействием таких факторов, как образование свободных жирных кислот, окисление и полимеризация. Для удовлетворительного контроля процесса гидрогенизации при производстве саломасов с ЙЧ от 90 и выше достаточно измерять показатель преломления. При достаточно постоянных значениях йодных чисел исходных масел результаты определения содержания ТТГ для разных партий мягких саломасов довольно хорошо согласуются с данными, полученными при измерениях показателя преломления в процессе контроля.
- **Саломасы промежуточной твердости.** Отвреждение масел до ЙЧ менее 90 усиливает образование *транс*-изомеров и оказывает заметное влияние на содержание ТТГ. В связи с этим саломасы промежуточной твердости необходимо контролировать не только по показателю преломления, но также и по температуре плавления. Как правило, показатель преломления используют для предварительного определения окончания гидрогенизации, а фактический контроль производят, измеряя температуру каплепадения по Меттлеру. Согласно методу AOCS Cc 18–80 данный показатель представляет собой температуру, при которой образец масла, выдержаный в морозильной камере в течение 15 мин, становится достаточно жидким, чтобы течь.
- **Твердые саломасы.** Гидрогенизация твердых саломасов с низкими значениями ЙЧ намного менее требовательна, чем других гидрогенированных продуктов. Эти продукты получают путем насыщения масел до ЙЧ менее 10, что приводит

к устранению *транс*-изомеров и повышению температуры плавления до 54 °C и выше. В связи со столь высокими температурами плавления для контроля твердых саломасов редко используется показатель преломления. Хорошим способом контроля таких продуктов является определение быстрого титра. Это измерение производят путем погружения термометра в образец отверженного масла и вращения его между пальцами до тех пор, пока шарик термометра не покроется застывшим жиром. Для каждого вида исходного масла и при различных значениях йодного числа получают разные результаты, что делает быстрый титр достаточно точным методом контроля этого процесса [13].

После достижения конечной точки гидрогенизации продукт можно передавать на следующую стадию обработки — дополнительное отбеливание — и затем на хранение или смешивание, особенно если данный вид саломаса производится регулярно, и статистические оценки показывают, что процесс находится под контролем. Раздельное содержание всех изготовленных партий до получения результатов определения показателей консистенции должно осуществляться с учетом стоимости потерь продукции и времени. Для получения полных результатов по содержанию ТТГ может потребоваться 6 ч после начала анализа. Тем не менее определение показателей консистенции должно производиться для каждой партии или с определенной периодичностью для больших объемов саломасов, чтобы подтвердить корреляцию между результатами ускоренного контроля и требующим более длительного анализа содержанием ТТГ, йодным числом, температурой плавления, жирнокислотным составом и т. д.

Прежде чем профильтрованный продукт поступит на дополнительное отбеливание, в нем следует определить цветность, содержание свободных жирных кислот и содержание никеля. В этой контрольной точке достаточно качественной оценки, например, при добавлении сульфида аммония в образец, отобранный после фильтра для катализатора. Образование черного осадка свидетельствует о присутствии никеля. Чувствительность этого метода составляет около 2 мг/кг никеля; более точное определение требует применения атомно-абсорбционного анализа или других более точных, но длительных анализов.

Отфильтрованный катализатор необходимо периодически проверять в целях контроля правильного режима продувки фильтра. Содержание никеля в фильтровальном осадке влияет на возможность сбыта этого отработанного продукта для регенерации — лучшего способа его утилизации.

Цвет гидрогенизированного масла должен быть светлее цвета масла до гидрогенизации в связи с отбеливанием под воздействием нагревания. Более темный цвет может указывать на неполное разделение при фильтровании или на слишком большую разницу температур между резервуаром, находящимся под давлением, и атмосферой. Эти две причины темного цвета различают путем определения фильтрующихся примесей. Содержание свободных жирных кислот должно быть ненамного выше, чем в отбеленном исходном масле, за исключением случаев чрезмерно продолжительной реакции. Высокое содержание свободных жирных кислот может указывать на повышенную влажность масла перед конвертером. Высокое содержание влаги может изменить зависимость между содержанием ТТГ, температурой

плавления и йодным числом в связи с отравлением катализатора. В табл. 12.4 приведена спецификация контроля процесса гидрогенизации с типичными показателями качества саломаса из соевого масла.

Таблица 12.4. Спецификация контроля процесса гидрогенизации для саломаса из соевого масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках		
	Перед конвертером	После конвертера	После фильтра
Массовая доля влаги, %, не более	0,1	НП	НП
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,07	НП	0,1
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	А	НП	А*
Перекисное число, ммоль О/кг	10,0	НП	12,0
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	НП	Нет
Показатель преломления при 46 °С	А	1,45470 ± 0,00030	
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	НП	30,0 ± 1,0	30,0 ± 1,0
Содержание ТТГ, %, при:			
10,0 °С	НП	18,0 ± 3,0	НП
21,1 °С	НП	8,0 ± 2,0	НП
33,3 °С	НП	3,0 ± 1,0	НП
Йодное число, г J ₂ /100 г	НП	85,0 ± 2,0	85,0 ± 2,0
Качественное определение никеля	НП	НП	Нет

Обозначения: * — светлее, чем перед конвертером; НП — анализ не проводят; А — анализ проводят.

Условия гидрогенизации	
Температура подачи газа, °С	150
Температура гидрогенизации, °С	177
Давление, бар	1,4 ± 0,1
Количество катализатора (никеля), %	0,02
Тип катализатора	Новый

12.6.5. Контроль процесса дополнительного отбеливания

Основная функция процесса дополнительного отбеливания — обеспечить удаление следов никеля, а также пероксидов и вторичных продуктов окисления. Понижение цветности вторично, оно никогда не было решающим фактором для дополнительного отбеливания гидрогенизированного масла. Тем не менее, если в процессе гидрогенизации происходит отбеливание под воздействием нагревания, не следует ожидать снижения цветности во время дезодорации. В этом случае следует провести отбеливание масла, чтобы его цветность стала ниже требуемой для конечного

продукта, принимая во внимание внесение добавок, которые могут усилить цветность продукта — эмульгаторов, лецитина и т. д.

В процессе дополнительного отбеливания масло рециркулирует через фильтр до достижения заданного перекисного числа, цветности по Ловибонду и отсутствия фильтрующихся примесей. В том случае, если после фильтра катализатора анализ на никель дал положительный результат, необходимо проведение качественного определения никеля. Эти анализы должны повторяться каждый час в течение всего периода фильтрации, чтобы убедиться в надлежащем проведении фильтрации и в постоянстве качества масла.

Для подтверждения отсутствия загрязнения в результате смешивания жиров в каждой партии дополнительно отбеленного продукта следует проверять его консистенцию, определять цветность по Ловибонду, перекисное число, наличие фильтрующихся примесей, массовую долю влаги, свободных жирных кислот. Результаты анализов партии готового саломаса после дополнительного отбеливания должны соответствовать данным оперативного контроля процесса отбеливания и консистенции после гидрогенизации. Единственным исключением может быть содержание свободных жирных кислот, которое должно быть на 0,1–0,2% выше, чем в гидрогенизированном масле, поскольку лимонная или фосфорная кислота, добавляемые в масло перед отбеливанием для связывания в комплексы следов никеля, оставшегося после фильтрации катализатора, увеличивает этот показатель. Для оценки консистенции при определении загрязнения смотрят те же показатели, что и для гидрогенизированного масла после достижения конечной точки: показатель преломления, йодное число, температуру каплепадения по Меттлеру или быстрый титр. На загрязнение указывают изменения консистенции, превышающие стандартные погрешности методов. В табл. 12.5 приведены типичные показатели качества для контроля процесса дополнительного отбеливания того же саломаса из соевого масла, который использовался для иллюстрации контроля процесса гидрогенизации.

Таблица 12.5. Спецификация контроля процесса дополнительного отбеливания для гидрогенизированного базового компонента соевого масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках	
	Из фильтра дополнительного отбеливания	В масле после отбеливания
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,0	1,0
Перекисное число, ммоль О/кг	0,1	0,1
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет
Массовая доля влаги, %, не более	0,1	0,1
Качественное определение никеля	Нет	Нет
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	НП	0,12
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	НП	30,0 ± 1,0

Обозначение: НП — анализ не проводят.

12.6.6. Контроль процесса винтеризации

Масла, которые твердеют или мутнеют при температурах выше 4,4 °С, следует подвергать винтеризации (вымораживанию) или депарафинизации, если предполагается их использование в качестве салатных масел. **Винтеризация** означает удаление твердеющей при низких температурах тугокоплавкой фракции или стеарина из определенных растительных масел, особенно хлопкового и частично гидрогенизированного соевого масла. Соевое масло представляет собой природное зимнее масло с высокой устойчивостью к помутнению, однако после гидрогенизации, улучшающей его окислительную стабильность, это свойство утрачивается. Частично гидрогенизированное соевое масло необходимо винтеризовать для удаления тугокоплавкой фракции и восстановления устойчивости к помутнению при низких температурах.

Процесс винтеризации включает в себя кристаллизацию с последующим отделением твердого вещества от жидкой фракции. Жидкую фракцию используют в качестве салатных масел, а твердую фракцию или стеарин можно применять в рецептурах некоторых шортенингов или маргаринов. Процесс винтеризации предусматривает охлаждение масла до заданной температуры в течение определенного периода времени перед разделением жидкой и твердой фракций. На практике для винтеризации пищевых масел применяют несколько различных процессов. Ключевыми параметрами процесса являются скорость охлаждения масла, температура кристаллизации и перемешивание масла. Они играют значительную роль как в формировании твердых жиров в виде обособленных крупных кристаллов, так и в облегчении отделения их из жидкого масла. При контроле процесса значения этих параметров задают для каждого продукта отдельно.

Таблица 12.6. Спецификация контроля процесса винтеризации для салатного хлопкового масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках		
	До охлаждения	Из фильтра	Винтеризованное масло после фильтрования
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	3,5	НП	3,5
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,1	НП	0,1
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет
Массовая доля влаги, %, не более	0,1	0,1	0,1
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	2,0	НП	4,0
Холодный тест, ч, не менее	НП	10	10
Йодное число, г J ₂ /100 г	109 ± 3,0	110 ± 3,0	110 ± 3,0

Обозначение: НП — анализ не проводят.

Для определения полноты винтеризации масла используется простая, но занимающая много времени процедура. Общепринятым методом является холодный тест (метод AOCS Cc 11-53 [14]), при котором определяется способность масла противостоять кристаллизации жира. Она измеряется временем в часах, в течение которого масло не мутнеет при 0 °С. Очевидно, что результаты холодного теста получают после завершения процесса; поэтому винтилизованное масло обычно хранят отдельно, пока результаты холодного теста не превысят заданное значение. Масла, не прошедшие это испытание, должны снова направляться на винтеризацию, успешно прошедшие тест поступают на хранение до дезодорации.

Другие контрольные анализы салатного масла должны соответствовать предшествующим аналитическим характеристикам этого масла, за исключением йодного числа, которое для винтилизованного масла должно повыситься в связи с удалением твердой фракции. Типичные показатели качества для контроля процесса винтеризации салатного хлопкового масла представлены в табл. 2.6.

12.6.7. Контроль процесса депарафинизации

Некоторые растительные масла, включая подсолнечное, кукурузное и рапсовое, содержат воски, попадающие в них из оболочек семян и придающие маслам мутность. Воски представляют собой тугоплавкие сложные эфиры жирных спиртов и жирных кислот, малорастворимые в маслах. Количество восков в масле колеблется от 100 до 2000 мг/кг и выше. Гарантией достаточно высокой прозрачности масел при низких температурах является содержание воска не выше 10 мг/кг.

В традиционном процессе депарафинизации, обычно проводимом после предварительного отбеливания, масло медленно охлаждают при контролируемых условиях, что вызывает кристаллизацию восков, которые затем удаляют фильтрацией. Другой вариант процесса основан на использовании детергента и центрифугирования. Водный раствор, содержащий детергент, в определенном количестве вносят в поток масла, который перед поступлением в кристаллизаторы охлаждают в теплообменнике. При последующем центрифугировании вместе с водным раствором из масла удаляются содержащиеся в нем воски. Эту смесь воды и восков пропускают через теплообменник и снова центрифугируют для извлечения из воска детергента. Эти и другие способы депарафинизации масел, содержащих воски, осуществляют для предотвращения помутнения масла во время хранения на складах магазинов.

Для проверки полноты депарафинизации масла используют два метода испытаний — холодный тест и испытание на охлаждение. Холодный тест проводят в соответствии с методом AOCS Cc 11-53 [14]. В некоторых маслах, выдержавших холодный тест, может все-таки происходить кристаллизация восков при комнатной температуре, что приводит к образованию слабой или выраженной мутности. Такие масла можно выявить в результате испытания на охлаждение. Для этого часть образца масла высушивают путем нагревания до 130 °С, охлаждают до комнатной температуры и заполняют им колбу вместимостью 100 см³. Вторую такую же колбу заполняют другой частью образца, не подвергшейся нагреванию. После 24 ч выдержки при 21,1 °С образцы проверяют на мутность. Наличие в нагретом образце

мутности или осадка, который может находиться на дне колбы, указывает на неполную депарафинизацию масла. Помутнение в ненагретом образце происходит за счет присутствия влаги. Помутнение в обоих образцах свидетельствует о необходимости повторного проведения испытания в связи с возможностью недостаточного высыпивания нагреваемой части образца.

Удаление восков из масла не изменяет его физических характеристик. Исходное и депарафинированное масло должны иметь одно и то же йодное число. Не должны заметно изменяться никакие другие показатели качества. В случае различия показателей или при неудовлетворительных результатах холодного теста или испытания на охлаждение необходимо установить причину отклонений и предпринять соответствующие корректирующие действия. Типичные показатели качества для контроля процесса депарафинизации салатного кукурузного масла представлены в табл. 12.7.

Таблица 12.7. Спецификация контроля процесса депарафинизации салатного кукурузного масла

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках		
	До охлаждения	Из фильтра	Депарафинизированное масло после фильтрования
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	5,0	5,0	5,0
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,1	НП	0,1
Массовая доля влаги, %, не более	0,1	0,1	0,1
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет
Йодное число, г J ₂ /100 г	124,0 ± 4,0	НП	124,0 ± 4,0
Испытание на охлаждение, ч, не менее	НП	24	24
Холодный тест, ч, не менее	НП	5,5	5,5

Обозначение: НП – анализ не проводят.

12.6.8. Контроль процесса смешивания

Функциональные характеристики и другие физические характеристики шортенинга, жировой основы маргарина, фритюрных жиров, специальных жиров и даже некоторых салатных масел окончательно формируются в процессе смешивания. Для получения продукта с требующимися показателями консистенции саломасы или рафинированные, отбеленные масла смешивают согласно рецептуре, составленной отделом разработки продуктов. В зависимости от требований к конечным продуктам устанавливают те показатели, которые необходимы для контроля каждого масложирового продукта. Эти требования обычно предусматривают определение таких

показателей, как содержание ТТГ при определенных температурах, йодное число, температура плавления и жирнокислотный состав.

На этой стадии обработки продукт приобретает окончательные свойства, которые позволяют установить его идентичность, необходимую для прослеживаемости. При всех дальнейших перемещениях и операциях на первый план выходит предупреждение его загрязнения вследствие непреднамеренного смешивания с другими продуктами. Температура каплепадения по Меттлеру обеспечивает точный и своевременный контроль возможного загрязнения. Для продуктов с температурой каплепадения выше 33,0 °С в большинстве лабораторий результаты анализа с точностью ± 0,7 °С можно получить в течение 30 мин или даже быстрее [14]. Определение этого показателя после каждого перемещения – надежный способ контроля, гарантирующий отсутствие загрязнения. Изменение температуры каплепадения в большинстве случаев указывает на загрязнение продукта.

Цветность в единицах красного по Ловибонду и перекисное число позволяют установить факт неправильного хранения саломасов и других видов жирового сырья и необходимость проведения перед дезодорацией дополнительного отбеливания для удаления вторичных продуктов окисления и обеспечения заданной цветности готового продукта. Во время дезодорации возможно протекание термического отбеливания, хотя нагревание во время гидрогенизации обычно разрушает наиболее нестабильные каротиноиды. В табл. 12.8 приведен пример рецептуры с допустимыми отклонениями дозировок компонентов и показатели качества, которые следует контролировать в процессе смешивания при изготовлении универсального шортенинга с эмульгаторами для МКИ и глазурей, в состав которого входит саломас из соевого масла, использованный ранее для иллюстрации процессов гидрогенизации и дополнительного отбеливания.

Таблица 12.8. Спецификация контроля процесса смешивания: универсальный шортенинг

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, %	Допустимое отклонение, %
Гидрогенизированное соевое масло, ЙЧ 85	6689	90,0	± 1,0
Гидрогенизированное хлопковое масло, T = 60	6401	10,0	± 1,0
Смесь для универсального шортенинга	7003	100,0	
Показатели качества	Значение показателя после смешивания		
Содержание ТТГ, %, при:			
10,0 °С	25,0 ± 2,5		
26,7 °С	18,0 ± 2,0		
40,0 °С	11,0 ± 1,5		
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	49,0 ± 2,0		
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,5		
Наличие фильтрующихся примесей	Нет		
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	2,0		
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,12		

12.6.9. Контроль процесса дезодорации

Дезодорация является последней из основных операций обработки пищевых жиров и масел. Она обеспечивает удаление нежелательных привкусов и запахов, присутствующих в природных жирах и маслах, а также возникших в ходе предшествующих процессов. После дезодорации масло приобретает нейтральный вкус и аромат, что соответствует ожиданиям потребителей салатных масел, шортенингов, фритюрных жиров и других продуктов специального назначения. Дезодорация жиров и масел улучшает вкус и повышает устойчивость к окислению за счет почти полного удаления свободных жирных кислот и других летучих вкусоароматических веществ, частичного удаления токоферолов и термического разрушения пероксидов. Высокотемпературная обработка также обеспечивает термическое отбеливание масла в результате разрушения каротиноидов, которые в условиях дезодорации становятся нестабильными.

Дезодорация представляет собой процесс высокотемпературной перегонки, проводимый с применением глубокого вакуума. Типичный процесс дезодорации включает в себя следующую последовательность операций: деаэрация, нагревание, отгонка с водяным паром и заключительное охлаждение масла. Все операции протекают без доступа воздуха. Для получения качественного дезодорированного масложирового продукта необходимо повышенное внимание ко всем этим операциям. Дезодорация не может обеспечить получение приемлемого продукта при отсутствии надлежащей обработки исходного материала и его защиты перед дистилляцией паром, в результате которой снижается массовая доля свободных жирных кислот и устраняются неприятные вкусы и запахи. Одновременно происходит термическое отбеливание масла, если нестабильные каротиноиды не были удалены заранее. Вторичные продукты окисления в процессе дезодорации не разрушаются и не удаляются, как ошибочно полагают многие производители. Как показывает опыт, удаление неприятных вкусов и запахов хорошо коррелирует со снижением содержания в масле свободных жирных кислот. Исходное масло, содержащее 0,1% свободных жирных кислот, после обработки будет обладать нейтральным запахом и вкусом, если снизить содержание свободных жирных кислот до 0,01–0,03%, при условии нулевого перекисного числа.

В процессе дезодорации отбор проб производят в следующих точках:

- перед дезодоратором, если смесь или предварительно отбеленное масло поступило после хранения или ожидало дезодорации более 24 ч;
- из потока после фильтра дезодоратора;
- после окончания дезодорации партии;
- после внесения добавок, например, эмульгаторов и антиоксидантов;
- через каждые 24 ч хранения.

В качестве показателей «перед дезодоратором» можно использовать данные, полученные при контроле процесса смешивания, за исключением температуры каплепадения по Меттлеру, если после проведения этих анализов прошло не более 12–18 ч. Температуру каплепадения следует определять после любого перемещения масла для контроля отсутствия какого-либо загрязнения. Образцы из потока

Таблица 12.9. Спецификация контроля процесса дезодорации шортенинга для МКИ и глазурей

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, %	Допустимое отклонение, %	Дозировка в готовом продукте, %	
				из потока	после хранения
Смесь для шортенинга	7003	100,0	0,0	94,1	94,1
Добавки:					
моно- и диглицериды	9501	6,25*	±0,5	5,9	0,15
Дезодорированный шортенинг	8003			100,0	0,5
Значение показателя в контрольных точках					
Показатели качества	перед дезодоратором	из потока	после дезодорации	с добавками	после хранения
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,2	1,2	1,2	1,2	1,5
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,12	0,03	0,03	0,03	0,15
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	2,0	0,0	0,0	0,5	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Вкус и аромат, не ниже	НП	Нет	Нет	Нет	Нет
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	49±2	НП	49±2	47±2	47±2
Содержание ТГ, %, при:					
10,0 °С	НП	НП	НП	25,0±2,5	НП
26,7 °С	НП	НП	НП	17,0±2,0	НП
40,0 °С	НП	НП	НП	10,0±1,5	НП
Массовая доля α-моноглицерида, %					
	НП	НП	НП	2,8±0,3	НП

Обозначки: * – по отношению к массе смеси для шортенинга; НП – анализ не проводят.

после фильтра должны отбираться через небольшие промежутки времени после каждой загрузки или цикла дезодоратора и в ходе запуска, пока процесс не выйдет на рабочий режим, что означает соответствие всех результатов определения требуемых параметров (вкуса и аромата, цветности и наличия фильтрующихся примесей) заданным ограничениям. После этого ход процесса должен контролироваться ежечасно или каждые 2 ч, в зависимости от уверенности производственного персонала в надлежащем протекании процесса.

В обработанной партии (или «после дезодорации») определяют те же показатели, что и при контроле процесса, что позволяет удостовериться в правильном проведении всего процесса в целом, определение физических показателей или анализ консистенции проводят в целях подтверждения отсутствия изменений вследствие загрязнения или изомеризации. Анализ консистенции включает в себя определение показателей, требующихся для оценки конечного продукта с учетом влияния тех добавок, которые при внесении могут вызвать некоторые изменения. При соответствии полученных результатов установленным ограничениям вносят добавки и перемешивают смесь не менее 20 мин, после чего отбирают образец продукта для соответствующих анализов. При хранении дезодорированного продукта в течение 24 ч и более ежедневно производят повторное определение цветности, содержания свободных жирных кислот, перекисного числа и органолептических показателей. Такая ежедневная проверка позволяет выявлять проблему обратных изменений (появления возвратного вкуса и запаха, окисления). Соответствие продукта установленным требованиям следует проверять вплоть до его отправки на упаковку или погрузку в автоцистерны или железнодорожные цистерны. Типичные значения показателей, используемые при контроле процесса дезодорации универсального шортенинга с эмульгаторами для МКИ и глазурей, изготовленного из описанной выше смеси, представлены в табл. 12.9.

12.6.10. Контроль процесса отгрузки наливом

При крупных отгрузках пищевых жиров и масел они могут поставляться в автоцистернах, железнодорожных вагонах или в контейнерах для упаковки грузов наливом, основными получателями которых являются производители пищевых продуктов. Для гарантии сохранности качества этих масложировых продуктов во время использования необходимо соблюдение определенных условий как при погрузке и перевозке, так и в резервуарах потребителя. Перед погрузкой следует убедиться, что используется транспортное оборудование требуемого типа или размера, которое находится в хорошем физическом состоянии и содержит в надлежащей чистоте. Контейнеры для грузов наливом должны быть чистыми и тщательно проверенными перед загрузкой. Цистерны должны быть полностью очищенными и сухими. Необходимо проверить шланги и насосы, а также выпускные вентили автоцистерны на чистоту и наличие влаги и оценить надежность их защиты во время транспортировки. На автоцистернах всасывающие клапаны должны находиться в рабочем состоянии, а внутренние обогревательные змеевики необходимо под давлением проверить на протечки. Все выполняемые перед погрузкой проверки должны до-

кументироваться для подтверждения того, что они действительно производились, и для записи информации об условиях транспортирования.

При любых поставках в автоцистернах, железнодорожных цистернах или контейнерах отбор образцов производят в центре емкости или в точках отбора, указанных в методе AOCS Cl-47 [14]. В образцах определяют органолептические показатели, температуру каплепадения по Меттлеру и наличие примесей. По этим результатам определяют возможность отправки цистерны или контейнера после погрузки. После подтверждения качества груза цистерны или контейнеры в целях защиты от фальсификации во время перевозки опечатывают, обязательно во всех возможных точках доступа, чтобы проникнуть в цистерну или контейнер можно было, только нарушив эти печати. Часть образца, отобранного из цистерны или контейнера, обязательно сохраняется, ее следует хранить по меньшей мере в три раза дольше возможного срока хранения продукта у потребителя; в некоторых случаях необходимо более длительное время хранения образца, приближающееся к сроку годности готовой продукции. В табл. 12.10 приведены типичные показатели качества для поставки наливом универсального шортенинга с эмульгаторами для МКИ и глазурей, который использовался для иллюстрации контроля процессов смешивания и дезодорации.

Таблица 12.10. Спецификация контроля процесса поставки наливом шортенинга для МКИ и глазурей

Параметры	№ спецификации	Дозировка, %	Допустимое отклонение, %
Шортенинг для МКИ и глазурей	8003	100,0	±0,0
Поставка наливом	9005	100,0	

Показатели качества	После погрузки
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,5
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,15
Перекисное число, ммоль О/кг, не более	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,05
Вкус и аромат, не ниже	Нейтральный
Наличие фильтрующихся примесей	Нет
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	47,0 ± 2,0
Массовая доля α-моноглицерида, %	2,8 ± 0,3

12.6.11. Контроль процесса пластификации и фасовки шортенинга

Физическая форма шортенинов очень важна для правильного обращения с ним и его функциональности в готовых пищевых продуктах. Во многих случаях направление применения зависит от физических свойств, специфических для каж-

дого фасованного продукта — пластичности, твердости, текучести, устойчивости к отделению жидкой фракции, взбиваемости, характера плавления, поверхностной активности, легкости обработки, растворимости, способности к аэрированию и т. д. Для пластичных шортенингов консистенция является важным свойством с точки зрения функциональных характеристик и использования в мучных изделиях. Консистенция жидких шортенингов важна для удобства обращения с ними, тогда как требуемые функциональные характеристики обеспечиваются за счет находящихся в виде суспензии правильно подобранных добавок [15].

Консистенция шортенинга определяется двумя основными факторами: составом жировой смеси и условиями обработки в процессе кристаллизации, упаковки и темперирования продуктов. Как показывает опыт, существует определенная корреляция между физическими параметрами воздействия на смесь и консистенцией фасованного шортенинга; поэтому для обеспечения постоянства функциональных характеристик важно выявить условия кристаллизации каждого продукта и контролировать их выполнение. На консистенцию шортенинга влияют следующие условия пластификации:

- **Температура в предварительном охладителе.** Нагретый шортенинг охлаждают почти до температуры плавления (на 5,6–8,3 °С выше нее), чтобы уменьшить тепловую нагрузку на переохладитель и обеспечить его максимальную производительность. В этой точке следует избегать охлаждения ниже температуры плавления, чтобы не вызвать преждевременной кристаллизации.
- **Аэрирующий газ.** Азот вводят на входе в переохладитель в строго контролируемом количестве (для стандартных пластифицируемых шортенингов обычно $(13,0 \pm 1,0)\%$ по объему) для придания белого цвета, кремообразной консистенции и облегчения обработки шортенинга.
- **Давление в переохладителе.** При подаче смеси насосом в предварительный охладитель должно поддерживаться постоянное давление около 23,3–25,0 бар. Точное значение давления зависит от конструкции установки.
- **Температура на выходе из переохладителя.** При понижении температуры на выходе из установки шортенинг получается более мягким, а при более высоких температурах формируется более твердая и хрупкая структура. Температуру на выходе из переохладителя желательно поддерживать с точностью $\pm 0,5$ °С, не рекомендуются перепады больше $\pm 1,0$ °С.
- **Производительность переохладителя.** Скорость потока можно регулировать в целях поддержания требуемой температуры на выходе, но при этом она должна находиться в пределах, предусмотренных конструкцией оборудования.
- **Давление в обрабатывающей установке (декристаллизаторе).** В переохладителе и обрабатывающей установке должно поддерживаться внутреннее давление не менее 20 бар, обеспечивающее прохождение продукта через экструзионный клапан на выходе из декристаллизатора. Это давление обеспечивает полное распределение воздуха при разрушении кристаллических агрегатов.
- **Температура на выходе из обрабатывающей установки.** На выходе из декристаллизатора возможно повышение температуры на 5,6–8,3 °С; причиной этого нагревания является рассеивание теплоты кристаллизации.

- **Давление в фасовочном автомате.** В большинстве систем разливочных автоматов используют экструзионные клапаны, что позволяет получить однородный, гладкий продукт. Рабочее давление в большинстве фасовочных автоматов составляет обычно 20,0–26,7 бар.
- **Температура темперирования.** Основная цель темперирования — выдержка отверженного шортенинга для придания ему устойчивости к большим колебаниям температуры в течение последующего хранения и сохранения однородной консистенции при возвращении к комнатной температуре (21–24 °С). На практике шортенинги обычно выдерживают при 29,4 °С в течение от 24–72 ч или до получения стабильной кристаллической формы.
- **Температура хранения.** Обычная температура хранения шортенинга составляет (21 ± 1) °С, при отсутствии иных требований потребителя.

Для процесса производства фасованного шортенинга устанавливают следующие контрольные точки:

- перед охлаждением;
- в начале и в конце производственной линии;
- фасовка после темперирования.

Оценку исходного продукта или образца из точки «перед охлаждением» проводят для подтверждения отсутствия загрязнения продукта во время перемещения из дезодоратора, а также нежелательного нагревания, которое может ухудшить цвет или вкус и запах. Для контроля этих изменений можно использовать температуру каплепадения по Меттлеру или другие характеристики, например, йодное число, содержание ТТГ или даже жирнокислотный состав, однако преимуществами метода определения температуры каплепадения являются быстрота получения результата и хорошая воспроизводимость. Показателями, определяющими качество продукта, являются цветность, содержание свободных жирных кислот, влаги и примесей, перекисное число, вкус и запах. Для каждого показателя должны всегда задаваться определенные границы допустимых значений, однако следует также учитывать отклонения от результатов, полученных на предыдущем этапе, перед перемещением. Значительные изменения показателей, даже если они остаются в допустимых пределах, должны привлекать внимание персонала. Изучение этих изменений позволяет обнаружить проблемы, которые могут привести к появлению значительных дефектов продукта после фасовки.

В образцах из начального и конечного участков производственной линии выявляют возможность загрязнения в начале процесса и в ходе фасовки в целях обнаружения любых отрицательных воздействий на продукт во время охлаждения, обработки и разлива. Обычно в этих образцах определяют те же показатели, что и в образце, отобранном в точке «перед охлаждением», при этом особое внимание уделяют любым изменениям результатов. Потенциальные проблемы в этой точке могут быть результатом смешивания с предыдущим продуктом после его фасовки или загрязнений, попадающих в продукт из транспортных линий или оборудования, при внесении добавок, введении аэрирующего газа, из упаковочных материалов или атмосферы. Кроме того, все виды шортенингов после охлаждения следует

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, % отклонение, %	Допустимое отклонение, %	Дозировка в готовом продукте, %
Шортинг для МКИ и глазурей	8003	100,00	±0,0	99,97502
Добавки:				
бета-каротин, концентрацией 22%	1681	0,009*	±0,0	0,00899
ароматизатор	1563	0,016*	±0,0	0,01599
После фасовки	9003			100,00000

Значение показателя в контрольных точках

Показатели качества	Из шатающего резервуара	После внесения добавок	Сливки	После фасовки
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,5	НП	НП	НП
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,15	0,17	0,17	0,17
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	0,5	0,5	0,5	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05
Вкус и аромат, не ниже	Мягкий	Сливочный	Сливочный	Сливочный
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет	Нет
Температура каплепадения по Меттлеру, °С	47,0 ± 2,0	НП	47,0 ± 2,0	47,0 ± 2,0
Содержание α-моноглицерила, %	2,8 ± 0,3	НП	НП	2,8 ± 0,3
Этажоны цветности	НП	Совпадение	Совпадение	Совпадение
Твердость по пенетрометру ASTM при 26,7 °С, мм/10 г	НП	НП	НП	150 ± 30

Оценка внешнего вида, баллы, не менее	НП	НП	НП	8
Оценка текстуры, баллы, не менее (мин)	НП	НП	НП	8
Оценка кекса со 140% сахара, баллы, не менее	НП	НП	НП	8
Объем крема через плотность, г/см ³ , не менее	НП	НП	НП	0,80

Условия пластификации и фасовки

Температура продукта в предварительном охладителе, °С	14 ± 1			
Аэрирующий газ (азот), %	13,0 ± 2,0			
Давление в переохладителе, бар	23,3 ± 1,7			
Температура на выходе из переохладителя, °С	21,1 ± 0,5			
Производительность переохладителя, кг/ч	15 000 ± 150			
Температура на выходе из обрабатывающей установки, °С	29,5 ± 0,5			
Давление в обрабатывающей установке, бар	25 ± 1,7			
Температура темперирования, °С	29,5 ± 1,0			
Длительность темперирования, ч	48 ± 8			
Температура хранения, °С	21,1 ± 1,0			

Обозначки: * – по отношению к массе смеси для шортинга; НП – анализ не проводят.

проверять на примеси и после упаковки подвергать эффективному контролю с использованием металлодетекторов.

Окончательный контроль фасованного шортенинга производят после темперирования для определения характеристик продукта, поступающего к потребителю. Изменения консистенции продукта не завершаются сразу после упаковки продукта; процесс кристаллизации продолжается даже после темперирования и отгрузки, но со значительно меньшей скоростью. Показатели консистенции, приведенные в табл. 12.11, такие как твердость, оценка внешнего вида и текстуры, а также функциональные свойства в готовых изделиях, например, в МКИ и глазурях, определяют только после темперирования. Оценки, полученные до этого этапа, не будут характеризовать продукт в том виде, в котором он поступит к потребителю или будет им использоваться. В табл. 12.11 приведены типичные показатели качества при контроле процесса производства фасованного универсального шортенинга с эмульгаторами, ранее использовавшегося для иллюстрации процессов смешивания и дезодорации (табл. 12.8 и 12.9), с добавками красителя и ароматизатора перед упаковкой.

12.6.12. Контроль процесса производства фасованных жидким шортенингов

Жидкие непрозрачные шортенинги были разработаны для использования в тех случаях, когда важным свойством является текучесть жира при комнатной температуре и ниже. В основном эти продукты используют в качестве фритюрных жиров, в том числе для жарки на сковороде и противне, хлебопекарных шортенингов, а также как заменители молочного жира при изготовлении аналогов молочных продуктов. Жидкие шортенинги представляют собой текучие суспензии твердого жира в жидким масле. Вязкость и стабильность суспензии определяются двумя основными факторами:

- состав шортенинга;
- используемый метод кристаллизации.

Для затравки кристаллизации используют твердые жиры с низким йодным числом и β -кристаллической формой кристаллов. Содержание твердого жира может быть от 1,0% и выше в зависимости от желательной вязкости конечного продукта. Для стабильной текучести жидкого шортенинга столь же важным параметром являются условия обработки. Эти условия должны способствовать образованию стабильных β -кристаллов в такой концентрации, при которой вязкость будет достаточно низкой для перекачивания насосом и достаточно высокой для обеспечения длительной стабильности суспензии.

Внесение пищевых добавок оказывает большое влияние на функциональные характеристики почти всех жидких шортенингов. Основными видами применяемых добавок являются:

- пеногасители во фритюрных жирах;
- эмульгаторы в хлебопекарных шортенингах и ЗМЖ;
- ароматизаторы и красители при необходимости;

- лецитин в шортенингах для МКИ для обеспечения реологических свойств теста и во фритюрных жирах для предотвращения прилипания к сковороде или противню.

Кристаллизацию, темперирование и фасовку жидкого шортенинга контролируют в следующих точках:

- перед кристаллизацией;
- после кристаллизации;
- после внесения добавок;
- на линии;
- после упаковки.

Сначала образцы отбирают из питающего резервуара или резервуара хранения и проверяют, не произошло ли загрязнение во время перемещения из дезодоратора и не подвергалось ли качество или органолептические характеристики негативному воздействию, повлиявшему на вкус и стабильность. Чаще всего для проверки отсутствия загрязнения используют определение йодного числа. Для облегчения исследования шортенингов с относительно низкими температурами плавления возможно определение температуры каплепадения по Меттлеру с помещением чашки для пробы в морозильную камеру при $(-20,0 \pm 2,0)^\circ\text{C}$. Для оценки качества обычно применяют те же анализы, что и для любого дезодорированного масла: цветность в единицах красного по Ловибонду, массовая доля свободных жирных кислот, влаги, наличие примесей, вкус и запах. Для каждого показателя задаются пределы допустимых значений, но при этом следует исследовать любые значительные отклонения от результатов, полученных при контроле предыдущего этапа, для выяснения причин этих изменений. Деаэрацию можно проводить в той же емкости, которая использовалась в качестве питающего резервуара для кристаллизации. Одним из наиболее деструктивных факторов по отношению к стабильности и вязкости суспензии в жидким шортенинге является воздух. Процесс деаэрации представляет собой простое нагревание без перемешивания, он предназначен для удаления воздуха, попавшего в жиры после дезодорации. В каждой контрольной точке следует проводить определение содержания воздуха в масле путем определения плотности продукта и сравнения с плотностью продукта после удаления воздуха (т. е. деаэрированного в лаборатории).

После кристаллизации продукта и его темперирования для стабилизации кристаллов производят отбор образцов и определение показателей качества, содержания воздуха и йодного числа или температуры каплепадения по Меттлеру для выявления возможного загрязнения. После кристаллизации вносят необходимые добавки, например, пеногаситель, ароматизаторы и красители или лецитин. Если пеногаситель (полидиметилсиликсан, Е900) является единственной добавкой, его количественное определение невозможно выполнять своевременно, и контроль должен основываться на взвешивании фактически внесенного вещества и механическом перемешивании для его распределения. Однако отслеживание этой добавки возможно посредством диспергирования пеногасителя в смеси антиоксидантов, содержание которых можно регулярно контролировать. В этой точке также можно

Таблица 12.12. Спецификация контроля процесса кристаллизации и фасовки жидкого шортснинга

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, % отклонение, %	Допустимое отклонение, %	Дозировка в готовом продукте, %
Жидкий шортснинг	8875	100,0000	±0,0	99,98750
Добавки:				
смесь антиоксидантов на основе ТБГХ	1527	0,01250*	±0,0	0,01249
полидиметилсиликсан	1601	0,00001*	±0,0	0,00001
После упаковки	9875			100,0000

Значение показателя в контрольных точках

Показатели качества	До кристаллизации	После кристаллизации	После добавок	С линии	После упаковки
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
Перекисное число, ммоль О ₂ /кг, не более	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Вкус и аромат, не ниже					
Температура кипящадения по Меттлеру, °С	28 ± 1	28 ± 1	28 ± 1	28 ± 1	28 ± 1
Содержание воздуха, %, не более	Нет	1,0	1,0	1,0	1,0
Качественное определение ТБГХ	НП	НП	Да	Да	Да
Вязкость при 29,4 °С, сПз, не менее	НП	500	500	500	НП

Вязкость при 21,1 °С, сПз, не более	НП	НП	НП	НП	6000
Йодное число, г І ₂ /100 г	102 ± 3	НП	НП	НП	102 ± 3
Условия кристаллизации					
Температура в предварительном охладителе, °С					
Аэрирующий газ (азот), %					
Температура в переохладителе, °С					
Давление в переохладителе, бар					
Производительность переохладителя, кг/ч					
Температура на выходе из обрабатывающей установки, °С					
Давление в обрабатывающей установке, бар					
Кристаллизатор:					
температура, °С					
продолжительность перемешивания, ч					
температура хранения, °С					

Обозначения: * по отношению к массе смеси для шортснинга; НП — анализ не проводят.

контролировать дозировку ароматизатора, красителей и лецитина с применением различных аналитических методов.

В процессе фасовки образцы с производственной линии оценивают на содержание воздуха, кроме того, проводят другие контрольные анализы, подтверждающие отсутствие негативного воздействия и загрязнения. Проведение испытаний после фасовки является оценкой постфактум. Оно должно подтвердить требуемую вязкость или текучесть жидкого шортенинга после стабилизации кристаллов, отсутствие снижения показателей качества и соответствие продукта всем требуемым или заданным потребителем параметрам. В табл. 12.12 приведены пределы допустимых значений, которые могут использоваться для контроля кристаллизации и фасовки жидкого фритюрного жира.

12.6.13. Контроль процесса розлива жидким масел

Кулинарные жидким масла пригодны для всех способов приготовления пищи, а также используются для смазывания при производстве некоторых мучных изделий. Помимо указанных направлений, кулинарные масла используют для обжаривания снеков и других продуктов с коротким сроком хранения. Применение салатных масел необходимо для повышения стабильности эмульсии майонеза и дрессингов. Высокостабильные жидким масла – специальные продукты, которые используются в тех случаях, когда текучесть при комнатной температуре и стабильность вкуса являются важными функциональными характеристиками.

Между этими жидкими маслами существуют значительные отличия. С практической точки зрения салатное масло – это масло, которое в основном остается жидким при температурах холодильного хранения ($4,4^{\circ}\text{C}$). Стандартным методом оценки салатного масла является холодный тест (метод AOCS Cc 11–53), в ходе которого измеряется устойчивость к кристаллизации образца, погруженного в ледянную ванну с температурой 0°C [14]. При сохранении маслом прозрачности в течение 5,5 ч оно соответствует требованиям, предъявляемым к салатному маслу. Природное салатное масло или хорошо винтилизованное масло остается прозрачным более длительное время, как правило, не менее 10–15 ч.

Кулинарное масло обычно является прозрачным при комнатной температуре, но может мутнеть или отвердевать при температурах холодильника. Кулинарное масло можно использовать в его естественном состоянии или после обработки в зависимости от вида исходного масла, местных вкусов, привычек и т. д. В качестве кулинарных масел используют такие масла, как хлопковое, арахисовое, кукурузное, подсолнечное и оливковое. Эти масла становятся полутвердыми или, по меньшей мере, мутнеют при температурах холодильника, если они не подвергались винтилизации, депарафинизации или фракционированию. Тем не менее, зачастую удаление твердых фракций из арахисового и оливкового масла нецелесообразно. Оба этих масла имеют выраженный вкус, который больше нравится многим потребителям, чем нейтральный вкус большинства масел после полной обработки. Арахисовое масло используется как в дезодорированном, так и недезодорированном виде,

а обработка оливкового масла в большинстве случаев ограничивается извлечением и фильтрацией.

Жидкие масла для использования в домашней кулинарии обычно разливают в прозрачные пластиковые бутылки вместимостью от 450 г (16 унций) до 3,8 л (1 галлон). Для поставок на предприятия общественного питания и пищевой промышленности масло обычно разливают в 1- и 5-галлонную пластиковую тару вместимостью 3,8 и 19 л (1 и 5 галлонов, соответственно), а также в закрытые металлические бочки вместимостью 208 л (55 галлонов). Типичный процесс розлива масла для домашней кулинарии, предприятий общественного питания и пищевой промышленности включает следующие операции:

1. Перемещение масла из производственного участка в питающий бак участка розлива.
2. Перекачивание масла через теплообменник к соответствующему разливочному автомату.
3. Подача тары к разливочному автомату и ее заполнение маслом до заданной массы.
4. Укупоривание и наклейка этикеток на тару перед упаковкой в гофрированные коробки.
5. Запечатывание коробки, маркировка и нанесение информации, позволяющей отследить данный продукт.
6. Проверка заполненной пластиковой тары с использованием металлодетекторов перед отправкой на хранение или на отгрузку. Металлические бочки перед заполнением должны быть осмотрены через два отверстия в верхней части при освещении на присутствие посторонних материалов: ржавчины, влаги, насекомых или грязи.

Контрольными точками процесса розлива жидкого масла являются следующие этапы:

- питающий бак;
- производственная линия;
- после упаковки.

Перед началом процесса розлива отбирают образец из питающего резервуара. Анализ этого образца должен подтвердить отсутствие загрязнения и ухудшения вкуса и аромата жидкого масла во время перемещения в питающий резервуар. Образцы с производственной линии, которые обычно отбирают в начале и перед завершением розлива партии, используют для оценки изменений продукта, вызванных операцией розлива или некоторыми другими проблемами, например, неправильной подачей в питающий бак, внесением добавки не в тот продукт, протечкой змеевика в резервуаре или проблемами при фильтрации продукта. Образец после упаковки используется для окончательной оценки продукта и дополнительного подтверждения результатов анализа предыдущих образцов, а также для определения показателей, затребованных отдельными клиентами и не полученных ранее. В табл. 12.13 приведены типичные показатели качества, используемые для контроля процесса розлива салатного хлопкового масла.

Таблица 12.13. Спецификация контроля процесса розлива салатного хлопкового масла

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, %	Допустимое отклонение, %
Салатное хлопковое масло	8301	100,00	±0,0
Расфасованное	9301	100,00	
Значение показателя в контрольных точках			
	Питающий бак	С линии	После упаковки
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	3,5	3,5	3,5
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,05	0,05	0,05
Перекисное число, ммоль О/кг, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,05	0,05	0,05
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет
Вкус и аромат, не ниже	Нейтральный	Нейтральный	Нейтральный
Холодный тест, ч, не менее	15	НП	15
Йодное число, г І ₂ /100 г	110 ± 3	НП	110 ± 3
Индукционный период по МАК, ч, не менее	НП	НП	15
Качественное определение ТБГХ	Нет	НП	Нет
Условия розлива			
Температура масла, °С	21,1 ± 2,5		

Обозначение: НП — анализ не проводят.

12.6.14. Контроль процесса производства хлопьев

Жиры или шортенинги в виде хлопьев представляют собой масложировые продукты с высокой температурой плавления, затвердевшие в виде тонких хлопьев, что повышает удобство их использования, позволяет ускорить плавление или придать особые свойства пищевым продуктам. Для изготовления хлопьев твердых низкоденных жиров и специальных продуктов с несколько более низкой температурой плавления используют холодильные барабаны. Холодильный барабан при вращении захватывает из поддона слой расплавленного продукта, который быстро твердеет и снимается лезвием скребка в виде хлопьевидного продукта. Хлопья твердых жиров обычно упаковывают в мешки из крафт-бумаги массой 23 кг (50 фунтов), а продукты специального назначения — в картонные ящики, размер которых зачастую зависит от требований конкретного заказчика. Ниже приведена типичная последовательность операций при производстве и упаковке хлопьев.

1. Перемещение исходного дезодорированного продукта из производственного участка в питающий бак холодильных барабанов.

- Внесение и диспергирование добавок, предусмотренных рецептурой хлопьевидного продукта.
- Перекачка продукта в расплавленном виде через теплообменник для получения требуемой температуры и подача через фильтры в поддон холодильного барабана.
- Захват тонкого слоя расплавленного жира вращающимся холодильным барабаном из поддона.
- Соскабливание затвердевшего продукта с цилиндра после одного оборота.

Таблица 12.14. Спецификация контроля процесса производства хлопьев гидрогенизированного соевого масла

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, %	Допустимое отклонение, %
Твердый жир из соевого масла	8421	100,0	±0,0
Хлопья жира из соевого масла	9421	100,0	
Значение показателя в контрольных точках			
	Питающий бак	Готовые хлопья	При отгрузке
Цветность, ед. красного по Ловибонду, не более	1,5	1,5	1,5
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,05	0,05	0,1
Перекисное число, ммоль О/кг, не более	0,5	0,5	0,5
Массовая доля влаги, %, не более	0,05	0,2	0,2
Наличие фильтрующихся примесей	Нет	Нет	Нет
Йодное число, г І ₂ /100 г	5,0	5,0	5,0
Составные хлопьев	НП	Сухие	Сухие
Условия производства хлопьев			
Температура в питающем баке, °С	71,0 ± 2,5		
Температура жира в поддоне, °С	93,0 ± 5,0		
Температура хладагента на входе в холодильный барабан, °С, не более	26,5		
Скорость вращения холодильного барабана, об/мин	Устанавливают для получения сухих хлопьев		
Уровень жира в поддоне	От $\frac{1}{2}$ до $\frac{3}{4}$		
Температура хлопьев в упаковке, °С, не более	110 макс.		
Повышение температуры хлопьев в результате кристаллизации (через 1 ч), °С, не более	15,5		

Обозначение: НП — анализ не проводят.

6. Упаковка хлопьев, маркировка, нанесение информации для прослеживания, проверка на металлодетекторе и хранение до отгрузки при регулируемой температуре для рассеивания теплоты кристаллизации.

При производстве хлопьев обычно устанавливают следующие контрольные точки:

- питающий бак;
- питающий бак после внесения добавок;
- готовые хлопья;
- отгрузка.

Перед началом процесса, как для любого перемещаемого продукта, проводят анализ образца, отобранного из питающего бака, для проверки отсутствия загрязнения и негативных воздействий во время или после его перемещения из предыдущего участка. Отбор проб после внесения пищевых добавок и их равномерного распределения в продукте позволяет убедиться, что требуемые изменения достигнуты. В некоторых случаях, особенно при внесении красителей, может потребоваться коррекция для получения нужного внешнего вида. Образец готовых хлопьев может служить индикатором неправильного обращения с продуктом во время обработки, поскольку влага, примеси, нагрев или металлы могут стать причиной изменения цвета или появления постороннего привкуса. Показатели образца, отобранного при отгрузке, должны повторить результаты анализа образца в предыдущей точке и, кроме того, позволяют выявить любые изменения цвета, вызванные кристаллизацией или образованием свободных жирных кислот в результате гидролиза. Показатели качества, используемые для контроля процесса изготовления хлопьев твердого низкоденного жира из соевого масла, представлены в табл. 12.14.

12.6.15. Стандарты качества при производстве маргаринов и спредов

Маргарины и спреды используются потребителями в основном в качестве продуктов для намазывания и в кулинарных целях. Промышленные маргарины применяются при производстве самых разных продуктов, например, слоеных изделий, кремов и глазурей для МКИ и т. д. В США на производство маргаринов распространяется действие двух стандартов идентичности. Маргарины на основе растительных масел регулируются FDA, а маргарины на основе животных жиров или смесей животных и растительных жиров и масел регулируются нормативными документами USDA. В соответствии со стандартами содержание жира в маргарине должно быть не менее 80%, допускается использование только безопасных и разрешенных ингредиентов, разрешено применение одной или нескольких пищевых добавок, при этом содержание витамина А должно быть не менее 3300 м. е. в 100 г продукта. Продукт, сходный с маргарином, но с содержанием жира менее 80% и не соответствующий требованиям, предъявляемым к диетическим или низкокалорийным маргаринам, должен называться спредом¹ [16].

¹ См. примечание на с. 506, п. 10.3.

Периодические системы производства маргаринов и спредов предусматривают следующие основные операции.

1. Жировые основы маргарина или спреда смешивают и обрабатывают в соответствии с требованиями спецификации продукта. Физические свойства жировой основы оказывают существенное влияние на органолептические показатели, консистенцию и пластичность готового продукта.
2. Жидкое молоко или сыворотку при наличии их в рецептуре обычно восстановливают из сухого молока или сыворотки, затем пастеризуют, охлаждают и хранят в емкости до использования.
3. Водорастворимые ингредиенты взвешивают или дозируют, помещают в емкость с молоком или сывороткой и тщательно перемешивают.
4. Жирорастворимые ингредиенты взвешивают или дозируют, помещают в емкость с жировой основой и тщательно перемешивают.
5. Жировую и водно-молочную фазы смешивают и формируют эмульсию.
6. Эмульсию быстро охлаждают с помощью скребкового теплообменника (переохладителя). Для брусковых и других видов маргарина, требующих узкого диапазона пластичности, допускается кристаллизация без перемешивания (т. е. без использования декристаллизатора).
7. При производстве наливных спредов и маргаринов или других продуктов, для которых желательна высокая пластичность или намазываемость, используют такую же обрабатывающую установку (декристаллизатор), как при производстве шортенингов.
8. Маргарины или спреды после фасовки в большинстве случаев поступают на ходильное хранение, однако некоторые маргарины или спреды промышленного назначения нуждаются в темперировании при определенной температуре для стабилизации кристаллов жира.

При периодическом процессе производства маргаринов и спредов отбор образцов производят в следующих точках:

- питающий резервуар с жировой основой;
- эмульсия продукта;
- производственная линия;
- после упаковки.

Нет необходимости анализировать жировую основу из питающего резервуара для каждой партии эмульсии, отбор проб осуществляется перед первым использованием жировой основы в эмульсиях. В каждой партии эмульсии необходимо определять содержание влаги, что позволяет своевременно внести необходимые изменения в состав. Кроме того, соответствующее норме содержание влаги свидетельствует, что концентрации жира, соли и белка также находятся на требуемом уровне. Оценка образцов с производственной линии должна подтвердить соответствие цвета и органолептических показателей указанным в спецификации продукта. Эта оценка также используется для дополнительного контроля результатов анализа образца эмульсии. Отобранные пробы с линии следует смешивать для получения усредненного образца в целях определения массовой доли влаги, жира, соли и белка в данной партии. После упаковки желательно отбирать образцы вскоре после начала и перед

окончанием каждой партии. В них повторно оценивают внешний вид, вкус и аромат, твердость и консистенцию через 24 ч, в течение которых происходит стабилизация кристаллов жира. Вкус и аромат этих образцов будет заметно отличаться от показателей образцов этой же партии во время упаковки вследствие кристаллизации жира, которая в некоторой степени мешает восприятию вкуса и соли. Кроме того, часть упакованных образцов должна направляться на микробиологический анализ. В табл. 12.15 приведена типичная спецификация контроля процессов образования эмульсии, кристаллизации, упаковки и хранения столового маргарина.

Таблица 12.15. Спецификация контроля процесса производства столового маргарина

Рецептура	№ спецификации	Дозировка, %
Пастеризованное молоко	9203	4,41666
Питьевая вода	1000	13,31188
Сахарный песок	1701	2,00000
Сорбиновая кислота	1501	0,05000
Жировая основа маргарина	8102	79,60000
Лецитин	1309	0,20000
Моно- и диглицериды	9507	0,40000
Ароматизатор	1436	0,01500
Смесь витамина А и каротина	1575	0,00646
После упаковки	9230	100,00000

Показатели качества	Значение показателя в контрольных точках			
	Жировая основа	Эмульсия	Образцы с линии	После упаковки
Массовая доля свободных жирных кислот, %, не более	0,05	НП	НП	НП
Перекисное число, ммоль О/кг, не более	0,05	НП	НП	НП
Вкус и аромат, не ниже	Нейтральный	НП	Соленый, сливочный	Сливочный
Температура каплепадения по Меттлеру, °C	36 ± 1	НП	НП	НП
Массовая доля влаги, %, не более	0,05	17,0 ± 0,3	17,0 ± 0,3	17,0 ± 0,3
Массовая доля жира, %	НП	НП	80,2 ± 0,2	80,2 ± 0,2
Массовая доля соли, %	НП	НП	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1
Массовая доля белка, %	НП	НП	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1
Оценка внешнего вида, баллы, не менее	НП	НП	8	8
Твердость по пенетрометру ASTM при 10,0 °C, мм/10 г	НП	НП	НП	50 ± 15
Общее количество микроорганизмов, КОЕ/г, не более	НП	НП	НП	10 000
Дрожжи и плесень, КОЕ/г, не более	НП	НП	НП	100
Колиформы, КОЕ/г, не более	НП	НП	НП	10

Окончание табл. 12.15

Условия производства	
Температура питьевой воды, °C	7,2 ± 2,5
Температура пастеризованного молока, °C	7,2 ± 2,5
Температура жировой основы, °C	54,5 ± 2,5
Температура эмульсии, °C	105 ± 5
Температура на выходе из переохладителя, °C	8,3 ± 0,5
Декристаллизатор	Нет
Аэрирующий газ (азот), %	Нет
Температура темперирования, °C	7,2 ± 2,5
Длительность темперирования, ч, не менее	24
Температура хранения, °C	7,2 ± 2,5
Температура доставки, °F	7,2 ± 2,5

Обозначение: НП – анализ не проводят.

Литература

- Juran, J. M. *Quality Control Handbook* – New York: McGraw-Hill, 1962. – P. 23-3.
- Wintermantel, J. Ingredients specification writing // *Cereal Foods World*, 1982, 27, 65.
- Wintermantel, J. Ingredients specification writing, part III // *Cereal Foods World*, 1982, 27, 235.
- Leo, D. A. Packaging of fats and oils // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Applewhite, T. J., ed. – Vol. 3. – New York: John Wiley & Sons, 1985. – P. 311–312.
- Juran, J. M. The economics of quality // *Quality Control Handbook* – New York: McGraw-Hill, 1962. – P. 1-30–1-46.
- Dutton, H. J. Analysis of fats and oils // *JAOCs*, 1978, 55, 806.
- Flider, F. J., Orthofer, F. T. Metals in soybean oil // *JAOCs*, 1981, 58, 271.
- Wiedermann, L. H. Degumming, refining and bleaching soybean oil // *JAOCs*, 1981, 58, 159–160.
- Carr, R. A. Refining and degumming systems for edible fats and oils // *JAOCs*, 1978, 55, 765–771.
- Roden, A., Ulyot, G. Quality control in edible oil processing // *JAOCs*, 1984, 61, 1109–1110.
- Latondress, E. G. Refining, bleaching and hydrogenating meat fats // *JAOCs*, 1985, 62, 812.
- Puri, P. S. Hydrogenation of oils and fats // *JAOCs*, 1980, 57, 852A.
- O'Brien, R. D. Formulation: single feedstock situation // *Hydrogenation: Proceedings of an AOCS Colloquium* / Hasten, R., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1987. – P. 156.
- American Oil and Chemists' Society, *The Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society* – 4th ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1994.
- Bell, R. J. Shortening and margarine products // *Introduction to Fats and Oil Technology* / Wan, P. J., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1992. – P. 187–188.
- Chrysam, M. M. Table spreads and shortenings // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Applewhite, T. H., ed. – Vol. 3. – New York: John Wiley & Sons, 1985. – P. 57–60.

Глава 13

Выявление и устраниние проблем

13.1. Введение

Выявление и устраниние проблем в основном сводится к обнаружению отклонений от стандартного протекания производственного процесса и нахождению способов их исправления.

Как и многие другие умения, основанные на практическом опыте, распознавание причин производственных проблем есть своего рода искусство, такое же, как и аналитический или научный поиск. Поиск отклонений начинается после того, как признается наличие проблемы и необходимость ее разрешения. Основные аналитические процессы, необходимые для решения проблемы, схематично представлены на рис. 13.1. Первый шаг — составление характеристики проблемы, т. е. описание ее сущности, признаков и другая информация, имеющая отношение к данной проблеме. Следующий шаг — сбор информации о проблеме. На данной стадии следует провести опрос лиц, имеющих отношение к проблеме, для получения более детальных данных, осмотр оборудования и проверку параметров его работы, анализ выработанных продуктов и сбор информации о протекающих процессах. Третий шаг — сужение перечня операций или процессов, вызывающих проблему. После выявления вероятных причин проблемы выбирают способы ее устраниния. Следующий, заключительный шаг — проверка выбранных средств устраниния проблемы. В случае успешного проведения проверки можно осуществить временные изменения до внедрения постоянной модификации процесса. При неудовлетворительных результатах проверки процесса поиска решений следует вернуться к промежуточному состоянию, выбрав другой способ устраниния проблем [1].

Известно немало методов и способов поиска и устраниния проблем. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Выбор в большинстве случаев определяется личными предпочтениями, соображениями удобства или же природой проблемы. Зачастую для нахождения решения недостаточно одного метода, необходима их комбинация. Хороший специалист всегда применяет несколько подходов, руководствуясь признаками, характерными для той или иной проблемы. Ниже

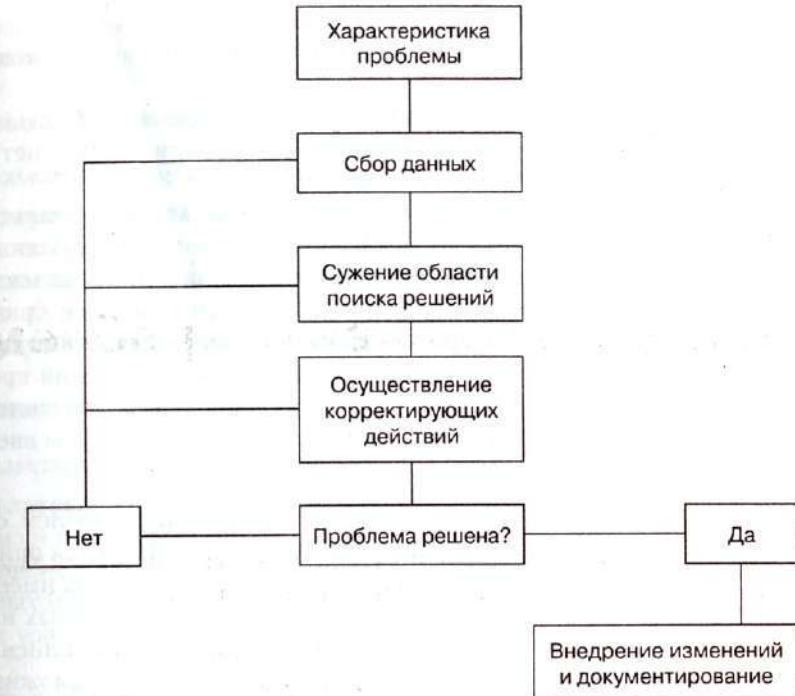


Рис. 13.1. Последовательность выявления и устраниния проблем

приведено несколько способов разрешения проблем, применимых в производстве пищевых жиров и масел.

- **Накопление и применение опыта** — наиболее распространенный и обычно самый простой и целесообразный подход. Опытный технолог может распознать многие дефекты и быстро найти способ их устраниния, если он уже сталкивался с подобной проблемой. Если возможно несколько способов решения данной проблемы, наилучший вариант также может быть подсказан опытом. Критерием выбора считается высокая вероятность, минимальный риск, простота и т. д. Опыт основан в первую очередь на знаниях, полученных в результате практической деятельности, и чем шире сфера деятельности, тем больше человек получает знаний. При работе в лаборатории и во время практических занятий также накапливается определенный опыт, но чаще всего для закрепления полученных теоретических знаний необходима реальная практическая деятельность. Хорошее документирование параметров процесса и режимов работы оборудования тоже можно рассматривать как форму опыта, который можно применить в поисках решения проблемы.
- «Что, где, когда» или «метод трех W (What, Where, When)» представляет собой метод, основанный на опросах.

Вопросы могут быть следующими:

- Какие изменения представляют собой проблему, а какие не являются проблемой?
- На каких участках процесса возникает проблема, и где ее нет?
- При каких условиях проблема может возникнуть, а при каких — нет?
- Что изменилось, а что осталось без изменений?

В данной методике используют наблюдения, практический опыт, записи параметров работы, а также проверку возможных вариантов в целях сужения области, в которой проводится поиск решений проблемы, до выполнимых масштабов.

- **Перехват проблемы**, который заключается в «вылавливании» ее причин, зачастую является единственной эффективной методикой выявления причины повторяющейся проблемы. Для выявления области поиска решений проблемы и облегчения выбора способов ее устранения могут использоваться системы выявления отклонений по накопленным данным наряду с возможным введением дополнительных точек мониторинга.

Существует столько же подходов к выявлению и устранению проблем, сколько и отдельных решений проблемы. В большинстве случаев используются описанные выше способы — полностью или частично. Практически в любом из них имеет место выяснение природы проблемы и осуществление действий, направленных на ее устранение. Наличие накопленного опыта облегчает своевременное выполнение этих действий без излишних усилий. В данной главе приведен перечень возможных проблем при производстве пищевых жиров и масел, для каждой из них предлагаются корректирующие действия, выбранные на основании опыта, накопленного при производстве различных масложировых продуктов.

13.2. Технологические проблемы

13.2.1. Извлечение растительного масла

Проблема: Ферментативная активность

Возможные причины и способы их устранения

1. **Температура.** Отрицательно воздействующие ферменты проявляют высокую активность при температуре от 57 до 80 °C. Температура дезактивации — 82–121 °C.
2. **Приостановление действия липазы.** В экспандерах и жаровнях активность липаз (фосфолипазы и липоксигеназы) тормозится.
3. **Быстрое извлечение масла из лепестка или бобов.** При дроблении семян или бобов, нагревании, повышении влажности ферменты активируются. Установлено, что при каждом механическом перемещении раскалываются 6% соевых бобов. Расколотые бобы следует как можно скорее подвергнуть термообработке для инактивации ферментов.

4. **Хранение в сухом месте.** При повышении влажности температура семян, находящихся в хранилище, повышается, что усиливает активность ферментов.

Проблема: Снижение окислительной стабильности

Возможные причины и способы их устранения

1. **Задержка извлечения масла.** После обрушивания и дробления масличных семян существенно ускоряются процессы окисления и гидролиза, поскольку увеличивается площадь поверхности, соприкасающейся с воздухом. Следовательно, в случае приостановки процесса извлечения масла возможна выработка продукта более низкого качества.

Проблема: Использование заплесневевших масличных семян

Возможные причины и способы их устранения

1. **Афлатоксин.** Обычно заплесневевшие ядра арахиса или другие масличные семена и плоды используют в качестве сырья. После дробления в масле остается лишь незначительная часть токсичных веществ. Фильтрация снижает уровень афлатоксина, стандартная рафинация и отбеливание обеспечивают эффективное удаление всего остаточного афлатоксина [2].

Проблема: Повреждение соевых бобов

Возможные причины и способы их устранения

1. **Повреждение морозами.** Невызревшие растения сои погибают при сильных морозах, что вызывает прекращение развития соевых бобов. В результате воздействия мороза на соевые бобы за месяц до их переработки возникают следующие отклонения.
 - **Повышение массовой доли свободных жирных кислот.** В нерафинированном масле из подмороженных бобов содержание свободных жирных кислот достигает 2,2%.
 - **Избыточные потери при рафинации.** В сыром масле из недозревших бобов существенно возрастают потери при рафинации. Исследования показали более чем трехкратное увеличение потерь при рафинации масла из подмороженных бобов.
 - **Усиление зеленого цвета.** Нерафинированное масло из подмороженных бобов имеет зеленый цвет в связи с присутствием порфиринов, которые характеризуются резким пиком поглощения в интервале длин волн 640–680 нм и относятся к хлорофиллам. Зеленый цвет должен быть удален в ходе рафинации с каустической содой или предварительного отбеливания, поскольку при последующем окислении зеленая окраска масла может закрепиться. При предварительном отбеливании более эффективным является использование глин, активированных кислотой, чем нейтральных. Требуемое для осветления количество отбеленной глины пропорционально интенсивности

зеленого цвета. Основное правило отбеливания заключается в том, что соевое масло следует контролировать по зеленой составляющей цветности, а не красной.

- **Низкая стабильность вкуса.** При необходимости значительного отбеливания устойчивость вкуса соевого масла существенно снижается. В некоторых случаях масла, полученные из особенно сильно поврежденных морозом бобов, непригодны для использования в пищевых целях из-за неустойчивого вкуса и цвета.
 - **Высокое содержание насыщенных жирных кислот.** Было найдено, что йодное число масла из недозревших, подмороженных бобов более чем на 7 г J₂/100 г ниже, чем масла из спелых бобов.
2. **Повреждения на поле и при хранении.** При попадании созревших соевых бобов под дождь или при сырой погоде, а также при хранении во влажной атмосфере (избыточная влажность от 13 до 14%) происходит химическое разложение масла. Возможны следующие последствия этого процесса [4]:
- **Потери при переработке.** Рост потерь при переработке связан с двумя факторами:
 - высокое содержание свободных жирных кислот в нерафинированном масле;
 - изменения и разрушение фосфолипидов.

Длительное пребывание во влажной среде активизирует липазу в бобах, что приводит к гидролизу. Разрушенные фосфолипиды не удаляются при гидратации и действуют как эмульгаторы, в результате чего повышается содержание нейтрального масла в соапстоке. При переработке соевых бобов, поврежденных на поле и при хранении, наблюдаются потери свыше 4%, тогда как для неповрежденных бобов нормальными потерями считаются 1,0–1,5%.

- **Полимеризация.** Повреждение под действием нагревания приводит к снижению содержания полиненасыщенных жирных кислот вследствие полимеризации линолевой и линоленовой кислот. Этот негативный эффект способствует ухудшению вкуса и окислительной стабильности дезодорированных масел.
- **Следы металлов.** В поврежденных бобах наблюдается повышение содержания железа в 2–10 раз в связи с увеличением его поступления из двух источников:
 - железо, присутствующее в бобах;
 - железо, в основном попавшее из оборудования при обработке бобов.

В процессе обработки масла для связывания металлов следует использовать комплексообразователи, чаще всего лимонную или фосфорную кислоты. Это позволяет снизить содержание железа в масле до уровня, при котором стабильность вкуса и устойчивость к окислению не ухудшаются.

- **Негидратируемые фосфолипиды.** Масло из соевых бобов, поврежденных на поле и при хранении, содержит негидратируемые фосфолипиды, которые не удаляются при гидратации или рафинации и, в конечном счете, оказывают влияние на вкус и стабильность вкуса готового салатного масла.

Проблема: Высокая цветность хлопкового масла

Возможные причины и способы их устранения

1. **Некондиционность.** Некондиционное или полученное из скороспелых сортов нерафинированное хлопковое масло нуждается в существенной предварительной обработке при помощи кислот для получения более низкой цветности после отбеливания и снижения потерь при рафинации. Количество кислоты для предварительной обработки зависит от места произрастания хлопчатника и от климатических условий в этом регионе. Во влажном дождливом климате получают более темное масло. Для предварительной обработки нерафинированного масла чаще используют фосфорную кислоту, поскольку она менее коррозионно активна и выгодна экономически. Обычно дозировка кислоты составляет от 100 до 500 мг/кг в расчете на массу сырого масла, в зависимости от его качества. Для предварительной очистки некоторых некондиционных масел требуется до 1800 мг/кг кислоты [5].
2. **Продолжительность и температура выдержки.** Длительная выдержка хлопкового масла при высокой температуре вызывает устойчивое потемнение вследствие окисления пигмента госсипола. Рафинация в мисцелле сразу после экстракции масла из семян сводит воздействие этого фактора на госсипол к минимуму.

Проблема: Высокое содержание хлорофилла в рапсовом масле

Возможные причины и способы их устранения

1. **Недозрелые семена.** Масло, которое получено из недозрелых рапсовых семян, содержащих большое количество хлорофилла, может иметь зеленовато-голубую окраску, которая с трудом удаляется при рафинации. Максимальный допустимый уровень цветности для шведского нерафинированного масла составляет 3,0 ед. красного и 125 ед. желтого по шкале Ловибонда для ячейки высотой 3,8 см (1,5 дюйма) согласно Британскому стандарту на метод Ловибонда для определения цветности. Этот показатель соответствует содержанию хлорофилла 30 мг/кг. В случае более высокой цветности для получения масла с удовлетворительными органолептическими показателями и стабильностью необходима дополнительная обработка [6].

Проблема: Желтый цвет пальмоядрового масла

Возможные причины и способы их устранения

1. **Впитывание пальмового масла.** Пальмоядровое масло желтого цвета с содержанием каротина выше нормы (4,4 мг/кг) может получаться в результате впитывания пальмового масла истончившейся оболочкой ядра или путем повреждения ядра и проникновения в него пальмового масла из мякоти. Как пальмовое, так и пальмоядровое масло получают из плодов пальмового дерева. Наружная мякоть содержит пальмовое масло, а внутренние косточки плодов — пальмоядро-

вое масло. В связи со значительными различиями характеристик и свойств данных масел их смешивание приводит к существенному изменению показателей.

13.2.2. Вытапливание животных жиров

Проблема: Ухудшение показателей качества животных жиров

Возможные причины и способы их устранения

- Потемнение.** Излишне длительное нагревание или обработка паром при высокой температуре в процессе вытапливания животных жиров приводят к пригоранию белков, что вызывает изменение цвета жира. В этом случае для получения продукта приемлемого цвета может понадобиться отбеливание жира.
- Вкус и запах.** Вкус и аромат животных жиров, полученных паровым способом, могут напоминать вкус и аромат вареного мяса.
- Прогоркость.** Повышенное содержание белка и влаги, сохранившихся после выпотки, может быть причиной возникновения прогоркости в продукте во время транспортировки. Прогоркость животных жиров может быть основной причиной забраковки продукта инспектором USDA и признания его непригодным для пищевых целей.
- Нерастворимые фосфолипиды.** Потемнение жиров может быть результатом неполного удаления фосфолипидов при фильтрации и промывке водой.
- Высокое содержание свободных жирных кислот.** Количество свободных жирных кислот в животных жирах служит показателем надлежащей подготовки и обработки жирового сырья перед вытапливанием. Мышечная ткань содержит расщепляющие жир ферменты, под действием которых сразу после наступления смерти животного начинается гидролиз жиров с образованием свободных жирных кислот. Для уменьшения образования свободных жирных кислот до минимума операция вытапливания жира должна быть проведена как можно быстрее после забоя животного. Нейтрализация повышенного количества свободных жирных кислот приводит к возрастанию производственных потерь.
- Белковые вещества.** Белки, находящиеся в коллоидном состоянии, будут вызывать потемнение, особенно в случае отгонки с паром или дезодорации. Небольшие количества диатомовой земли или отбеленной глины и последующее фильтрование позволяют удалить этот компонент.

Проблема: Зеленоватый оттенок твердых животных жиров

Возможные причины и способы их устранения

- Высокое содержание хлорофилла.** Твердые животные жиры могут приобретать зеленоватый оттенок вследствие высокого содержания хлорофилла, поступившего из зеленых кормов. Поскольку содержание красного и желтого пигментов в животных жирах невысоко, зеленый цвет становится очень заметным и легко выявляемым. Удаление хлорофилла из твердых животных жиров обычно осуществляют при помощи отбеленной глины, активированной кислотой.

13.2.3. Хранение сырых масел

Проблема: Повышение содержания свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

- Продувание паром при разгрузке.** Возможны отказ от использования пара для продувания линии, ограничение продолжительности его использования или продувание в резервуар-ловушку.
- Избыточная влажность при поступлении.** Анализ масла перед разгрузкой и составление графика первоочередной рафинации партий с повышенной влажностью позволяют свести образование свободных жирных кислот к минимуму.
- Повышение температуры при хранении.** Следует предупреждать нагрев сырого масла в ходе хранения, не допускать подтекания клапанов (это может привести к случайному нагреву) и работы центробежного насоса при закрытом клапане.
- Протечка парового змеевика.** Следует отремонтировать змеевик.
- Образование осадка в резервуарах.** Следует периодически перемешивать содержащиеся в резервуарах и проводить их мойку для удаления осадка.
- Высокое давление пара.** Давление пара, иногда используемого для нагревания масла, не должно превышать 0,7 бар, что обеспечивает температуру пара 115 °C и предотвращает пригорание масла. В некоторых видах оборудования используется только горячая вода, что позволяет избежать контакта масла с поверхностями, имеющими температуру выше 98 °C.

Проблема: Потемнение во время хранения

Возможные причины и способы их устранения

- Длительное хранение.** При складском хранении следует придерживаться принципа «первым поступил – первым выдан». Максимальный срок хранения следует ограничить 3 неделями.
- Повышенная температура масла.** Необходимо как можно быстрее направить масло на рафинацию.
- Аэрация.** Следует выключать мешалку при низком уровне жидкости. Заполнять резервуар необходимо со дна.
- Разложение каротина.** В результате разложения каротина при окислении образуются соединения, с трудом удаляемые при рафинации и отбеливании. Исследования нерафинированного масла показали, что антиоксидант трет-бутилгидрохинон (ТБГХ, Е319) предотвращает разложение каротина. При использовании ТБГХ масло не требует жестких условий отбеливания, снижается количество отбеленной глины для получения продукта с желательными характеристиками [7].

Проблема: Недостаточное отбеливание хлопкового масла

Возможные причины и способы их устранения

- Хранение сырого масла.** Сырое хлопковое масло высокого качества может успешно храниться в течение 5 мес. в прохладном месте без каких-

либо заметных изменений цвета, вкуса, содержания свободных кислот, однако при этом затрудняется проведение отбеливания [8]. Окисление сложной системы пигментов оказывает существенное влияние на процесс отбеливания. Более предпочтительно хранение рафинированного хлопкового масла, поскольку при рафинации из масла удаляют ингредиенты, вызывающие изменение цвета.

Проблема: Снижение устойчивости к окислению

Возможные причины и способы их устранения

- Продолжительность хранения сырого масла.** Взаимодействие с кислородом воздуха приводит к окислительной порче и снижает качество масла после переработки. Наиболее светлые растительные масла с высокой окислительной стабильностью получают при переработке сразу после извлечения или при хранении в защитной атмосфере азота.
- Защита с использованием антиоксидантов.** Исследования показали, что использование антиоксиданта ТБГХ (Е319) существенно повышает окислительную стабильность растительного масла и оказывает стабилизирующее действие на естественный антиоксидант токоферол. Индукционный период сырого соевого масла по МАК увеличивается вдвое при внесении ТБГХ в количестве 200 мг/кг, наряду с этим значительно повышалось содержание токоферола в дистиллятах дезодорации [7].

Проблема: Избыточный отстой в резервуаре

Возможные причины и способы их устранения

- Недостаточное перемешивание или его отсутствие.** Необходимо оснастить резервуар подходящей мешалкой и периодически перемешивать масло, исключая те случаи, когда уровень жидкости становится ниже лопастей мешалки.
- Низкокачественное сырое масло.** Перед разгрузкой необходимо проводить анализ масла и направлять его на рафинацию как можно раньше, что позволяет свести к минимуму возможность осаждения примесей.
- Образование конденсата в резервуаре.** Сочетание высокой влажности, теплого масла и прохладной температуры помещения приводит к запотеванию внутренней поверхности резервуаров. Образовавшийся конденсат собирается в капли и стекает в масло, образуя эффективную систему гидратации. В результате на дне резервуара образуется нежелательный осадок. Запотевание можно в некоторой степени предотвратить путем создания системы вентиляции, которая позволяет воздушному потоку продувать каждый резервуар.

Проблема: Смешивание масел

Данная проблема является одной из наиболее распространенных для всех хранилищ масла и представляет собой нежелательное смешивание разных партий и видов масла вследствие ошибок оператора, неисправностей оборудования или конструкционных недоработок [9].

Возможные причины и способы их устранения

- Трубопровод.** При наличии экономической возможности желательно предусмотреть отдельную систему трубопроводов для перекачивания каждого из основных видов масел или, по крайней мере, существенно отличающихся по физическим характеристикам.
- Размер резервуара.** Использование нескольких больших резервуаров вместо большого количества маленьких позволяет свести к минимуму риск загрязнения.
- Клапаны и вентили.** Следует выбирать такие клапаны и вентили, положение которых (закрыто или открыто) легко распознать.
- Система перекачивания.** Рекомендуется использовать автоматизированную систему, не позволяющую начинать перекачивание до тех пор, пока определенный вентиль не будет открыт или закрыт или не будет выполнено другое определенное требование.
- Предотвращение утечки.** Трешины в резервуаре, разрыв в линии, ошибки оператора (человеческий фактор) приводят к потерям продукта и нанесению значительного урона окружающей среде. Каждый резервуар для хранения масла должен быть окружен рвом или иметь дренажную систему, позволяющую вместить все содержимое в случае его утечки.
- Технологический процесс.** Правильное хранение основано на хорошем планировании и строгом соблюдении основных правил и соображений здравого смысла. Запись параметров технологического процесса позволяет обучать операторов на практических примерах и предоставляет им руководство к действию; контрольные карты позволяют ежедневно вести текущий учет и планирование.

Проблема: Оснащение резервуаров для хранения масла

Количество, размер и конструкционный материал резервуаров для хранения масла являются критическими точками, которые должны быть рассмотрены при планировании процесса или при выборе оборудования для обработки масла. Выбор зависит от качества хранящегося масла, например, при хранении сырых масел действуют требования, которые отличаются от требований, предъявляемых при хранении полупродуктов и готовых масложировых продуктов.

Возможные причины и способы их устранения

- Количество и размер.** При хранении масла одного вида удобнее использовать резервуары большего размера, но в меньшем количестве. При необходимости хранения масел различных наименований необходим комплект резервуаров различного размера, что позволяет уменьшить риск загрязнения или смешивания различных масел.
- Конструкционные особенности.** Стандартные резервуары для хранения сырых масел имеют несколько общих конструктивных особенностей, способствующих оптимальному выполнению функций данного вида оборудования:
 - Цилиндрические резервуары предпочтительнее прямоугольных — обычно более дорогих и сложных для очистки.

- Резервуары должны быть сварены из мягкой стали.
- Рекомендуется выбирать резервуары с максимальным отношением высоты к диаметру, что снижает площадь контакта масла с воздухом, тем самым снижая вероятность окислительной порчи.
- Подводящая труба должна проходить сверху почти до самого дна, кроме того, она должна быть оснащена перекрывающим клапаном, расположенным в верхней точке перегиба.
- Дно резервуара должно иметь наклон в сторону отстойника со сливным трубопроводом для очистки.
- Сливное отверстие резервуара должно быть расположено на 0,5 м выше дна резервуара и со стороны, позволяющей осадку отстаиваться.
- Нагревательный змеевик с водяным обогревом должен входить в резервуар сверху, иметь форму положенной горизонтально буквы U и располагаться с одной стороны резервуара, обеспечивая пространство для расширения расплавленного материала.
- Со стороны подачи необходимо перемешивать масло для предотвращения расслоения в больших резервуарах.
- При необходимости следует предусмотреть наружную теплоизоляцию.
- При необходимости рекомендуется обшить или облицевать резервуар пластиком для защиты от жирных кислот. Необходимость этого пункта зависит от вида масла, подлежащего хранению.

Проблема: Ошибки измерения товарных запасов

Возможные причины и способы их устранения

1. **Калибровка приборов и проведение измерения.** На точность определения массы по измеренному объему влияют шесть факторов, пренебрежение хотя бы одним из них может вызывать расхождение результатов [10].
 - **Точная предварительная калибровка всех емкостей.** Мерная шкала на емкости считается верной, однако существуют несколько источников ошибок:
 - Дно емкости может быть выпуклым или вогнутым, поэтому она может вмещать разное количество масла. Следует периодически взвешивать масло, находящееся в емкости, для калибровки объема.
 - Нагретая металлическая емкость может за счет расширения металла вмещать больше жидкого продукта, чем было откалибровано при более низких температурах. Такое увеличение может быть вычислено по известному коэффициенту расширения стали.
 - Неправильная форма емкости и ее внутренняя оснастка также могут повлиять на точность нанесения шкалы при калибровке.
 - **Правильный отбор проб масла для анализа.** Полученный образец должен быть представительным, т. е. по составу полностью соответствовать содержащемуся в емкости маслу. В случае присутствия влаги или твердых фракций они должны присутствовать в точке отбора проб в пропорциональных количествах.

- **Точное измерение температуры продукта в емкости.** Количество измерений для получения достоверной средней температуры может сильно варьировать в зависимости от размера емкости и ее глубины, возможности перемешивания и нагрева. Ошибка в 0,5 °C может привести к разнице массы в 590 кг при объеме емкости 1500 м³, поэтому точность измерения температуры очень важна.
 - **Точное измерение глубины и потерь.** Измерения должны проводиться в том же отмеченном месте открытой емкости с помощью изготовленной из высококачественной стали рулетки, имеющей четко различимые надписи, не допуская ее перекручивания или изгибов. Показания округляют до 1,5 мм (1/16 дюйма). Измерения повторяют до совпадения двух последовательных результатов. Точное снятие показаний затрудняется в двух случаях: при движении масла из-за разности температур или перемешивания и при захвате воздуха, приводящем к вспениванию.
 - **Точное определение плотности.** Точное определение плотности является обязательным условием для правильных вычислений.
 - **Точность и правильность расчетов.** Все вычисления должны быть основаны на правильной калибровке емкости и на полученных данных.
2. **Условия проведения измерений.** Точные измерения возможны при строго постоянных давлении насоса, температуре масла и т. п., но такие идеальные условия встречаются редко, особенно при определении массы для транспортировки наливом или в процессе складского хранения, где требуется высокая точность.
 3. **Взвешивание.** Наиболее желательно определение фактической массы масла. Взвешивание совершается с использованием различных типов весов (например, для танков, железнодорожных и автомобильных цистерн, бочек), которые должны быть точно откалиброваны.

13.2.4. Гидратация

Проблема: Темный цвет фосфатидов

Возможные причины и способы их устранения

1. **Кислотная гидратация.** При использовании для гидратации соевого масла фосфорной кислоты повышается выход рафинированного масла, но при этом образуются темные фосфатиды. Из таких фосфатидов получается лецитин более низкого качества, чем при водной гидратации. Однако основную часть соевого масла перерабатывают без выделения лецитина, отделенные фосфатиды смешивают с соапстоком щелочной рафинации.

Проблема: Низкий выход

Возможные причины и способы их устранения

1. **Избыточное внесение воды.** Важно добавлять воду в количестве, необходимом для осаждения фосфатидов, поскольку избыток воды приводит к излишним

потерям масла в результате гидролиза. Обычная дозировка воды при гидратации составляет около 2%.

Проблема: Высокое содержание негидратируемых фосфатидов

Возможные причины и способы их устранения

- Тепловая обработка семян перед извлечением масла.** Как показали исследования, активность фосфолипазы (фермента, переводящего фосфолипиды в негидратируемую форму и препятствующего их удалению) наиболее высока в интервале 57–85 °С. В связи с этим следует избегать проведения тепловой обработки при этих температурах.
- Обработка семян перед извлечением масла.** Как обработка *ALCON* (влажная обработка соевого лепестка перед извлечением масла), так и использование экспандера должны обеспечить снижение содержания негидратируемых фосфатидов. Подготовка семян с использованием того или иного из этих способов позволяет провести физическую рафинацию столь же эффективно, как и химическую при сочетании с водной гидратацией. Масло из семян низкого качества следует подвергнуть кислотной гидратации. Лишь при этом условии его физическая рафинация даст те же результаты, что и химическая [12].

13.2.5. Щелочная рафинация масла. Первичное сепарирование

Проблема: Высокое содержание свободных жирных кислот (свыше 0,05%)

Возможные причины и способы их устранения

- Недостаточное количество щелочи.** Следует проверить концентрацию щелочи и если она понижена — скорректировать ее. Целесообразно проверить массовую долю свободных жирных кислот в сыром масле и пересчитать необходимое количество щелочи заново. Теоретически количество щелочи рассчитывается на основе отношения молекулярной массы NaOH к молекулярной массе олиновой кислоты. Для рафинации большинства масел необходим избыток щелочи 0,1–0,13%. Исключение составляют лауриновые и пальмовое масла, для которых требуется 0,02% избытка, и хлопковое масло, которое рафинируют для улучшения цвета, что требует 0,16% избытка щелочи.
- Отклонения в процессе смешивания щелочи и сырого масла.** Необходимо убедиться в правильности работы встроенного высокоскоростного смесителя и вертикальной мешалки.

Проблема: Высокое значение красного цвета по Ловибонду

Возможные причины и способы их устранения

- Недостаточная обработка щелочью.** При повышенной цветности первого отряда следует проверить расчеты количества щелочи и при необходимости про-

должить медленно добавлять щелочь до получения желательных результатов лабораторного определения цветности.

- Низкое качество сырого масла.** Последней стадией при производстве большинства сырых масел является удаление растворителя. На этой стадии температура достигает 121 °С. Чем дольше масло находится при повышенной температуре, тем труднее удалить окрашенные вещества при щелочной рафинации. Такая обработка вызывает фиксирование цвета. Для достижения требуемой степени рафинации и цветности после лабораторного отбеливания может понадобиться более жесткая обработка щелочью.
- Недостаточное перемешивание.** Следует убедиться в правильной работе мешалки и достаточно равномерном перемешивании масла и щелочи.
- Окисление токоферолов.** Продукты окисления α -токоферолов представляют собой хиноны, имеющие очень насыщенный цвет. Необходимо выявить причину окисления и сделать все возможное для его предотвращения. Насыщенный красный цвет можно удалить отбеливанием под вакуумом.
- Хранение хлопкового масла.** Установлено, что хлопковое масло следует направлять на рафинацию как можно быстрее. Продукты окисления сложной системы пигментов отрицательно сказываются на цветности после отбеливания. Для устранения этого источника реверсии цвета следует проводить рафинацию до развития интенсивного окисления.

Проблема: Интенсивный зеленый цвет

Возможные причины и способы их устранения

- Присутствие хлорофилла.** Высокое содержание хлорофилла в соевом и рапсовом маслах вызвано повреждением бобов (семян) во время пребывания в открытом поле при влажной погоде или при ранних заморозках, или же во время хранения во влажном помещении. Лучше всего удалять хлорофилл перед щелочной обработкой, поскольку воздействие щелочи и нагревания способствует стабилизации этого пигмента.

Проблема: Положительный кислотно-тепловой тест

Возможные причины и способы их устранения

- Недостаточная обработка щелочью.** Следует пересчитать количество щелочи, требующееся для обработки, и при необходимости увеличить его. Для достижения негативного результата этого теста, т. е. для отсутствия потемнения масла после обработки кислотой и нагревания, рекомендуется использовать минимально необходимое количество щелочи.
- Неравномерная подача щелочи.** Необходимо регулировать подачу щелочи при каждом изменении потока сырого масла. Следует также убедиться в правильной работе насоса для щелочи.
- Неполное смешивание щелочи и сырого масла.** Следует проверить правильность работы смесителей.

Проблема: Высокое содержание мыла

Возможные причины и способы их устранения

- Излишняя обработка щелочью.** Следует проверить количество добавленной щелочи и уменьшить его, если это не влияет отрицательно на цветность масла после лабораторного отбеливания и кислотно-тепловой тест. Режимы обработки сырого масла щелочью при рафинации рассчитывают по содержанию в нем свободных жирных кислот с учетом необходимости некоторого избытка сверх количества, рассчитанного теоретически по соотношению молекулярных масс NaOH и олеиновой кислоты. При обработке большинства масел избыточное количество щелочи составляет 0,10–0,13%. Исключение составляют лауриновые и пальмовое масла, для которых требуется избыток 0,02%, и хлопковое, для обесцвечивания которого необходимо внесение 0,16% избыточной щелочи.
- Загрязненная чаша барабана.** Высокое содержание мыла (свыше 500 мг/кг), которое не изменяется при регулировании противодавления, свидетельствует о необходимости очистки сепаратора.
- Слишком высокая скорость вытекания масла.** При уменьшении этого показателя следует убедиться, что соответственно скорректированы условия щелочной обработки.
- Низкая скорость вращения барабана.** Следует определить фактическую скорость вращения барабана сепаратора (об/мин) и при необходимости увеличить ее.
- Избыточное противодавление.** Противодавление необходимо отрегулировать таким образом, чтобы уменьшить остаточное содержание мыла в масле без увеличения содержания масла в соапстоке. Обычно это давление снижают до 3,3–6,9 бар. Для обеспечения минимального содержания мыла в рафинированном масле при одновременном снижении потерь нейтральной фракции масла требуется тщательный контроль противодавления. Обычно работу сепаратора настраивают на содержание мыла около 300 мг/кг при содержании нейтрального масла в соапстоке 18% (в пересчете на сухие вещества).

Проблема: Избыток нейтрального масла в соапстоке

Возможные причины и способы их устранения

- Высокое противодавление в сепараторе.** Повышенное противодавление в сепараторе приводит к снижению концентрации мыла в масляной фазе, но при этом повышаются потери нейтрального масла в соапстоке. И наоборот, при снижении противодавления уменьшаются потери нейтрального масла в мыльной фазе с одновременным увеличением содержания мыла в рафинированном масле до уровня, превышающего возможности его удаления путем промывки водой. Начальное противодавление сепаратора должно быть настроено на компромиссный вариант: обычно около 300 мг/кг мыла в масле при содержании нейтрального масла в соапстоке не более 18% (в пересчете на сухие вещества).

- Температура внесения щелочи.** Слишком высокая температура масла во время внесения щелочи может способствовать увеличению скорости омыления нейтрального масла и снижению выхода рафинированного масла. Температура сырого масла при добавлении щелочи не должна превышать 37,8 °С, но чаще предельной температурой считают 32,2 °С.
- Температура подачи на первичный сепаратор.** Большинство мягких смесей щелочи и масла перед подачей на первичный сепаратор нагревают до 57–74 °С для того, чтобы посредством термического шока вызвать разрушение эмульсии масло–щелочь–мыло. Оптимальные для разрушения эмульсии условия подбирают экспериментально или на основе предыдущего опыта.
- Переброс сепаратора.** Переброс происходит в том случае, когда граница раздела фаз перемещается к наружной части чаши и отсутствует столб масла под верхней тарелкой. При частичном перебросе наблюдается выход больших количеств масла через отверстие для вывода соапстока. При полном перебросе сильный поток масла вытесняет мыльную фазу из чаши, и все масло выходит через выходное отверстие для соапстока. Переброс может произойти, если чаша центрифуги забита, противодавление рафинированного масла на выходе слишком велико, либо в результате существенного снижения температуры рафинированного масла или концентрации добавляемой щелочи. Обычно переброс можно скорректировать путем быстрого открывания клапана регулировки противодавления и его настройки до правильного выхода соапстока и рафинированного масла [13].
- Продолжительность контакта щелочи и сырого масла.** После внесения раствора щелочи смесь следует перемешать для достижения полного контакта щелочи со свободными жирными кислотами, фосфатидами и пигментами. Щелочь реагирует с жирными кислотами с образованием соапстока, одновременно гидролизуя фосфатиды и удаляя неомываемые вещества из сырого масла. Требуется достаточно интенсивное перемешивание, но при этом не допускается возникновения устойчивой эмульсии и создания подходящих условий для образования мыла. Для определения оптимальных условий может потребоваться проведение эксперимента на основе предыдущего опыта.
- Масла, полученные экстракцией растворителем.** Зачастую экстрагированные растворителем масла содержат большое количество фосфатидов и других загустителей, восков и слизей, которые осаждаются в резервуарах для хранения. Эти компоненты затрудняют обработку, особенно после их окисления или полимеризации. Осадок, образующийся в резервуарах, может удерживать большое количество нейтрального масла, что приводит к повышению его потерь. Фосфолипиды способствуют эмульгированию нейтрального масла, которое теряется с соапстоком при рафинации. Последующая кислотная обработка соапстока осложняется в присутствии большого количества фосфатидов. Избежать данной проблемы можно путем проведения гидратации масел, полученных экстракцией растворителем, перед щелочной рафинацией, что особенно актуально для Европы [14].

Проблема: Излишняя рафинация**Возможные причины и способы их устранения**

- Низкая цветность рафинированного масла после отбеливания.** Более низкая цветность рафинированного масла после отбеливания в промышленных условиях по сравнению с лабораторными результатами указывает на излишнюю рафинацию.

Проблема: Низкая окислительная стабильность готового масла**Возможные причины и способы их устранения**

- Окисление рафинированного масла.** Очень важно предотвращать окисление на всех стадиях обработки пищевых масел и жиров, поскольку оно отрицательно сказывается на качестве готового дезодорированного масла. Например, рассчитано, что увеличение перекисного числа в нейтрализованном соевом масле после или во время рафинации всего лишь на 1,2 ммоль О₂/кг может снизить окислительную стабильность на 50% [14]. Окисление может быть уменьшено за счет избегания контакта с воздухом, удаления следовых количеств металлов-прооксидантов, создания защитной атмосферы азота на всех стадиях технологического процесса, или при внесении антиоксидантов на начальной стадии обработки масел.

13.2.6. Рафинация масла. Промывка водой**Проблема: Высокое содержание мыла****Возможные причины и способы их устранения**

- Малое количество промывной воды.** Количество воды, необходимое для промывки, колеблется от 10 до 20% по массе. Наилучший результат достигается при 15%. Необходимо определить количество промывной воды и увеличить его в том случае, если оно составляет менее 15% от скорости потока сырого масла.
- Недостаточное перемешивание промывной воды и рафинируемого масла.** При смешивании воды с маслом следует обеспечить тесный контакт фаз, чтобы из масла в водную фазу перешло максимальное количество мыла.
- Жесткая вода.** Для промывания не следует использовать жесткую воду, которая образует осадок мыла кальция и магния. Если жесткость воды превышает 20 мг/кг, необходимо использовать умягчитель или конденсат паровой системы.
- Загрязненный сепаратор.** Продолжительность перерыва между чистками невозможно установить заранее, чашу барабана в сепараторе нужно чистить по мере загрязнения. Показателем необходимости очистки служит массовая доля остаточного мыла в рафинированном масле после вакуумной сушки, превышающая 50 мг/кг при содержании мыла в масле после первичного разделения ниже 500 мг/кг.

- Слишком высокое содержание мыла после первичного разделения.** В процессе промывания водой эффективное удаление мыла происходит лишь при его содержании в поступающем масле 500 мг/кг и менее.
- Температура добавляемой воды.** Температура промывной воды оказывает большое влияние на полноту разделения в сепараторе. Для предотвращения образования эмульсии она должна быть на 5–8 °С выше, чем температура масла.
- Температура масла.** Рафинированное масло после первичного сепаратора следует нагреть 88 °С. Низкая температура масла может вызвать переброс в сепараторе для отделения промывной воды.

13.2.7. Рафинация масла. Вакуумное высушивание**Проблема: Высокая влажность****Возможные причины и способы их устранения**

- Недостаточно глубокий вакуум.** Обычная сушилка работает при глубине вакуума 70 мм рт. ст. и должна быть оборудована автоматическим аварийным выключением при излишней глубине вакуума.
- Низкая температура промывной воды.** Нормальная температура промывной воды составляет 85 °С.
- Высокая влажность масла на входе в сушилку.** УстраниТЬ эту проблему на этапе промывания водой.
- Плохое распределение масла в сушилке.** Очистить забитые отверстия форсунки.

13.2.8. Предварительное отбеливание**Проблема: Короткий цикл фильтрования****Возможные причины и способы их устранения**

- Неправильное формирование фильтрующего слоя.** Скорость протекания масла при образовании фильтрующего слоя должно быть такой же, как при фильтрации. Слишком медленная или неравномерная подача фильтрующего материала способствует формированию неровного слоя покрытия, что приведет к забиванию фильтра экрана и уменьшению продолжительности цикла.
- Слишком высокая скорость потока.** Высокая скорость течения вызывает уплотнение твердых частиц и засорение фильтра.
- Слишком низкая скорость потока.** Медленное протекание способствует осаждению твердых частиц на корпусе фильтра вместо образования фильтрующего слоя.
- Забивание фильтра.** Загрязнение фильтра мылом или неравномерный поток приводит к уменьшению площади поверхности и уменьшению продолжительности цикла.

5. **Слишком маленький фильтр.** При подаче твердой фазы, превышающей пропускную способность фильтра, приходится часто останавливать процесс и очищать фильтр.

Проблема: Низкая скорость фильтрации

Возможные причины и способы их устранения

1. **Заполненный фильтр.** Следует очистить фильтр.
2. **Высокая влажность масла (выше 0,1%).** Устранять эту проблему следует на предшествующих стадиях процесса — в вакуумной сушилке или при промывке водой.
3. **Высокое содержание мыла.** Содержание мыла в высушенном под вакуумом масле для отбеливания не должно превышать 50 мг/кг. При повышенном содержании мыла требуется использовать дополнительное количество отбеленной глины, иначе присутствие большого количества мыла в масле приведет к забиванию фильтра.
4. **Высокое содержание фосфатидов.** Количество фосфора в рафинированном масле при поступлении на отбеливание не должно превышать 6 мг/кг. Превышение этого уровня требует повышения дозировки отбеленной глины и повышает риск увеличения содержания фосфора в отбеленном масле сверх установленного предельного значения, составляющего 1,0 мг/кг. Данную проблему следует устранять на предыдущих стадиях процесса — при обработке щелочью и смешивании с водой.
5. **Высокая скорость потока масла.** Скорость потока через фильтр не должна превышать установленный уровень. Высокая скорость течения вызовет преждевременное забивание фильтра и снизит эффективность. На выходе фильтра необходимо использовать регулятор расхода.

Проблема: Высокое содержание примесей в масле после фильтрования

Возможные причины и способы их устранения

1. **Недостаточное образование предварительного фильтрующего покрытия.** Следует проводить рециркуляцию масла до тех пор, пока не уменьшится количество примесей. Если их содержание не снижается, необходимо остановить процесс и заново нанести предварительное покрытие.
2. **Отверстия в фильтровальной перегородке.** Необходимо починить или заменить фильтр.
3. **Неправильная сборка фильтра после очистки.** Необходимо собрать фильтр правильно.
4. **Изношенные уплотнители.** Заменить уплотнители или прокладки с дефектом.
5. **Ранняя подача на хранение.** Во время начального этапа запуска фильтра после отбеливания следует проявлять осторожность и направлять первые порции мутного масла в емкость для отбеливания, поскольку их попадание в емкости для хранения отбеленного масла вызовет загрязнение всего объема.

Проблема: Высокое содержание мыла в отбеленном масле

Возможные причины и способы их устранения

1. **Поступление масла с высоким содержанием мыла.** Этую проблему следует устранять на предыдущих этапах технологического процесса, а именно — при первичном разделении или промывании водой. Содержание мыла в поступающем на отбеливание масле, высушенном под вакуумом, не должно превышать 50 мг/кг. В противном случае необходимо увеличить количество отбеленной глины, чтобы адсорбировать избыток мыла.
2. **Недостаточный фильтрующий слой.** Тщательно нанести предварительное фильтрующее покрытие на фильтр, избегая образования сквозных протоков.
3. **Неправильные режимы циркуляции через фильтр.** Обязательным условием должна быть достаточная продолжительность контакта между отбеленной глиной и маслом.
4. **Внесение отбеленных глин.** Следует проверить правильность работы устройства для подачи отбеленной глины.

Проблема: Недостаточное снижение цветности при отбеливании

Возможные причины и способы их устранения

1. **Низкая дозировка отбеленной глины.** Следует использовать минимальное количество отбеленной глины, которое будет достаточным для удаления примесей, что определяют по уменьшению перекисного числа. Значение ПЧ в отбеленном масле должно приближаться к нулю. Обычно достаточно 0,3–0,5% активированной отбеленной глины в зависимости от качества масла и возможного осаждения на фильтре. Внесение глины зависит от ее функциональных характеристик, обязательной дозировки не устанавливают.
2. **Недостаточная продолжительность контакта.** Рекомендуется направить масла на рециркуляцию через фильтр и определить эффективность этого приема. Обычно при отбеливании при атмосферном давлении для удаления влаги из отбеленной глины и завершения процесса отбеливания достаточно 15–20 мин. При отбеливании под вакуумом основное снижение цветности происходит в течение первых трех минут контакта, поскольку воздух и влага под вакуумом удаляются. Увеличение времени контакта не оказывает отрицательного воздействия на масло, отбеленное под вакуумом, поскольку вакуум предотвращает окисление.
3. **Низкая температура отбеливания.** Температура отбеливания может быть повышена, но не более чем до 110 °С. Нагревание следует производить после внесения отбеленной глины. При повышении температуры вязкость масла понижается, что улучшает способность отбелывающей глины к адсорбции, но, как показывает опыт, при температуре выше 110 °С такого улучшения не происходит. Дальнейшее повышение температуры может привести к усиленному образованию свободных жирных кислот, окислению и фиксации цвета.
4. **Температура внесения отбеленной глины.** Внесение отбеленной глины в горячее масло приводит к слишком быстрому испарению влаги из глины. Высвобожде-

ние влаги приводит к разрушению решетчатой структуры глины, что уменьшает эффективную площадь поверхности до того, как на ней могут адсорбироваться пигменты и вторичные продукты окисления.

5. **Перемешивание.** Перемешивание в емкости для отбеливания должно быть достаточным, чтобы обеспечить хороший контакт отбеленной глины и масла без захвата воздуха.
6. **Недостаточная рафинация.** Следует устранить проблемы на предшествующих этапах (при обработке щелочью или при смешивании во время рафинации).
7. **Закрепление цвета в поступающем сыром масле.** Рекомендуется провести повторную рафинацию или отделить проблемную партию для использования в том случае, когда допустима высокая цветность.
8. **Устранение зеленого окрашивания.** Высокое содержание хлорофилла в соевом и рапсовом маслах в результате повреждения в поле легко удаляется перед обработкой щелочью. В противном случае под действием щелочи и нагревания зеленый цвет стабилизируется.
9. **Хранение сырого хлопкового масла.** Сыре хлопковое масло хорошего качества может храниться свыше 5 мес. в холодном месте без заметных изменений содержания свободных жирных кислот, цвета, запаха, потерь при рафинации, но процесс отбеливания при этом значительно затрудняется [8]. Продукты окисления сложной системы пигментов отрицательно сказываются на цветности после отбеливания. Для устранения этого источника реверсии цвета следует проводить рафинацию до развития интенсивного окисления. Следовательно, на хранение желательно направлять масло не в сыром, а в рафинированном виде.

Проблема: Высокие потери масла

Возможные причины и способы их устранения

1. **Избыток отбеленной глины.** Активированные отбеленные глины могут удерживать 70% масла (по массе), которое не восстанавливается. Повышенная дозировка отбеленной глины в некоторой степени улучшает отбеливание. Дальнейшее внесение отбеленной глины приводит только к повышению содержания свободных жирных кислот и потерь масла. Дозировка глины должна определяться качеством масла после предварительного отбеливания — она должна обеспечивать удаление красного или зеленого цвета, полное удаление мыла, снижение количества пероксидов до нуля.

13.2.9. Гидрогенизация

Проблема: Медленное протекание реакции

Возможные причины и способы их устранения

1. **Низкая активность катализатора.** Следует увеличить количество катализатора. Слабая активность может быть вызвана отравлением катализатора или малым содержанием никеля в различных партиях катализатора.

2. **Старый катализатор.** Необходимо добавить свежий катализатор. После длительного хранения качество катализатора может ухудшиться в результате неправильного хранения или загрязнения.
3. **Чистота газа.** Чистота используемого водорода должна составлять не менее 99,0%. Он должен быть сухим и не содержать таких загрязняющих газов, как сероводород (H_2S), оксид серы (SO_2) и сероуглерод (CS_2). При наличии в водороде соединений серы протекает реакция серы с никелем, в результате чего происходит отравление катализатора и существенное снижение его активности и селективности. Такие примеси, как угарный газ (CO), углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и азот (N_2), не влияют на активность катализатора [15].
4. **Недостаточное количество водорода.** Быстрое решение: остановить реакцию и дождаться увеличения количества газа до необходимого уровня. Долгосрочное решение: определить причину недостатка водорода и устраниить ее.
5. **Слабое перемешивание.** Следует убедиться, что мешалка включена и работает. Иногда для выяснения условий вращения вала и лопастей мешалки бывает необходимо проверка внутренней части конвертора.
6. **Содержание мыла.** Содержание мыла при гидрировании должно составлять не более 1,0 мг/кг, не допускается использование масел с содержанием мыла выше 20 мг/кг. Мыло является ядом катализатора, поскольку взаимодействует с никелем с образованием никелевых мыл, что соответственно снижает его содержание в катализаторе.
7. **Наличие фосфатидов.** Фосфатиды отравляют катализатор, образуют осадок при температуре гидрирования, придают маслу темный цвет и забивают фильтры для катализатора. Содержание фосфора в масле, предназначенном для гидрогенизации, не должно превышать 5 мг/кг. Высокое содержание фосфатидов может быть следствием проблем, имеющих место на предшествующих этапах — гидратации, рафинации и отбеливания. Следует тщательно контролировать соблюдение требований спецификаций перед направлением полупродукта на следующую операцию.
8. **Отравление катализатора серой.** Особенно длинный индукционный период перед началом реакции гидрогенизации связан с присутствием соединений серы. В результате реакции с серой ингибируется способность никеля поглощать и диссоциировать водород, что уменьшает общую активность катализатора. Поскольку способность никеля ускорять реакцию гидрогенизации уменьшается, то возникают благоприятные условия для изомеризации с образованием большого количества *транс*-изомеров. Кукурузное масло, полученное при влажном отделении зародышей, содержит серу, которую следует удалить в процессе предварительного отбеливания для предотвращения проблем при гидрогенизации и ухудшения вкуса и запаха.
9. **Наличие влаги.** Влага инактивирует катализатор и способствует образованию свободных жирных кислот при гидролизе. Содержание влаги в масле, измеренное перед началом реакции, должно быть не более 0,10%. Сыре для гидрогенизации, имеющее более высокое содержание влаги, перед добавлением катализатора должно быть высушено.

10. **Протечки в охладительном и нагревательном змеевиках.** Утечки пара в змеевиках конвертора могут быть причиной повышенной влажности в том случае, если из питающего резервуара масло поступает сухим.
11. **Низкая температура.** Гидрогенизация, как и большинство химических реакций, протекает с большей скоростью при повышении температуры. При увеличении температуры снижается растворимость водорода, поэтому понижается его концентрация на поверхности катализатора, что приводит к повышению селективности, образования транс-изомеров и скорости реакции. Для обнаружения снижения скорости реакции по сравнению с обычной скоростью для данного продукта необходимо постоянно проверять записи контролирующих устройств. При замедлении реакции следует прежде всего проверить устройство для контроля температуры перед выяснением других возможных причин.
12. **Характеристики продукта.** Достижение желательных характеристик производимого продукта может потребовать более длительного времени реакции. Обычное время реакции может быть установлено по записям контролирующих устройств.

Проблема: Неправильное соотношение температуры плавления и йодного числа

Возможные причины и способы их устранения

1. **Неправильный подбор катализатора.** Выпускаемые промышленностью никелевые катализаторы могут существенно различаться по присущей им селективности. Кроме того, бывшие в употреблении катализаторы менее селективны, чем новые. Высокоселективные катализаторы способны уменьшить содержание линоленовой кислоты без образования большого количества стеариновой кислоты, что обеспечивает получение продукта с высокой окислительной стабильностью и низкой температурой плавления.
2. **Новая партия катализатора.** Содержание никеля в новой партии катализатора может сильно отличаться от предыдущей поставки, что влияет на активность катализатора. В связи с этим может потребоваться увеличение или уменьшение дозировки катализатора для достижения заданных физических характеристик гидрогенизированного продукта.
3. **Смешивание с предыдущей партией.** Следует предпринимать все необходимые меры предосторожности для предотвращения попадания остатка масла из предыдущей партии в конвертор или накопительный резервуар, поскольку это может загрязнять следующую партию.

Проблема: Фильтрование катализатора

Возможные причины и способы их устранения

1. **Селективный катализатор.** Катализатор для гидрогенизации должен проявлять как высокую активность, так и селективность, но еще одним существенным показателем является возможность его быстрого отделения фильтрованием. Эти две группы характеристик иногда оказываются несовместимыми, поскольку очень

- селективный катализатор будет иметь широкие неглубокие поры, что предполагает маленький размер частиц, которые создают проблемы при фильтрации.
2. **Повторное использование катализатора.** Широкомасштабное повторное использование катализатора может вызвать проблемы при фильтровании по следующим причинам:
 - свободные жирные кислоты реагируют с никелем с образованием никелевых мыл, которые проходят через большинство черновых фильтров;
 - частицы катализатора уменьшаются в размерах под воздействием механического трения и начинают проходить через большинство фильтров.
 3. **Наличие фосфатидов.** Фосфатиды при температуре гидрирования осаждаются и забивают фильтр, делая фильтрацию почти невозможной. Быстрое решение заключается в проведении тщательной очистки фильтра до окончания фильтрования проблемной партии. Долгосрочное решение – устранение проблем на предыдущих технологических этапах (гидратации, рафинации, отбеливания), что обеспечит снижение массовой доли фосфора в маслах до 5 мг/кг и ниже.

Проблема: Окислительная стабильность саломасов

Возможные причины и способы их устранения

1. **Смешивание мягких и твердых саломасов.** Смешивание партий с избыточной и недостаточной степенью гидрогенизации позволяет добиться заданных характеристик готового саломаса, таких как соотношение йодного числа и температуры плавления, но результаты определения индукционного периода по МАК будут ниже, чем при правильном проведении гидрогенизации этих партий. Не следует производить очень мягкие саломасы в целях получения саломасов с заданными характеристиками путем смешивания с очень твердыми продуктами гидрогенизации. Более целесообразно провести дальнейшее отверждение саломасов промежуточной твердости до соответствия следующему типу системы саломасов или же провести почти полную гидрогенизацию для получения низкогидротермальных твердых жиров.
2. **Наличие остаточного никеля.** Следовые количества никеля, прошедшие через фильтр, неблагоприятно влияют на окислительную стабильность гидрогенизованных масел. При исследовании окислительной стабильности было выявлено, что в присутствии 2,2 мг/кг никеля стабильность топленого свиного жира понижается на 50%. Гидрогенизованные масла следует подвергать дополнительному отбеливанию, чтобы удалить следовые количества никеля, неблагоприятно влияющего на окислительную стабильность.

13.2.10. Дополнительное отбеливание

Проблема: Высокое содержание никеля

Возможные причины и способы их устранения

1. **Присутствие никеля в растворимом или коллоидном состоянии.** Следует устранить причину образования коллоидного никеля или обеспечить обработку

- гидрогенизованных масел лимонной кислотой при дозировке 50–100 мг/кг и дополнительное отбеливание с использованием отбеленных глин.
2. **Недостаточно длительный контакт масла и отбеленной глины.** В этом случае рекомендуется направить масло на рециркуляцию через фильтр-пресс, пока не будут достигнуты определенный уровень цветности и другие требования к показателям качества.
 3. **Использование лимонной или фосфорной кислот.** Для удаления остаточных количеств никеля из конечного продукта необходимо проводить специальную обработку саломасов. При гидрогенизации образуются никелевые мыла, которые достаточно хорошо растворимы в масле, чтобы оставаться в нем при фильтрации. При внесении в масло перед отбеливанием лимонной кислоты в количестве около 100 мг/кг она реагирует с никелем, связывая его в хелатные комплексы. Концентрация несвязанного никеля после обработки не превышает 1,5 мг/кг. Результаты исследований масел промышленного производства показывают, что в дезодорированном масле никель может присутствовать в количестве 0,1–1,5 мг/кг без существенного ущерба для окислительной стабильности [16].
 4. **Отсутствие отбеленной глины.** Следует убедиться, что отбеленная глина была внесена в масло.

Проблема: Высокое содержание примесей в масле после фильтрования

Возможные причины и способы их устранения

1. **Недостаточное образование предварительного фильтрующего покрытия.** Следует проводить рециркуляцию масла до удаления примесей. При сохранении количества примесей необходимо остановить процесс и заново нанести предварительное покрытие.
2. **Отверстия в фильтровальной перегородке, материале или бумаге.** Необходимо починить или заменить фильтр.
3. **Неправильная сборка фильтра после очистки.** Необходимо собрать фильтр правильно.
4. **Изношенные уплотнители.** Заменить уплотнители или прокладки с дефектом.

Проблема: Недостаточное снижение цветности при дополнительном отбеливании

Возможные причины и способы их устранения

1. **Низкая дозировка отбеленной глины.** Следует использовать минимальное количество отбеленной глины, достаточное для удаления примесей, что определяют по уменьшению перекисного числа. Значение ПЧ в отбеленном масле должно приближаться к нулю. Дозировка глины зависит от ее функциональных характеристик, обязательной дозировки не устанавливают.
2. **Недостаточная продолжительность контакта.** Обычно при отбеливании при атмосферном давлении для удаления влаги из отбеленной глины и завершения

процесса отбеливания достаточно 15–20 мин. При отбеливании под вакуумом основное снижение цветности происходит в течение первых трех минут контакта, поскольку воздух и влага под вакуумом удаляются. Увеличение времени контакта не оказывает отрицательного воздействия на масло, отбеленное под вакуумом, поскольку вакуум предотвращает окисление.

3. **Низкая температура отбеливания.** Температура отбеливания может быть повышена, но не более чем до 110 °С. Нагревание следует производить после внесения отбеленной глины. При повышении температуры вязкость масла понижается, что улучшает способность отбеливающей глины к адсорбции, но, как показывает опыт, при температуре выше 110 °С такого улучшения не происходит. Дальнейшее повышение температуры может привести к усиленному образованию свободных жирных кислот, окислению и фиксации цвета.
4. **Недостаточная рафинация.** Следует устранить проблемы на предшествующих этапах (при обработке щелочью или при смешивании во время рафинации).
5. **Температура внесения отбеленной глины.** Внесение отбеленной глины в горячее масло приводит к слишком быстрому испарению влаги из глины. Высвобождение влаги приводит к разрушению решетчатой структуры глины, что уменьшает эффективную площадь поверхности до того, как на ней могут адсорбироваться пигменты и вторичные продукты окисления.
6. **Перемешивание.** Перемешивание в емкости для отбеливания должно быть достаточным, чтобы обеспечить хороший контакт отбеленной глины и масла без захвата воздуха.

Проблема: Высокое перекисное число

Возможные причины и способы их устранения

1. **Пропущенный процесс отбеливания.** После правильно проведенного отбеливания содержание пероксидов в масле снижается до нуля. Высокое перекисное число в масле на выходе из резервуара для отбеливания означает, что продукт не был обработан отбеленными глинами. Продукт могут прокачать через систему без внесения отбеленной глины в связи с тем, что цветность продукта до отбеливания соответствовала требуемой. Но операция дополнительного отбеливания является обязательной после гидрогенизации, поскольку позволяет удалить остатки металлов и вторичные продукты окисления. Нулевое значение перекисного числа после дополнительного отбеливания свидетельствует о правильном проведении отбеливания.

13.2.11. Винтеризация

Проблема: Неудовлетворительный холодный тест

Возможные причины и способы их устранения

1. **Слишком высокая температура фильтруемого масла.** Необходимо охладить масло перед фильтрованием до соответствующей температуры (7,2 °С).

2. **Слишком быстрое охлаждение.** Следует убедиться, что скорость охлаждения масла не слишком велика для правильного формирования кристаллов: температура должна снижаться от 40 до 7,2 °С за 12 ч.
3. **Повреждение фильтра или разрыв фильтровальной ткани.** Необходимо проверить состояние фильтра и устранить проблему.
4. **Протекающий уплотнитель или прокладка.** Необходимо проверить состояние уплотнителей и устранить проблему.
5. **Неправильное охлаждение фильтра после промывки горячим маслом.** После каждой промывки горячим маслом следует охлаждать фильтр до заданной температуры.
6. **Повышенная температура на участке фильтрования.** Необходимо держать фильтр охлажденным для предотвращения плавления стеарина и смешивания его с салатным маслом.
7. **Смешивание масла с высоким и низким результатом холодного теста.** Масло, имеющее неудовлетворительные результаты холодного теста, следует хранить отдельно от прошедшего испытания салатного масла. Смешивание рафинированного масла с высоким и низким результатом холодного теста приводит к получению смеси, не соответствующей нормативам. Перед смешиванием партий необходимо заранее приготовить в лаборатории смесь этих двух продуктов, исследовать ее и убедиться в удовлетворительных результатах.

Проблема: Низкая скорость фильтрации

Возможные причины и способы их устранения

1. **Холодное масло.** Следует проверить температуру масла и отладить этот показатель в последующих партиях.
2. **Влажное масло.** При влажности масла выше 0,1% возможно возникновение проблем при фильтровании. Необходимо отследить причину и откорректировать влажность для ускорения фильтрации последующих партий.
3. **Высокое содержание мыла (свыше 50 мг/кг).** Для устранения этой проблемы необходимо предпринять корректирующие действия на стадиях рафинации, промывки водой или предварительного отбеливания.
4. **Высокое содержание фосфатидов (свыше 4 мг/кг в пересчете на фосфор).** Наличие фосфатидов является следствием проблем, имеющих место на одной из предыдущих стадий — при рафинации.
5. **Избыточное давление на фильтр, создаваемое подающим насосом.** Следует убедиться, что система контроля противодавления работает.
6. **Забитый фильтр.** Необходимо промыть поверхность забитого фильтра.
7. **Неправильное обращение с кристаллами винтеризованного масла.** Не допускаются перекачивание и циркуляция винтеризованного масла больше, чем это необходимо перед фильтрацией. Поврежденные кристаллы следует фильтровать медленно.
8. **Низкая температура загрузки резервуара-охладителя.** Результатом низкой температуры загрузки резервуара-охладителя является неправильное кристал-

лообразование, которое влияет на скорость фильтрации. Следует отрегулировать температуру подачи масла в резервуар-охладитель, чтобы соответствовать установленным требованиям при загрузке.

Проблема: Низкий выход салатного масла

Возможные причины и способы их устранения

1. **Длительное время кристаллообразования или охлаждения.** Затвердевшее масло может удерживать жидкую фазу, тем самым уменьшая выход салатного масла.
2. **Условия гидрогенизации.** Условия гидрогенизации масла, предназначенного для винтеризации и получения салатного масла, должны обеспечивать как можно более низкое образование насыщенных жирных кислот и *транс*-изомеров при уменьшении содержания линоленовой жирной кислоты ($C_{18:3}$). Неселективные условия гидрогенизации (низкая температура, высокое давление и низкая концентрация катализатора) позволяют уменьшить образование насыщенных кислот и *транс*-изомеров.
3. **Низкая температура охлаждения.** Повышение вязкости, вызванное низкой температурой кристаллизации, способствует замедлению роста кристаллов. Эффективность фильтрации зависит от размера кристаллов и количества жидкого масла, удерживаемого внутри матрикса кристалла.

13.2.12. Депарафинизация

Проблема: Низкая скорость фильтрации

Возможные причины и способы их устранения

1. **Температура подсолнечного масла.** Кристаллизация и созревание с образованием устойчивых β -кристаллов требуют постепенного охлаждения масла до 4,4–10,0 °С. Но при такой температуре вязкость масла достаточно высока и не позволяет добиться приемлемой скорости фильтрации. Нагревание до 12,2–13,9 °С увеличивает скорость фильтрации на 60%.
2. **Наличие фосфолипидов.** Перед депарафинизацией необходимо удалить фосфолипиды, поскольку они влияют на образование и устойчивость формирующихся кристаллов, что снижает скорость фильтрации масла. Депарафинизацию следует производить после отбеливания и перед дезодорацией.
3. **Добавление диатомовой земли.** Имеются сведения, что добавление небольшого количества диатомовой земли к холодному подсолнечному маслу увеличивает скорость фильтрации в четыре раза [17].

Проблема: Присутствие воска

Возможные причины и способы их устранения

1. **Подсолнечное масло, полученное из гибридных растений.** Гибридные подсолнухи, которые заменяют свободноопыляемые разновидности, обладают повы-

шенной однородностью растений, урожайностью и сопротивляемостью болезням. В семенах с повышенным содержанием масла доля оболочки меньше, но при этом оболочка содержит больше восков и ее труднее отделить от ядра в процессе извлечения масла. Воски, растворимые в масле при обычной температуре, будут причиной нежелательного помутнения при пониженных температурах. В таких случаях для получения прозрачного подсолнечного масла необходима депарафинизация.

- Использование семян подсолнечника с оболочкой вместо обрушенного сырья.** Содержание восков в подсолнечном масле зависит от способа обработки. Подсолнечное масло из обрушенных семян обычно содержит от 0,011 до 0,015% восков, тогда как в необрушенных содержание этих веществ составляет от 0,06 до 0,09% [17].

13.2.13. Этерификация

Проблема: Высокая цветность

Возможные причины и способы их устранения

- Воздействие воздуха.** Эмульгаторы, получаемые из жиров, должны быть защищены от влияния воздуха в процессе алкоголизма, чтобы предупредить окисление ненасыщенных жирных кислот или α -токоферолов, поскольку эти процессы сопровождаются усилением цвета. Потенциальными источниками воздуха в процессе производства жировых эмульгаторов являются следующие:
 - протечка воздуха в арматуре, расположенной ниже уровня продукта, и в насосе, а также повреждения реакционного резервуара, нагревателя и охладителя;
 - неполная деаэрация реакционной смеси;
 - с подаваемым паром: следует использовать пар, полученный из деаэрированной воды, свободной от кислорода.
- Присутствие катализаторов гидрогенизации.** Саломасы, предназначенные для производства эмульгаторов, не должны содержать остаточных количеств никеля, который ускоряет окисление. Повторно используемый катализатор может вызывать проблемы при фильтровании по двум причинам. Первая из них заключается в том, что свободные жирные кислоты в гидрогенизированном сырье взаимодействуют с никелевым катализатором с образованием никелевых мыл, которые проходят сквозь фильтр. Второй причиной является уменьшение размеров частиц повторно используемого катализатора до такой степени, что они не могут задерживаться на фильтре. В связи с этим для облегчения фильтрации следует использовать только свежий катализатор.
- Дополнительное отбеливание саломаса.** Гидрогенизированные масла требуют дополнительного отбеливания для удаления следов никеля из конечного продукта. Никелевые мыла, образовавшиеся при гидрогенизации, растворяются в масле и остаются после фильтрации. Внесение перед отбеливанием лимонной кислоты в количестве 100 мг/кг связывает остаточный никель в комплексы, что
- Выявление и устранение проблем**
- повышает эффективность фильтрации. Кроме того, саломасы следует направлять на отбеливание, даже если по результатам определения цветности в этой стадии обработки нет необходимости. Нулевое значение перекисного числа, свидетельствующее об удалении вторичных продуктов окисления, также является необходимым требованием при дополнительном отбеливании саломасов, предназначенных для производства эмульгаторов.
- Защитная атмосфера азота.** Даже относительно низкий уровень окисления перед алкоголизмом может значительно уменьшить окислительную стабильность конечного эмульгатора. Для получения качественных продуктов требуется их минимальный контакт с кислородом, что влечет за собой необходимость эффективной защиты жирового сырья для эмульгаторов, включая низкоденные твердые жиры, посредством создания атмосферы азота при хранении или транспортировке.
- Окисление токоферолов.** При окислении α -токоферола образуется интенсивно окрашенный хроман-хинон. Этот процесс ускоряется при повышенной кислотности обрабатываемого масла или эмульгатора на любой стадии их производства.
- Высокая температура выгрузки.** Надлежащее охлаждение во время нахождения эмульгаторов под вакуумом перед контактом с воздухом является необходимым условием окислительной стабильности и устойчивости цвета. Температура выгрузки должна быть как можно ниже при сохранении текучести продукта и его способности к перекачиванию.
- Выбор катализатора.** Практический опыт свидетельствует, что усиление цвета моно- и диглицеридов при использовании гидроксида кальция происходит в меньшей степени, чем с гидроксидом натрия [18].
- Вспомогательный фильтрующий материал.** При фильтрации эмульгаторов следует использовать только нейтральный фильтрующий материал. Модифицированные материалы могут нежелательным образом изменить цвет эмульгатора.
- Присутствие ржавчины.** Оксиды железа растворимы в моноглицеридах и многих других эмульгаторах. Ржавчина, попавшая в продукт с незащищенных от коррозии железных поверхностей, будет придавать эмульгатору более темный цвет [19].
- Высокая цветность сырья.** Перед реакцией необходимо проверить цветность сырья, чтобы убедиться в отсутствии восстановления цвета между дополнительным отбеливанием и поступлением сырья в резервуар для этерификации.
- Неполная нейтрализация.** Присутствие катализатора этерификации способствует образованию красного окрашивания. Полноту нейтрализации катализатора необходимо проверять путем определения содержания мыла или измерения pH. Для стабильности цвета важно поддерживать значение pH ниже 5.
- Реакционный резервуар из нелегированной стали.** Нелегированная (углеродистая) сталь непригодна в качестве материала для реакционного резервуара, поскольку загрязняет продукт мылами железа, придающими продукту темный

оттенок. Рекомендуется использование оборудования и резервуаров из нержавеющей стали [18].

- 13. Контроль pH.** Для обеспечения устойчивости цвета при хранении значение pH в эмульгаторе должно быть ниже 5 [20].

Проблема: Низкое содержание α -моноглицеридов

Возможные причины и способы их устранения

- 1. Обратимость реакции.** Этерификация является обратимой реакцией, особенно в присутствии катализатора при повышенных температурах. Обратная реакция моноглицеридов происходит после завершения реакции перед нейтрализацией катализатора или после нее при неполной нейтрализации. Во время охлаждения перед удалением глицерина его растворимость в жировой фазе снижается, и он отделяется в виде нижнего слоя. Это приводит к сдвигу равновесия и вызывает восстановление количества ди- и триглицеридов. Поэтому нейтрализация катализатора и удаление избытка глицерина являются критическими точками глицеролиза, которые требуют тщательного контроля [18].
- 2. Избыточная перегонка с паром.** В большинстве спецификаций эмульгаторов предельно допустимое содержание свободных жирных кислот составляет от 1,0 до 1,5%, что позволяет останавливать перегонку с паром до уменьшения содержания α -моноглицеридов ниже установленного уровня.
- 3. Высокая температура реакции.** Реакция должна протекать при температуре 175–250 °C. Повышение температуры реакции вызывает образование полиглицеролов и полимеризованных глицеридов, что влияет как на выход моноглицеридов, так и на функциональные свойства эмульгаторов.
- 4. Низкая температура реакции.** Глицеролиз зависит от температуры. Содержание моноглицеридов определяется растворимостью глицерина в масле. Например, при температуре реакции 180 °C можно получить продукт, содержащий не более 45% моноглицеридов.
- 5. Недостаточное количество глицерина.** Для получения продукта с указанным в спецификации содержанием α -моноглицерида необходимо поддерживать установленное содержание глицерина в реакционной смеси. Обычно количество глицерина оказывается недостаточным по двум причинам: неверно добавленное количество и испарение глицерина до реакции. Неверно добавленное количество может быть результатом ошибок при расчетах, неправильной работы насоса, приостановки перекачивания и т. д. Глицерин может испаряться под воздействием высокой температуры, глубокого вакуума или при перегонке с паром во время процесса сушки.
- 6. Низкое содержание катализатора.** Количество участвующего в реакции глицерина зависит от содержания используемого катализатора, следовательно, при низкой дозировке катализатора уменьшается образование моноглицеридов. Низкое количество катализатора может быть результатом ошибок при расчетах, обусловлено более низкой его концентрацией, чем указано в спецификации, ошибками при внесении или неисправностями оборудования, избытком других реагентов и т. д.

7. Неполная нейтрализация катализатора. Присутствие катализатора после окончания реакции повышает возможность протекания обратной реакции. Полноту нейтрализации катализатора необходимо проверять путем определения содержания мыла или измерения pH или обоих этих показателей. Высокое содержание мыла или щелочная реакция свидетельствует о неполной нейтрализации катализатора.

- 8. Внесение кислоты.** Для обеспечения хорошего распределения фосфорную кислоту следует вносить достаточно медленно. Быстрое добавление нейтрализующей кислоты, особенно при слабом перемешивании, приведет к ее оседанию на дно реакционного сосуда, в результате чего она не сможет прореагировать с катализатором. Недостаточная нейтрализация катализатора способствует протеканию обратной реакции при отгонке избытка глицерина, что приводит к снижению содержания активного эмульгатора.
- 9. Недостаточная продолжительность или температура реакции.** Недостаточно высокая температура или продолжительность выдержки способствует неполному протеканию реакции, что приводит к низкому содержанию α -моноглицеридов или эфиров пропиленгликоля (PGME), в зависимости от вида производимого продукта.
- 10. Повторное использование глицерина.** Выход моноглицеридов уменьшается при использовании глицерина, восстановленного после использования в предыдущих партиях. При нейтрализации катализатора фосфорной кислотой образуются фосфаты. При реакции кислоты с катализатором обычно образуется тринатрийфосфат, но избыток кислоты приводит к образованию NaH_2PO_4 и некоторого количества Na_2HPO_4 . Тринатрийфосфат образует кристаллы, которые могут быть легко удалены фильтрованием, тогда как кислые соли не кристаллизуются и остаются в продукте. Для удаления кислых фосфатов фильтрацией или центрифугированием необходимо смешивать остаток после молекулярной перегонки с диатомовой землей [20].

Проблема: Наличие примесей

Возможные причины и способы их устранения

- 1. Наличие фосфатов.** Примеси в виде фосфатов, как правило, обнаруживаются в продуктах, отгруженных потребителю вскоре после изготовления. Результаты исследований показали, что нейтрализация катализатора глицеролиза зависит от времени и температуры. Так, при 177 °C нейтрализация завершается за 10 мин, тогда как при 88 °C требуется затратить от 8 до 12 ч. Эмульгаторы, нейтрализованные при пониженных температурах, могут потребовать дополнительной выдержки перед фильтрацией или проведения повторной фильтрации для удаления всех фосфатов.
- 2. Ранняя подача на хранение.** Во время начального этапа запуска фильтра для удаления фосфатов следует проявлять осторожность и направлять первые порции мутного эмульгатора на повторное фильтрование, поскольку их попадание в емкости для хранения вызовет загрязнение всего объема эмульгатора.

3. **Повреждения фильтра.** Для подтверждения нормальной работы фильтра следует отобрать образцы из потока и представительный образец из общей партии и направить их на анализы. Наличие примесей в любом из образцов указывает на существование неисправностей, которые должны быть устранены перед дальнейшей работой.
4. **Проведение нейтрализации.** На протекание фильтрации влияет вид образованных фосфатов. Наиболее желательно образование тринатрийфосфата, поскольку он образует кристаллы, которые легко удаляются при фильтрации. Однако при избытке фосфорной кислоты, используемой для подкисления, получаются кислые соли: NaH_2PO_4 и Na_2HPO_4 , которые не кристаллизуются, с трудом фильтруются и обычно остаются в продукте во взвешенном виде. Для их удаления предложено использовать диатомовую землю в качестве адсорбента перед фильтрацией [20].

Проблема: Высокое содержание свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

1. **Избыточное внесение кислоты при нейтрализации.** Обычно для нейтрализации щелочного катализатора используется фосфорная кислота. Ее избыточное количество при анализе будет определяться как свободные жирные кислоты, а также будет катализировать дополнительное образование свободных жирных кислот.
2. **Недостаточная отгонка.** Свободные жирные кислоты удаляют перегонкой с водяным паром после окончания реакции. При недостаточной перегонке с паром содержание свободных жирных кислот уменьшится в меньшей степени, чем необходимо. Но следует учитывать, что избыточная перегонка может привести к уменьшению содержания α -моноглицеридов.
3. **Влажные реагенты.** Присутствие влаги в реагирующей смеси вызывает гидролиз, приводящий к образованию свободных жирных кислот. При увеличении количества свободных жирных кислот для достижения требуемых показателей может потребоваться дополнительная перегонка, что может вызвать уменьшение содержания α -моноглицеридов. Влажное сырье или глицерин может получаться при попадании влаги из системы подачи пара или из паропровода в резервуаре для хранения, протечками в охладительном или нагревательном змеевике и т. п. Необходимо выявить и устраниить источник образования влаги и осушить реагенты перед использованием.

13.2.14. Смешивание

Проблема: Снижение устойчивости к окислению

Возможные причины и способы их устранения

1. **Использование мягких саломасов.** Смешивание с неселективно гидрогенизованными мягкими саломасами снижает устойчивость продукта к окислению.

- В рецептуре смесей должны присутствовать только специально разработанные саломасы, обеспечивающие окислительную стабильность конечного продукта.
2. **Превышение допусков рецептуры.** Использование в составе смеси саломасов с показателями, отклоняющимися от указанных в спецификации, влияет на устойчивость готового продукта к окислению.
3. **Использование стеарина салатных масел.** Природные антиоксиданты концентрируются в жидкой фракции винтилизированного или фракционированного продукта, поэтому в стеариновой фракции содержится гораздо меньше антиоксидантов, чем в обычных видах масел.

Проблема: Нормативно-правовые ограничения

Возможные причины и способы их устранения

1. **Требования к маркировке состава продуктов.** Согласно требованиям FDA на этикетке должны быть указаны наименования масел, входящих в состав продукта, в порядке снижения их концентрации. При изменениях рецептуры, превышающих допуски спецификаций, состав смеси может выходить за установленные нормы.
2. **Нормативы пищевой ценности.** Пищевая ценность пищевых жиров и масел рассчитывается по жирнокислотному составу отдельных ингредиентов. В большинстве случаев для готового продукта допустимые отклонения состава устанавливаются на основе колебаний состава компонентов данной рецептуры. Отклонения от рецептуры или использование компонентов, не предусмотренных рецептурой, приводят к получению продуктов, показатели которых отличаются от указанных в нормативах.

Проблема: Отклонение от требуемого содержания ТТГ

Возможные причины и способы их устранения

1. **Смешивание саломасов.** Использование при составлении смеси саломасов, смешанных ранее для достижения соответствующих значений содержания ТТГ, не позволяет получить продукт с такими же свойствами, как при использовании саломаса, гидрогенизированного до достижения требуемых показателей. Как жирнокислотный, так и триглицеридный состав изменяется при каждом смешивании.
2. **Порядок отбора проб.** Перед определением точной температуры плавления смеси жиры и масла должны перемешиваться не менее 20 мин при температуре, на 5,6 °C превышающей температуру плавления смеси. Пробоотборная линия и ее клапан должны быть полностью заполнены отбиаемым продуктом для удаления остатков всех предыдущих партий, контейнер для образца должен быть чистым.
3. **Неправильное закачивание.** Ошибки при перекачивании могут быть обнаружены в первую очередь по высокой или низкой температуре плавления смеси, определенной в ходе анализа. Материальный баланс и проверка переходов про-

дуктов помогают в идентификации состава полученной смеси для определения корректирующих действий.

Проблема: Ухудшение функциональных свойств

Возможные причины и способы их устранения

- Замена компонентов.** При замене жировых компонентов или использовании не указанных в спецификации компонентов продукт может соответствовать установленным физико-химическим показателям, но иметь неудовлетворительные функциональные характеристики. При составлении смеси следует использовать только указанные в рецептуре компоненты. При разработке продукта предусматривается его определенный состав, который согласовывается с заказчиком. Консистенция и функциональные свойства продукта в большей степени зависят от состава, чем от физико-химических показателей. Возможно, продукт будет иметь установленные показатели при составлении смеси по разным рецептограм, но только одна из них обеспечивает достижение требуемых функциональных характеристик.

13.2.15. Дезодорация

Проблема: Высокое содержание свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

- Слабый вакуум.** Необходимо выявить причину недостаточной глубины вакуума и устраниить ее. Для решения данной проблемы следует осмотреть секцию дезодоратора с недостаточным вакуумированием.
- Низкая температура масла.** Следует повысить температуру масла.
- Высокая скорость потока масла.** Увеличить время нахождения масла в дезодораторе путем уменьшения скорости его прохождения.
- Плохое распределение пара.** Очистить парораспределительное устройство.
- Слишком низкое или слишком высокое давление острого пара.** Следует отрегулировать давление пара, уменьшив его в случае слишком высокого давления или очень осторожно увеличив в случае очень низкого.
- Высокое содержание свободных жирных кислот в поступающем масле.** В этом случае необходима рециркуляция масла до достижения заданного содержания свободных жирных кислот. Однако необходимо выявить причины проблемы на предыдущих этапах технологического процесса и устраниить их для предупреждения повторения проблемы в дальнейшем.
- Излишний дренаж корпуса (для полунепрерывного дезодоратора).** Необходимо чаще отводить дистиллят, пока не будет установлена и устранена причина возрастания дренажа корпуса.
- Высокое содержание CO₂ в азоте.** При анализе масла CO₂ определяется как свободные жирные кислоты. Достоверно определить, что именно CO₂ является причиной завышенных результатов, можно путем повторного определения

содержания свободных жирных кислот после удаления всех газов из образца масла вакуумированием. Получение более низкого результата указывает на присутствие CO₂ в качестве примеси к подаваемому азоту или, возможно, на неполадки в работе газогенераторной установки. Возможны два направления корректирующих действий: устранение неполадок газогенераторной установки или закупка жидкого азота.

- Присутствие комплексообразующих кислот.** Обычный уровень содержания комплексообразующих кислот составляет от 50 до 100 мг/кг лимонной или 10 мг/кг фосфорной кислоты. При проведении анализа 22,7 мг/кг лимонной кислоты определяются как 0,01% свободных жирных кислот [21]. Ожидаемое повышение содержания свободных жирных кислот в связи с внесением комплексообразующих кислот должно быть принято во внимание при проектировании оборудования и разработке спецификаций.
- Присутствие антиоксидантов.** Антиоксиданты также вносят вклад в видимое содержание жирных кислот, поскольку применяемые аналитические методы не позволяют различить жирные и минеральные кислоты. Содержание свободных жирных кислот в дезодорированном масле должно быть достаточно низко, чтобы соответствовать спецификации даже с учетом его увеличения за счет антиоксидантов и комплексообразующих кислот.
- Точность приборов.** Следует регулярно проводить техническое обслуживание измерительных приборов, каждый раз калибруя их заново, когда возникает возможность снижения точности измерений.
- Превышение дозировки фосфорной кислоты.** Масла подвергаются обработке кислотой перед отбеливанием и рафинацией для снижения содержания фосфатидов и связывания в комплексы следовых количеств металлов; после дезодорации обработку повторяют также в целях комплексообразования. Обычно используют фосфорную кислоту в связи с ее более низкой стоимостью и большей эффективностью по сравнению с лимонной кислотой. Однако было найдено, что она образует соединения с глицеридами и углеводородами масла, затрудняющая достижение желательного содержания свободных жирных кислот, кроме того, в ее присутствии количество жирных кислот может быстро возрастать во время хранения. В случае использования лимонной кислоты при соблюдении надлежащих режимов обработки указанные процессы не происходят.

Проблема: Потемнение масла

Возможные причины и способы их устранения

- Высокое содержание мыла.** Проблемную партию следует направить на повторное отбеливание и дезодорацию, что позволит удалить мыло и восстановить цвет. Для предупреждения повторного возникновения данной проблемы следует выявить ее причины на предыдущих этапах производственного процесса: при рафинации и предварительном отбеливании.
- Высокое содержание фосфатидов.** Содержание фосфатидов в сырье для дезодорации, превышающее 20 мг/кг, может стать причиной высокой цветности

дезодорированного масла. Фосфатиды необходимо удалить при рафинации и отбеливании до начала дезодорации, поскольку некоторые фосфатиды и их комплексы с металлами не гидратируются при обычных режимах. Данные соединения требуют предварительной обработки фосфорной кислотой для их удаления в процессе гидратации или рафинации. Предварительное отбеливание позволяет удалить оставшиеся после рафинации следы мыла и фосфатидов. Масла, имеющие при поступлении в дезодоратор высокое содержание фосфатидов, после дезодорации будут иметь более темный цвет и характерный рыбный запах. Для «спасения» такого масла требуются отбеливание и повторная дезодорация.

- 3. Способ переработки.** Проблема повышенной цветности в большинстве случаев может быть скорректирована путем повторного проведения отбеливания и дезодорации, или же может потребоваться смешивание с другими партиями, имеющими слабую окраску. В крайних случаях возможна продажа такого масла как некондиционного продукта. Способ переработки следует тщательно рассчитать и оценить до его осуществления.
- 4. Вторичное окисление.** В глубоко окисленных маслах развивается красновато-оранжевое окрашивание, которое быстро устраняется при тепловом отбеливании. Однако для придания маслу устойчивости к окислению и стабильности цвета необходимо удалить продукты вторичного окисления путем отбеливания. При определении причин окисления масла (скорее всего, вследствие аэрации или перегрева) и выборе корректирующих действий основное внимание следует уделять предупреждению постоянного возникновения этой проблемы, наносящей ущерб качеству продукта, и для решения которой требуется дополнительная обработка.
- 5. Присутствие белков.** Животные жиры, содержащие белки, при дезодорации будут темнеть. Для решения данной проблемы требуются более эффективное фильтрование и промывание водой животных жиров. Белки, пригоревшие в дезодораторе, могут быть удалены путем отбеливания.
- 6. Контакт с горячим воздухом.** Для предотвращения окисления, которое сопровождается усилением цвета, в течение дезодорирования жиры и масла должны быть защищены от взаимодействия с воздухом. На этом технологическом этапе возможны следующие источники попадания воздуха в продукт:
 - просачивание воздуха через патрубки, расположенные ниже уровня продукта, через насосы, отверстия в корпусе дезодоратора, обогреватели или охладители;
 - неправильно проведенная деаэрация сырья;
 - острый пар, полученный из воды, которая не прошла деаэрацию, т. е. содержащей кислород.
- 7. Высокая температура разгрузки.** Скорость окисления пищевых масел увеличивается почти вдвое при повышении температуры на каждые 10 °С, поэтому надлежащее охлаждение масла перед выходом из дезодоратора является обязательным условием для достижения устойчивости к окислению, что подтверждается цветом масла, значением перекисного числа и органолептической оценкой.

- 8. Низкая температура дезодорации.** Термическая обработка, которая является необходимой частью дезодорации, способствует отбеливанию масла в результате разрушения каротиноидов, нестабильных при температуре дезодорации. Поскольку каротиноидные пигменты разлагаются и могут быть удалены при температуре около 260 °С, верхний предел обычной температуры дезодорации, находящийся в диапазоне от 200 до 274 °С, обеспечивает протекание желательного отбеливания. Тем не менее, максимальная температура, устанавливаемая в дезодораторе, должна быть ограничена в связи с ее неблагоприятным воздействием на стабильность масла.
- 9. Окисление токоферолов.** При окислении α-токоферола образуется интенсивно окрашенный хроман-хинон. Необходимо выявить возможные причины окисления и устранить их воздействие на последующие партии. Проблемную партию следует подвергнуть повторному отбеливанию для удаления окисленного токоферола и других вторичных продуктов окисления.
- 10. Хранение сырого масла.** Хранение сырого масла в контакте с кислородом воздуха может вызвать окислительную порчу продукта, что в конечном счете отразится на качестве готового масла. Растительные масла, обладающие светлой окраской и с высокой окислительной стабильностью, получают либо переработкой сразу же после извлечения, либо при использовании защитной азотной атмосферы.
- 11. Превышение дозировки фосфорной кислоты.** Масла подвергаются обработке кислотой перед отбеливанием и рафинацией для снижения содержания фосфатидов и связывания в комплексы следовых количеств металлов. Обычно используют фосфорную кислоту в связи с ее более низкой стоимостью и большей эффективностью по сравнению с лимонной кислотой. Однако было найдено, что она образует соединения с глицеридами и углеводородами масла, что приводит к потемнению масла в дезодораторе. Кроме того, усложняется удаление свободных жирных кислот до необходимого уровня, их содержание может быстро возрастать во время хранения. В случае использования лимонной кислоты при соблюдении надлежащих режимов обработки указанные процессы не происходят.

Проблема: Быстрое возрастание перекисного числа после дезодорации

Возможные причины и способы их устранения

- 1. Неверный анализ.** Всю лабораторную посуду необходимо ополаскивать дистиллированной водой для удаления остатков мыла и моющих средств, которые могут вызвать завышенное значение перекисного числа.
- 2. Пребывание на свету.** Хорошо известно негативное воздействие пребывания масла на свету на органолептические показатели пищевых масел. Даже ограниченная выдержка масла при солнечном освещении или под воздействием ультрафиолетового облучения флуоресцентными лампами вызывает увеличение перекисного числа и ухудшение вкусовых характеристик. Для получения достоверных результатов анализа образцы, отобранные на любом этапе процес-

- са, должны быть надежно защищены от воздействия света. Не рекомендуется использовать для хранения образцов прозрачные стеклянные или пластиковые контейнеры.
3. **Мойка резервуаров.** Из резервуаров, использующихся в технологическом процессе, следует полностью удалить все следы мыла и моющих средств, для чего необходимы ополаскивание чистой водой, нейтрализация и смазывание маслом после промывания.
 4. **Внесение комплексообразующих кислот.** Для связывания металлов в комплексы в охлаждающий поддон дезодоратора следует вносить от 30 до 50 мг/кг лимонной кислоты или 10 мг/кг фосфорной кислоты. Проблемы при добавлении кислоты могут возникнуть в связи с поломкой или засорением линии внесения кислоты, а также при опустошении резервуара с кислотой, неправильном приготовлении раствора кислоты, отключении системы и т. п.
 5. **Температура разгрузки дезодоратора.** Следует избегать быстрого окисления дезодорированного масла, контролируя температуру масла на стадии охлаждения перед переходом в атмосферу. Масла с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот следует охлаждать до 38–49 °С. Для продуктов с относительно высокой температурой плавления необходимо повышать температуру разгрузки, однако это повышение должно быть как можно меньше. В температурном интервале от 20 до 60 °С скорость окисления удваивается при возрастании температуры на каждые 15 °С.
 6. **Присутствие продуктов вторичного окисления.** Проблемную партию масла можно исправить повторным отбеливанием с использованием отбеленной глины, после которого требуется повторная дезодорация. Однако необходимо установить причину порчи масла, чтобы избежать повторной обработки последующих партий масла.
 7. **Попадание воздуха.** Следует наладить работу насосов и других возможных источников попадания воздуха в масло после дезодорации.
 8. **Накопление полимеризованного масла.** Возрастание перекисного числа может быть связано с образованием полимеризованного или окисленного масла, которое смешивается с обрабатываемым маслом. Корректирующие действия заключаются в промывании дезодоратора. Для предупреждения данной проблемы следует разработать процедуру регулярного промывания. Дезодоратор следует промывать каждые 6 мес., если он не задействован в непрерывном режиме все 7 дней в неделю, или при отключении энергоснабжения данного участка. В любом случае не допускается работа дезодоратора без промывки дольше 12 мес. [21].
 9. **Окисление на предыдущих этапах.** Очень важно, чтобы окисление предупреждалось на каждой стадии технологического процесса выработки пищевых жиров и масел, поскольку оно отрицательно влияет на качество конечного продукта. Например, было рассчитано, что возрастание перекисного числа всего лишь на 1,2 ммоль О₂/кг при нейтрализации соевого масла после рафинации может вызвать понижение устойчивости дезодорированного масла к окислению на 50% [10]. Свести возможность протекания окислительных процессов к минимуму

можно за счет предупреждения контакта масла с воздухом, удаления примесей металлов-прооксидантов, создания защитной атмосферы азота на всех стадиях или добавления антиоксидантов на начальных стадиях технологического процесса.

Проблема: Высокие потери

Возможные причины и способы их устранения

1. **Избыточная подача пара.** Увеличение подачи барботирующего пара на 15% приводит к двукратному повышению потерь масла за счет увлечения с паром, а увеличение на 35% повышает потери в четыре раза. В связи с этим для контроля потерь масла в дезодораторе необходимо поддерживать подачу пара в надлежащем количестве.
2. **Влажный пар для барботирования.** Следует проверить давление острого пара, используемого в дезодораторе, и убедиться, что оно укладывается в установленные пределы.
3. **Влажное масло.** Необходимо высушить влажное масло перед дезодорацией для контроля потерь масла и оценки его первоначального качества. Для предупреждения возникновения этой проблемы в дальнейшем следует выявить и устранить источник влажности.
4. **Объем загрузки или партии.** Следует убедиться, что загрузка дезодоратора или объем загружаемой партии не превышает его вместимости.
5. **Высокое содержание свободных жирных кислот в исходном сырье.** Необходимо выявить причину этого отклонения на предыдущих этапах процесса, чтобы избежать высоких потерь в последующих партиях.
6. **Подтекание сливных вентилей.** Периодически следует проводить технический осмотр и обслуживание оборудования, а также ремонт подтекающих вентилей, которые могут вызвать неточную запись температуры и переполнение поддона дезодоратора.
7. **Подтекание поддона.** Увеличение дренажа корпуса дезодоратора указывает на подтекание в поддоне и, следовательно, необходимость его ремонта.

Проблема: Загрязнение другими продуктами

Возможные причины и способы их устранения

1. **Смешивание в мерном резервуаре.** Рекомендуется продуть линию подачи сырья в мерный резервуар, затем удалить из резервуара остатки продукта посредством вакуумной системы дезодоратора.
2. **Отсутствие очистки поддонов между партиями продукта (для дезодораторов с поддонами).** Партии сходных продуктов следует разделять одним или двумя пустыми поддонами.
3. **Отсутствие промывания маслом.** При загрузке продукта, отличающегося от предыдущего, следует промыть систему новым продуктом, удаляя при этом как минимум два первых поддона.

- 4. Неправильный отбор образца.** Пробоотборная линия и ее клапан должны быть тщательно промыты тем же продуктом, который планируется взять в качестве образца, чтобы обеспечить удаление всех застывших, окисленных и полимеризованных осадков. Контейнеры для хранения отобранных проб должны быть абсолютно чистыми; все продукты в момент отбора проб должны быть в жидким виде; образец должен иметь обозначение, позволяющее идентифицировать продукт и этап отбора проб, во избежание путаницы образцов.

Проблема: Возвратный привкус исходного сырья в масле

После дезодорации в некоторых маслах возникает неприятный привкус, который не опознается как окисленный. Такой привкус, представляющий собой вкус исходного сырого масла, называют возвратным.

Возможные причины и способы их устранения

- Пребывание на воздухе.** В маслах, содержащих линолевую и линоленовую жирные кислоты, изменения вкуса и запаха происходят при минимальном воздействии воздуха или кислорода в количестве, меньшем 1,0% [22].
- Хранение сырого масла.** Большинство пищевых масел, за исключением хлопкового, лучше сохраняются в сыром виде. Гидратированное сырое соевое масло окисляется быстрее, чем сырое масло, содержащее фосфолипиды. Очевидно, что фосфолипиды в сыром масле являются дополнительными антиоксидантами, помимо таких природных антиоксидантов, как токоферолы.
- Контроль температуры.** Скорость окисления и возвращения вкуса зависит от температуры. Очевидно, что диффузия кислорода в масло и реакции окисления протекают быстрее при более высокой температуре. Скорость окисления увеличивается примерно вдвое на каждые 10 °C повышения температуры. Поэтому обработка масла при температуре, превышающей температуру плавления продукта не более чем на 5 °C, позволяет уменьшить вероятность появления возвратного привкуса.
- Использование атмосферы азота.** Создание атмосферы азота в верхней части каждого резервуара является эффективным способом защиты пищевых масел. Образование пероксидов и нестабильность вкуса можно существенно снизить путем удаления кислорода из масла на любой стадии технологического процесса. Сравнение соевого масла, хранившегося в атмосфере азота и без нее в течение нескольких месяцев, показало намного более быстрое ухудшение вкуса и запаха масла, которое хранилось без защитной атмосферы азота.
- Удаление фосфатидов.** Наличие остаточных фосфатидов способствует появлению неприятных запахов и привкусов, а также ухудшению цвета. Некоторые фосфолипиды и их комплексы с металлами не гидратируются обычным способом. Для удаления этих комплексов при гидратации или рафинации требуется предварительная обработка фосфорной кислотой. Процесс предварительного отбеливания позволяет удалить следы мыла и фосфатидов, оставшихся после рафинации. В дезодорированном масле проблемы возникают в том случае, когда содержание фосфатидов в исходном сырье превышает 20 мг/кг.

- Фильтрование отбеленных глин.** Большое значение имеет полное удаление отбеленных глин из масла, поскольку оставшиеся глины могут выступать в качестве прооксидантов. На этапе отбеливания следует строго контролировать процесс путем определения примесей в фильтрате. В отбеленном масле, поступающем на хранение или на следующую стадию технологического процесса, необходимо гарантировать отсутствие фильтруемых примесей, способных уменьшать окислительную стабильность.
- Отбеливание под вакуумом.** Основная функция процесса отбеливания заключается в удалении пероксидов и вторичных продуктов окисления. Помимо этого, при отбеливании происходят очистка от следов мыла и фосфатидов, оставшихся после этапа рафинации, и адсорбция пигментов. Отбеливание под вакуумом более эффективно по сравнению с отбеливанием при атмосферном давлении. Оно требует меньшей дозировки отбеленных глин и протекает при более низкой температуре, что сводит окисление к минимуму за счет уменьшения продолжительности пребывания на воздухе и охлаждения масла перед переходом к атмосферным условиям [23].
- Высокое значение перекисного числа перед дезодорацией.** Вопреки распространенному мнению, лишь незначительная часть продуктов окисления удаляется при дезодорации. Их существенное удаление возможно лишь в процессе отбеливания. Во время дезодорации завершается термическое разложение пероксидов, но скорость их образования в масле в ходе последующего хранения возрастает, в результате чего органолептические показатели масла в конечном счете ухудшаются. В случае возрастания перекисного числа для достижения стабильности вкуса и запаха может понадобиться дополнительное отбеливание перед дезодорацией [23].
- Температура дезодоратора.** Обычно дезодорирование протекает в интервале температур от 200 до 274 °C. Степень дезодорирования зависит от температуры и времени: при более низкой температуре для достижения желательных показателей требуется большее время, а при более высокой температуре — меньшее. Несмотря на то что повышение температуры оказывает благоприятный эффект на эффективность дезодорации, оно же отрицательно сказывается на стабильности вкуса и запаха. При температуре дезодорации 240 °C в готовом масле содержится в два раза больше токоферолов, чем при 275 °C, следовательно, для сохранения стабильности температура дезодорации должна быть как можно ниже.
- Уменьшение подачи острого пара.** Невозможность изготовления масла приемлемого качества даже при нормальных показателях температуры дезодоратора, глубины вакуума и скорости подачи сырья может быть вызвана снижением или ограничением подачи острого пара. Может возникнуть необходимость в повторном рассверливании отверстий в парораспределительном устройстве, если их промывка не решила данной проблемы.
- Устранение контакта с воздухом.** Жиры и масла необходимо защищать от контакта с воздухом на протяжении всего процесса дезодорации. При температуре дезодорации масло быстро реагирует с кислородом, что приводит к ухудшению

органолептических показателей и снижению окислительной стабильности. Возможными источниками воздуха могут быть:

- просачивание воздуха через патрубки, расположенные ниже уровня продукта, через насосы, отверстия в корпусе дезодоратора, обогреватели или охладители;
- неправильно проведенная деаэрация сырья;
- острый пар, полученный из воды, которая не прошла деаэрацию, т. е. содержащей кислород.

12. Внесение комплексообразующих добавок. Внесение лимонной (0,005–0,01% от массы масла) или фосфорной кислоты (0,001% от массы масла) перед дезодорацией или после нее способствует снижению окисления или появления обратного привкуса. Кислоты связывают и тем самым инактивируют остаточные количества металлов, особенно железа и меди, которые могут присутствовать в сыром масле или накапливаться в нем во время обработки. Данные кислоты быстро разлагаются при температуре 150 °C. Обычно кислоты добавляют на стадии охлаждения в дезодораторе, во время отбеливания или перед щелочной рафинацией. Избыточное количество фосфорной кислоты приводит к появлению арбузного или огуречного привкуса, даже при высокой устойчивости к окислению.

13. Замещение антиоксидантов. Жиры и масла устойчивы по отношению к окислению до тех пор, пока не разрушены антиоксиданты в течение индукционного периода или протекания окисления с низкой скоростью. Сразу после прекращения действия антиоксидантов, обрывающих процесс появления свободных радикалов, возрастает скорость образования пероксидов. Замещение разложившихся антиоксидантов токоферолом или синтетическими соединениями позволяет значительно улучшить устойчивость масла к окислению.

14. Пребывание на свету. Хорошо известно негативное воздействие пребывания масла на свету на органолептические показатели пищевых масел. Даже ограниченная выдержка масла при солнечном освещении или под воздействием ультрафиолетового облучения флуоресцентными лампами вызывает увеличение перекисного числа и ухудшение вкусовых характеристик. Для получения достоверных результатов анализа образцы, отобранные на любом этапе процесса, должны быть надежно защищены от воздействия света. Не рекомендуется использовать для хранения образцов прозрачные стеклянные или пластиковые контейнеры.

15. Смешивание сырья перед дезодорацией. Шортенинги, маргарины и некоторые салатные масла получают путем смешивания двух и более саломасов или масел для достижения заданных характеристик продукта. Смешивание этих видов жирового сырья перед дезодорацией, а не после нее, позволяет существенно снизить затраты на обработку и хранение дезодорированного масла. Кроме того, контроль процесса дает возможность выявить снижение качества продукта при случайном нарушении технологических режимов. Данная практика позволяет провести отбеливание продукта перед дезодорацией в случае необходимости удаления продуктов вторичного окисления.

16. Обработка технической водой. Примеси, содержащиеся в технической воде, могут исказить результаты органолептических испытаний.

Проблема: Недостаточная глубина вакуума в дезодораторе

Возможные причины и способы их устранения

1. Попадание воздуха. Проверка того, что в систему не просачивается воздух, может быть выполнена при помощи теста на падение вакуума. Данный тест выполняется при перекрытой подаче масла и закрытом клапане разгрузочной линии посредством быстрого отключения подачи пара и воды в вакуумную систему. В этот момент возможно быстрое падение вакуума, однако затем остаточное давление должно установиться около некоторого значения. Результат теста считается положительным, если это значение не превышает 500 мм рт. ст. Далее остаточное давление следует отмечать каждый час, чтобы определить укладывается ли уменьшение вакуума в пределы, установленные производителем дезодоратора. В случае превышения этих пределов следует проверить все соединения труб, клапаны, вентили и уплотнения оборудования. Если потери вакуума после всех предпринятых мер не прекратились, следует установить источник утечки по одной из следующих методик.

- **Определение утечки обмыливанием.** Местоположение крупных утечек можно установить путем обмазывания всех возможных источников утечек водным раствором мыла в то время, когда система находится под давлением воздуха 1,3 бар. В месте утечки будут появляться пузыри. Следует отметить место утечки, сбросить давление, продуть систему воздухом, отремонтировать место утечки, вернуть инструменты и оборудование в прежнее состояние, а затем повторить тест на падение вакуума для проверки соответствия степени снижения вакуума установленным пределам. Если снижение вакуума по-прежнему превышает норму, менее значительные утечки можно обнаружить методом, приведенным ниже.

- **Испытание аммиаком и диоксидом серы.** Для подготовки системы необходимо закрыть все клапаны, краны, выпускные трубы, отсоединить манометр, после чего впустить в систему аммиак до достижения давления 0,3 бар и повысить давление до 1,3 бар при помощи сжатого воздуха. Далее систему проверяют путем обдувания тонкой струей диоксида серы всех возможных мест утечки. Образование белых паров указывает место утечки. Следует отметить места утечек, сбросить давление, продуть систему, затем произвести ремонт для устранения утечек [21].

2. Высокая температура охлаждающей воды в конденсаторе. При проектировании системы рециркуляции воды вакуумной системы через охлаждающую колонну для расчетов используют такой параметр, как средняя температура влажного шарика термометра. Охлаждающая колонна будет охлаждать воду до температуры, примерно равной показаниям влажного термометра. В норме температура влажного термометра и соответствующая температура воды в летние месяцы не должна различаться более чем на 1,0 °C, тем не менее качество масла

требует тщательного контроля в теплое время года, когда теплая охлаждающая вода в конденсаторе препятствует созданию требуемой глубины вакуума.

3. Другие эксплуатационные проблемы. Помимо уже рассмотренных причин, могут иметь место еще две другие:

- низкое давление пара или влажный рабочий пар эжекторов;
- недостаточное охлаждение водой в конденсаторах в результате различных неполадок.

Устранение обоих указанных обстоятельств требует надлежащего технического обслуживания или, по крайней мере, обследования оборудования в целях выявления источника проблемы, выбора корректирующих действий и осуществления профилактических мер.

4. Обеспечение вакуума. Если причиной недостаточной глубины вакуума не являются эксплуатационные проблемы, необходимо проверить на износ сопла для подачи пара, конденсаторы и патрубки. Замена изношенных деталей или внедрение программ профилактического технического обслуживания и регулярного осмотра вакуумной системы могут помочь решить проблемы, связанные с недостаточно глубоким вакуумом.

Проблема: Плохое функционирование пароэжекторных вакуум-насосов

Возможные причины и способы их устранения

1. Низкое давление пара. Причиной снижения давления пара может послужить забивание паровых фильтров или дисковых диафрагм трубной накипью или ее осаждение, а также неправильное функционирование сопла подачи пара или низкое давление в паровом котле. Для определения истинного рабочего давления манометр должен быть установлен близко к входному патрубку пароэжектора.

2. Сопло подачи пара. Кроме возможного забивания сопла трубной накипью или грязью, в горловине сопла может образовываться осадок за счет примесей, содержащихся в паре. В этом случае необходимо очистить сопло при помощи расширителя отверстий подходящего размера или сверла, не повреждая при этом внутреннюю поверхность.

3. Недостаточное охлаждение водой. Следует измерять температуру воды на входе и выходе из пароэжектора. При отсутствии чрезмерного подъема температуры и при достаточной подаче охлаждающей воды необходимо искать другую причину проблемы.

4. Высокое противодавление на выходе из эжектора. Необходимо измерить давление на выходе смеси паров из конечной ступени. Избыточное давление указывает на неполадки в работе трубопровода.

5. Износ сопла и диффузора. Воздействие влажного пара, а также едких газов и паров на эжекторы вызывает преждевременный износ и повреждение поверхности стенок. Рекомендуется проводить регулярные проверки диаметра отверстия диффузора и сопла и сравнение их с первоначальными размерами в целях определения необходимости замены.

13.2.16. Внесение антиоксидантов

Проблема: Недостаточная активность антиоксидантов

Возможные причины и способы их устранения [25–27]

1. Недостаточно равномерное распределение. Проблемы при распределении добавок могут возникать в результате использования неподходящего смесительного оборудования, недостаточно отработанного способа смешивания или сокращения процедуры внесения антиоксиданта. На практике используется несколько способов внесения добавок, один из которых кратко изложен ниже.

- Размер партии должен быть достаточно велик, чтобы обеспечить надлежащее механическое перемешивание, т. е. уровень продукта должен быть выше мешалки, что позволяет эффективно перемешивать содержимое резервуара.
- Температуру продукта следует поддерживать на уровне, превышающем температуру плавления не менее чем на 5,6 °С, но не настолько высоком, чтобы допустить окисление до внесения антиоксидантов.
- Для каждого продукта необходимо выбрать подходящий антиоксидант и определить его оптимальное количество. Для каждой партии продукта следует отвешивать требуемое количество антиоксиданта на лабораторных весах.
- Отмеренное количество антиоксиданта смешивают с небольшой порцией продукта и интенсивно перемешивают до получения суспензии.
- Внесение суспензии в резервуар осуществляется при температуре на 5,6 °С выше точки плавления продукта при его постоянном перемешивании.
- Продолжать перемешивание партии не менее 20 минут, после чего отобрать образцы для исследований.
- Перед фасовкой продукта или отгрузкой его крупной партии обязательно следует получить положительные результаты анализа образца.

2. Перемешивание в резервуаре. Внесение концентрированной смеси антиоксиданта до начала перемешивания приводит к неравномерному распределению антиоксиданта в объеме продукта: содержание антиоксиданта в отдельных образцах может быть достаточно велико, тогда как в основной части партии – мало или же вообще отсутствовать. Подобный способ внесения приводит к недостаточно высокой стабильности большей части продукта, тогда как высокая концентрация антиоксиданта в масле на дне резервуара ухудшает функциональные свойства. Проведение испытаний первой и последней части партии упакованного продукта позволяет выявить эту проблему. При внесении антиоксиданта в транспортную тару после завершения погрузки результаты анализа образца, отобранного после погрузки, могут быть отрицательными.

3. Неправильная дозировка антиоксидантов. Максимальные дозы внесения антиоксидантов регламентированы нормативно-правовыми актами различных ведомств США. Допустимые уровни обычно считаются оптимальными для достижения высокой стабильности. В целом последовательное использование антиоксидантов предупреждает образование возвратного вкуса и запаха. При

более высоких концентрациях значительные количества антиоксиданта расходуются на участие в побочных реакциях, в результате чего не участвуют в процессе обрыва свободорадикальной реакции. В некоторых случаях разложение антиоксидантов может приводить к образованию веществ, являющихся прооксидантами.

- 4. Условия хранения антиоксидантов.** Смеси антиоксидантов, имеющие запатентованный состав, поставляются различными изготовителями. Смеси, закупленные у разных поставщиков, различаются по активности содержащихся ингредиентов, кроме того, в них для растворения антиоксидантов и их хранения до момента использования применяют разные растворители. При неправильном обращении с продуктом могут произойти разложение, кристаллизация или другие изменения компонентов. Большинство смесей антиоксидантов при температуре ниже 0 °С кристаллизуются, но нагревание, необходимое для перевода смеси в жидкое состояние, не оказывает отрицательного воздействия на антиоксидантную активность. Разложение может произойти в результате длительного нагревания смесей антиоксидантов при температуре выше 93,3 °С.
- 5. Неправильный выбор антиоксидантов.** Действие антиоксидантов может существенно различаться в зависимости от вида масла, технологического процесса и условий обработки. Во время разработки продукта следует учитывать тип антиоксиданта или состав используемой смеси. Замена одного антиоксиданта другим недопустима в связи с различиями их функциональных свойств и в особенности — с учетом требований к маркировке.
- В соответствии с законодательными требованиями, при использовании синтетических антиоксидантов каждый из них должен быть указан в списке ингредиентов на этикетке.
- 6. Технологическая стадия внесения.** В процессе обработки пищевых масел, особенно при рафинации, отбеливании и дезодорации, из них удаляются природные и синтетические антиоксиданты. Допускается внесение антиоксидантов на ранних стадиях технологического процесса в целях защиты продукта, но следует помнить, что при дезодорации эти антиоксиданты разрушаются. Таким образом, в случае применения антиоксидантов в целях защиты продукта от окисления при хранении и использовании их следует дополнительно вносить после дезодорации.
- 7. Время внесения.** Антиоксиданты не восстанавливают поврежденные жиры и масла. Фенольные антиоксиданты действуют, замедляя образование свободных радикалов, которое происходит на начальной стадии окисления. Следовательно, момент внесения антиоксидантов имеет большое значение — важно провести эту операцию как можно быстрее после дезодорации, до возможного начала реакции автоокисления.
- 8. Низкое содержание антиоксидантов.** Результаты определения содержания антиоксиданта в конечном продукте могут быть более низкими, чем фактическая дозировка. Содержание антиоксиданта уменьшается, поскольку он взаимодействует с кислородом воздуха прежде, чем кислород начинает реагировать с жирами и маслами.

- 9. Индукционный период.** Промежуток времени, в течение которого происходит относительно медленное окисление, носит название индукционного периода. Антиоксиданты увеличивают индукционный период, но после его окончания они не эффективны. Если окислительный процесс уже начался, он протекает с той же скоростью, как и в отсутствие антиоксидантов.
 - 10. Нарушения на предшествующих стадиях.** Пищевые жиры и масла, в которых протекали процессы глубокого окисления до дезодорации, будут иметь низкую стабильность после этого этапа обработки. Причина заключается в образовании продуктов окисления, не имеющих вкуса и запаха, которые, присутствуя в дезодорированном продукте, инициируют окислительные процессы и способствуют их протеканию. Внесение антиоксидантов в такой продукт будет оказывать незначительное воздействие на окислительную стабильность или не будет иметь никакого эффекта. Антиоксиданты не могут обратить вспять или прекратить процесс автоокисления после протекания его начальных стадий.
 - 11. Токоферолы.** Токоферол, природный антиоксидант, проявляет максимальную эффективность при сравнительно невысоких дозировках, примерно соответствующих его естественному содержанию в растительных маслах. При более высоких концентрациях токоферол действует как прооксидант.
- ### 13.2.17. Загрузка цистерн при транспортировке наливом
- #### Проблема: Примеси
- #### Возможные причины и способы их устранения
- 1. Отсутствие выходного контроля.** Перед началом погрузки следует определять показатели качества в каждом отгружаемом продукте и отправлять на повторное фильтрование те партии, в которых результаты анализа не соответствуют установленным требованиям. Необходимо также проверить предыдущие технологические операции в целях выявления причин появления примесей.
 - 2. Неправильный отбор проб.** После окончания загрузки необходимо отобрать образцы из каждой цистерны (танка), пока продукт находится в жидком виде, чтобы обнаружить проблему до транспортировки. Отбирать образец с поверхности проще, но по нему можно оценить лишь состояние поверхностного слоя масла в емкости. Примеси, как правило, тяжелее масла и быстро опускаются на дно цистерны.
 - 3. Загрязненный пробоотборник или контейнер.** Все приспособления и емкости для отбора проб перед использованием должны быть тщательно очищены, чтобы избежать попадания загрязнений в образец.
 - 4. Отсутствие встроенного фильтра.** Все загрузочные линии следует оснастить встроенными фильтрами, которые позволяют задерживать загрязнения, возникающие за счет осадка полимеризованного масла или накипи на внутренней поверхности трубопроводов.

5. **Отсутствие фильтрующего элемента.** Необходимо установить требующийся элемент. Следует убедиться, что все фильтрующие системы функционируют должным образом.
6. **Отказ от фильтрования.** Следует устранить обводную линию (байпас), проходящую в обход фильтров.
7. **Крупная сетка фильтра.** Для эффективного отделения примесей большинство загрузочных фильтров должны иметь размер пор не более 25 микрон.
8. **Повреждение фильтровального материала.** Необходимо проверить фильтр на отсутствие отверстий и разрывов и заменить его в случае повреждения.
9. **Продув линии, вызывающий повреждение фильтра.** При продувании линии следует использовать отдельный контейнер или другой фильтр, чтобы избежать загрязнения закачиваемого масла в случае повреждения фильтра под давлением азота.
10. **Загрязненный корпус фильтра.** При наличии загрязнений на крышке фильтра они отваливаются и попадают на поверхность фильтра во время его замены, что приводит к загрязнению следующей партии продукта. Поэтому следует очищать и проверять внутреннюю поверхность фильтра при каждой замене фильтра.
11. **Загрязненная автоцистерна.** Перед загрузкой продукции необходимо проверять все цистерны, при обнаружении загрязнений их следует удалить до использования данной емкости.
12. **Открытый люк.** Загрузочный люк следует закрыть для предотвращения попадания насекомых, пыли и других находящихся в воздухе примесей.
13. **Отрезок линии от встроенного фильтра до цистерны.** Установка фильтрующего элемента или «чулка» на конце загрузочной линии позволяет улавливать любой осадок из этой части загрузочной линии. В этом фильтрующем элементе следует использовать безворсовый материал, чтобы избежать загрязнения масла.
14. **Неплотно прилегающие или открытые люки.** Необходимо плотно закрыть все люки, чтобы избежать попадания в продукт примесей из воздуха.

Проблема: Обработка железнодорожных цистерн

Возможные причины и способы их устранения

1. **Очистка.** Цистерны следует очищать и тщательно проверять после очистки и перед очередной загрузкой продукта. Проверка физического состояния внутренней поверхности цистерны необходима для того, чтобы убедиться в чистоте и сухости цистерны, удалении грязи, ржавчины, осадка и других возможных загрязнений.
2. **Остатки мыла.** Чтобы избежать возможного загрязнения загружаемого продукта мылом, все цистерны, обработанные моющими средствами, должны быть тщательно промыты. Определение щелочности промывных вод позволит убедиться в полном удалении мыла при ополаскивании цистерны.
3. **Поврежденные змеевики.** Железнодорожные цистерны оснащены внутренними и внешними змеевиками для нагревания продукта при необходимости.

Внутренние змеевики склонны к повреждениям во время нахождения в пути в результате сотрясений или замерзания при неполном отводе конденсата в холодную погоду. Просачивание масла из выходного отверстия открытого змеевика является признаком повреждения. Подача пара через поврежденный змеевик приводит к попаданию в жировой продукт влаги и других загрязнений из нагревающего элемента. Железнодорожные цистерны оборудованы двумя независимыми нагревательными системами, что позволяет переключаться с поврежденного нагревательного элемента на другой и в большинстве случаев осуществить бесперебойный нагрев во время разгрузки. При каждом возвращении железнодорожной цистерны ее необходимо проверить на отсутствие утечек в змеевике нагревательного элемента путем подачи воздуха под давлением, а также пропустить змеевик для удаления влаги в качестве меры предосторожности против замерзания.

4. **Термоизоляция железнодорожных цистерн.** Железнодорожные цистерны с термоизоляцией оснащены внешним нагревающим элементом, что исключает возникновение проблем при повреждении змеевика, но наличие термоизоляции может вызывать снижение качества в результате сохранения остаточного тепла. Иногда температура загруженного продукта, нагретого при загрузке, может сохраняться больше недели в связи с пониженным теплообменом вне зависимости от внешней температуры. Ускорение процесса окисления при повышенной температуре, отсутствие защитной атмосферы и перемешивание вследствие движения цистерны приводят к повышению цветности продукта в связи с увеличением красного окрашивания, увеличению перекисного числа и ухудшению органолептических показателей. При строгом соблюдении правил обращения с жирами, а именно – повышении их температуры не более чем это необходимо для перекачивания (обычно на 5,6 °C выше температуры плавления продукта), или при осуществлении погрузки другим способом в случае необходимости указанные выше обстоятельства не оказывают влияния на качество продукта.
5. **Наличие примесей.** Даже при очень тщательной и добросовестной проверке чистоты цистерны продукты могут прибывать к месту назначения с недопустимыми примесями. Одним из основных источников этих примесей является внутренний змеевик термоэлемента. Полимеризованное масло, которое скапливается ниже змеевика или в месте его крепления, при нагревании склонно к осаждению в виде хлопьев, что загрязняет исходный продукт. При перекачивании партии поступившего пищевого масла его следует отфильтровать до пункта приема, чтобы удалить как можно больше примесей.
6. **Аэрация.** При осуществлении загрузки не допускается прохождение струи нагретого жидкого продукта через воздух или ее падение с высоты. Желательно, чтобы заполнение цистерны началось со дна, что позволяет избежать разбрызгивания и излишнего контакта масла с воздухом, ускоряющих процессы окисления.
7. **Крышка люка.** При открытии люка для загрузки продукта необходимо предусмотреть временную крышку для отверстия, чтобы предотвратить попадание в емкость насекомых, дождя, пыли или других загрязнений из воздуха во врем-

мя загрузки. Эта крышка также должна защищать продукт от действия прямых солнечных лучей.

8. Порядок разгрузки. Получатель жирового продукта, находящегося в цистерне, должен надлежащим образом подготовить продукт к выгрузке, не допуская снижения его качества. При нагревании необходимо соблюдать два основных требования:

- **Давление пара.** При нагревании очень легко происходит локальный перегрев масла или его пригорание. Избежать появления данной проблемы можно путем ограничения давления пара, не допуская превышения 0,7 бар. При этом давлении температура пара составляет 115,6 °С.
- **Перемешивание.** Перемешивание нагретого продукта следует начать как можно быстрее. Существует два способа перемешивания:
 - циркуляцией расплавленного продукта путем перекачивания из нижнего разгрузочного отверстия обратно в верхний люк цистерны, при этом следует избегать аэрации, для чего рекомендуется удлинить линию не менее чем до половины глубины цистерны;
 - перемешиванием продукта при помощи переносной мешалки, которую следует опустить через верхний люк для погружения в расплавленный продукт.

9. Остатки продукта в цистерне. Все возвращаемые пустые цистерны должны быть осмотрены для проверки полноты выкачивания продукта получателем. Наличие остатка продукта может быть вызвано неполным плавлением, наклоном разгружаемой цистерны, намеренной неполной разгрузкой или другими причинами. Для удаления остатка продукта со дна цистерны может понадобиться резиновый валик, с помощью которого следует направить остаток масла к выходному отверстию. Для расплавления продукта может потребоваться дополнительный нагрев масла с перемешиванием.

10. Назначение цистерны. Каждая цистерна должна быть предназначена для перевозки определенного вида продукта: дезодорированного, недезодорированного или сырого масла. Изменение назначения при переходе от дезодорированного к сырому маслу не представляет никакой проблемы, однако при обратном переходе могут возникнуть проблемы ускоренного окисления и появления примесей в течение нескольких рейсов, несмотря на мойку цистерны с каustической содой. Подобное изменение назначения цистерны для предупреждения проблем с качеством масла может потребовать полной очистки, включая пескоструйную обработку.

11. Инспекция цистерн. Официальный перечень критически важных точек, которые следует проверять перед каждой загрузкой цистерны и после нее, должен включать следующие пункты:

- Все внутренние поверхности должны быть тщательно высушены и очищены от любой грязи, накипи и всех возможных посторонних материалов.
- Необходимо проверить крышку верхнего люка и ее уплотнительную прокладку, чтобы убедиться в их чистоте, отсутствии на них накипи, отсутствии повреждений и в герметичности.

- Вентили и клапаны должны быть в рабочем состоянии, без протечек, должны плотно закрываться.
- Все внешние отверстия должны быть чистыми, закрыты специальными колпаками или другим образом защищены от возможного загрязнения во время транспортирования.
- Верхняя наружная поверхность цистерны должна быть очищена от продукта, грязи и других посторонних материалов как до загрузки, так и после нее.
- Все люки и наружные отверстия должны быть закрыты и опечатаны официально утвержденной пломбой.

13.2.18. Фасовка и упаковка масла

Проблема: Наличие примесей

Возможные причины и способы их устранения

1. **Загрязненные бочки.** Каждая бочка перед заполнением должна быть проверена при освещении для обнаружения ржавчины или других загрязнений.
2. **Загрязненная потребительская тара.** Помимо проверки пустой тары, при поступлении следует провести ее очистку воздухом на линии фасовки.
3. **Поврежденный фильтр.** Анализ представительных образцов и непрерывный визуальный контроль чистоты тары на линии фасовки позволяют избежать излишней переработки. В качестве профилактической меры следует заменять фильтрующий элемент, когда давление на фильтре превысит установленное значение.
4. **Загрязненное оборудование.** Фасовочное оборудование должно все время содержаться в чистоте, чтобы не допустить загрязнения пищевого продукта.

Проблема: Контроль массы

Возможные причины и способы их устранения

1. **Загрязненные весы или разновесы.** Все оборудование следует содержать в чистоте и достаточно часто калибровать, чтобы обеспечивать контроль должным образом. Кроме того, контролер, осуществляющий проверку массы, для выявления проблем, связанных с фасовочным оборудованием, должен использовать отдельное оборудование.
2. **Температура масла.** Колебания температуры масла вызывают излишнее или недостаточное заполнение. Для предупреждения этих колебаний необходимо контролировать температуру при помощи внутреннего теплообменника, поддерживая ее на оптимальном уровне.
3. **Колебания давления в наполнительном патрубке.** Наполнительный патрубок, через который осуществляется подача масла, должен быть чистым. При подаче масла давление должно быть постоянным.
4. **Неправильное тарирование.** Массу пустой тары следует достаточно часто проверять, чтобы убедиться в правильности настроек весов. Нестандартные

контейнеры перед заполнением следует взвесить для более точного определения массы наполненного контейнера.

Проблема: Невыраженный вкус и аромат

Возможные причины и способы их устранения

- Перегрев масла.** Во избежание перегрева масла и для контроля температурного режима хранения масла в резервуарах следует использовать автоматические регуляторы температуры. Температура греющей поверхности не должна превышать 121 °С. Нагрев выше указанной температуры приводит к пригоранию масла и ухудшению качества продукции.
- Аэрация масла.** Следует установить источник попадания воздуха и устраниТЬ неполадки или изменить способ обработки. Попадание воздуха в масло может происходить при перекачивании масла при помощи насосов, при загрузке масла в резервуары, перемешивании, продувке линии сжатым воздухом, при рециркуляции и т. д.
- Пребывание на свету.** Даже незначительное воздействие на масло солнечного света или ультрафиолетового излучения от флуоресцентных ламп вызывает повышение перекисного числа и ухудшение вкуса. На всех стадиях обработки следует избегать воздействия света на масло. Не рекомендуется использовать для хранения образцов или обрабатываемого масла прозрачные стеклянные или пластиковые контейнеры.
- Остатки масла в линии или открытом уравнительном резервуаре.** При остановке процесса необходимо продувать всю линию азотом и полностью сливать продукт из всех уравнительных резервуаров.
- Неправильный отбор проб.** Пробоотборная линия и ее клапан должны быть полностью заполнены продуктом, который отбирают в качестве образца, чтобы обеспечить удаление всех окисленных и полимеризованных осадков. Контейнеры для хранения отобранных проб должны быть абсолютно чистыми.
- Недостаточная очистка фасовочного оборудования.** Очистка фасовочного оборудования должна проводиться тщательно и достаточно часто, чтобы гарантировать полное удаление мыла и других посторонних веществ из зон, которые могут контактировать с продуктом.
- Отсутствие защитной атмосферы азота.** Сразу после дезодорации масла рекомендуется создать азотную защитную атмосферу и сохранять ее в процессе розлива и фасовки продукта, чтобы избежать проникновения кислорода. Кислород растворяется в масле и взаимодействует с ним, вызывая окислительные изменения, что сокращает срок годности продукта.
- Высокое содержание кислорода в незаполненном пространстве.** Для предотвращения чрезмерного окисления до продажи в незаполненном пространстве над упакованным продуктом должно содержаться не более 2% кислорода.
- Отсутствие комплексообразователей.** Перед фильтрованием в дезодорированное масло необходимо внести лимонную или фосфорную кислоту для связывания металлов-прооксидантов.

10. Растворенный кислород. Содержание растворенного кислорода в масле не должно превышать 1,0%. Большее количество растворенного кислорода указывает на отсутствие азотной защиты дезодорированного масла и аэрацию на каком-то этапе перед фасовкой. Растворенный кислород ускоряет окислительные процессы, что вызывает ухудшение органолептических показателей продукта.

11. Смешивание с остатком продукта. Свежий продукт не следует добавлять к остатку предыдущей партии масла. Более старое масло может содержать большее количество продуктов окисления, что ускорит окислительные процессы в свежей партии. При розливе партии ее следует расфасовать полностью, не допуская образования остатка. В противном случае оставшийся продукт должен быть возвращен на переработку при соответствующем контроле.

Проблема: Низкая скорость заполнения

Возможные причины и способы их устранения

- Температура масла.** Скорость заполнения и контроль массы в значительной степени зависят от температуры масла. При температуре масла, превышающей установленные пределы, возможно переполнение тары. Для предотвращения избыточного наполнения следует замедлить процесс наполнения. При розливе холодного масла скорость заполнения можно повысить, поскольку в заполняемой таре остается больше свободного пространства над продуктом и, следовательно, снижается риск выброса струи через край при высокой скорости наполнения. Для контроля температуры заполнения следует использовать встроенный в линию теплообменник, что позволяет добиться оптимального осуществления процесса.

13.2.19. Фасованное жидкое масло. Хранение и транспортировка

Проблема: Мутное масло

Возможные причины и способы их устранения

- Температура хранения.** Хранение масла при низкой температуре вызывает его помутнение. Степень образования твердой фазы зависит от продолжительности выдержки на холде и от устойчивости определенного вида масла к низкой температуре. Те масла, которые не являются натуральными зимними маслами или не подвергались винтилизации и депарафинизации, быстро мутнеют при температуре холодильника (14 °С) и более низкой температуре. В зимние месяцы жидкое масло следует хранить на складе с регулируемой температурой во избежание кристаллизации твердой фракции.
- Температурный режим при транспортировке.** Жидкое масло не следует транспортировать в смешанной загрузке, т. е. совместно с другим продуктом, требующим охлаждения. Кроме того, для предотвращения помутнения жидкого масла в зимние месяцы необходимо использовать автомобильные и железнодорожные цистерны, оборудованные системой регулирования температуры.

3. **Нагревание масла для устранения мутности.** При не очень значительной кристаллизации помутнение жидкого масла может быть устранено путем регулируемого мягкого нагрева. В некоторых случаях при нагревании масло может стать прозрачным, но после охлаждения до комнатной температуры твердые фракции могут снова появиться. В других случаях для расплавления твердых фракций может потребоваться нагрев до более высокой температуры (60°C).
4. **Влажное масло.** Повышенное содержание влаги (от 0,05 до 0,15%) приводит к помутнению масла при температуре холодильника. Во избежание гидролиза и образования мути влажное масло необходимо высушить путем дезодорации или сушки под вакуумом.

13.2.20. Фасовка и упаковка шортенингов

Проблема: Изменение температуры плавления после перекачивания

Возможные причины и способы их устранения

1. **Ошибки при перекачивании.** Перед началом перекачивания рекомендуется продуть линию воздухом или азотом, чтобы гарантировать ее надлежащее заполнение.
2. **Неисправность клапана.** В результате неисправности клапана возможно одновременное поступление на розлив продукта из разных резервуаров. Место расположение неисправного клапана можно легко определить по результатам определения температуры плавления (температуры каплепадения по Меттлеру). Скорее всего, продукт, в котором результаты определения не соответствуют заданным значениям, находится в емкости с неисправным клапаном или же неисправный клапан находится на сообщающемся с этой емкостью участке технологической линии.
3. **Ошибка при идентификации образца.** Следует проверить правильность идентификации продукта путем повторного отбора проб и проведением других анализов, позволяющих идентифицировать продукт или же сравнить записи о перемещениях продуктов. Для предотвращения таких ошибок каждый образец должен быть снабжен этикеткой, позволяющей точно идентифицировать продукт. На ней должны быть указаны номер спецификации, номер партии и резервуара.
4. **Неправильный отбор проб.** Пробоотборная линия и ее клапан должны быть полностью заполнены продуктом, который отбирают в качестве образца, чтобы обеспечить удаление остатков предыдущего продукта. Контейнеры для хранения отобранных проб должны быть абсолютно чистыми. При подозрении в несоответствии образца необходим повторный отбор проб.
5. **Низкая температура в резервуаре.** Перед отбором проб температура продукта должна быть на $5,6^{\circ}\text{C}$ выше его температуры плавления.
6. **Неоднородность продукта.** Шортенинги могут расслаиваться даже при температуре, на $5,6^{\circ}\text{C}$ превышающей температуру плавления. Это может послужить

причиной отбора непредставительных образцов, которые не соответствуют партии продукта в целом. Поэтому до отбора проб необходимо перемешивать продукт не менее 20 мин, обеспечивая его равномерный состав.

7. **Погрешность метода.** Метрологические характеристики метода AOCS Cc 18–80 допускают при определении температуры каплепадения по Меттлеру расхождение результатов, равное $0,7^{\circ}\text{C}$.
8. **Внесение эмульгаторов.** Лецитин, моно- и диглицериды и другие эмульгаторы могут оказывать влияние на значение температуры плавления, что должно быть отражено в спецификации продукта.

Проблема: Повышение перекисного числа

Возможные причины и способы их устранения

1. **Перегрев.** Хранение продукта при высокой температуре перед фасовкой может ускорить окисление. Скорость окисления пищевых масел увеличивается вдвое при возрастании температуры на каждые $11,1^{\circ}\text{C}$. В емкостях для хранения продукта должна поддерживаться температура, не более чем на $5,6^{\circ}\text{C}$ превышающая температуру его плавления. При необычно большом повышении перекисного числа продукт должен быть тщательно проверен перед упаковкой, даже если полученный результат еще укладывается в допустимые значения. Для восстановления окислительной стабильности поврежденного продукта могут понадобиться его повторное отбеливание и дезодорация.
2. **Отсутствие комплексообразователей.** Перед фильтрованием в дезодорированное масло необходимо внести лимонную или фосфорную кислоту для связывания металлов-прооксидантов, которые способствуют увеличению перекисного числа.
3. **Аэрация масла.** Следует установить источник попадания воздуха и устранить неполадки или изменить способ обработки.
4. **Неправильный отбор проб.** Пробоотборную линию и ее клапан следует тщательно промыть продуктом, который отбирают в качестве образца, чтобы обеспечить удаление окисленных и полимеризованных остатков предыдущего образца. Кроме того, контейнеры для хранения отобранных проб не должны содержать следов мыла и моющих средств.
5. **Пребывание на свету.** Даже незначительное воздействие на масло солнечного света или ультрафиолетового излучения от флуоресцентных ламп может вызвать повышение перекисного числа и ухудшение вкуса. Образцы, предназначенные для определения показателей качества продукта, должны быть защищены от света, что позволит предупредить получение неточных результатов. Не допускается использовать для хранения образцов прозрачные или открытые контейнеры.
6. **Вторичное окисление.** Резкое повышение перекисного числа в сочетании с появлением оранжевой окраски может являться результатом вторичного окисления. Причина этой проблемы, скорее всего, заключается в перегреве, который мог иметь место одновременно с аэрацией на предыдущих стадиях технологи-

ческого процесса после отбеливания. Для улучшения качества такого продукта можно провести его повторное отбеливание и дезодорацию, но вполне вероятно, что окислительная стабильность масла не восстановится до первоначального уровня.

7. **Загрязненная стеклянная посуда.** В присутствии мыла или моющих средств результаты определения перекисного числа могут быть завышены. Всю лабораторную посуду, включая контейнеры для образцов, следует тщательно ополаскивать дистиллированной водой для удаления пленки мыла с поверхности. При получении высоких значений перекисного числа определение необходимо провести повторно, особенно если результаты анализа других образцов также выше обычного.
8. **Качество реагентов.** При наличии этой проблемы испытания всех продуктов на данном участке будут давать завышенные результаты определения перекисного числа. Убедиться в плохом качестве реагентов можно путем их замены на новую партию или при проведении параллельного определения в другой лаборатории.
9. **Локальный перегрев.** Для предупреждения локального перегрева шортенинга в емкостях для хранения необходимо обеспечить его хорошее перемешивание. При проведении нагрева с использованием глухого пара без перемешивания возникает локальный перегрев масла вблизи змеевика, хотя при этом общая температура растет медленно. Разложение масла в результате локального перегрева вблизи змеевика оказывает влияние на стабильность продукта во всей емкости.
10. **Температура нагревающего элемента.** Температура поверхности нагревательного оборудования не должна превышать 121 °С. Воздействие более высоких температур приводит к подгоранию продукта и ухудшению его качества.

Проблема: Увеличение содержания свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

1. **Неправильный отбор проб.** Пробоотборную линию и ее клапан следует тщательно промыть продуктом, который отбирают в качестве образца, чтобы обеспечить удаление остатков предыдущего образца, который мог иметь высокое содержание свободных жирных кислот, обусловленное присутствием эмульгаторов или некоторыми другими причинами.
2. **Присутствие антиоксидантов.** Внесение смесей антиоксидантов приводит к повышению содержания свободных жирных кислот в продукте. При разработке спецификации продукта следует учитывать это повышение и допускать более высокое содержание свободных жирных кислот после введения добавок. Если максимально допустимое содержание свободных жирных кислот в конечном продукте не может быть повышенено в связи с его функциональными свойствами или требованиями заказчика, следует установить более жесткие требования к маслу на выходе из дезодоратора.
3. **Присутствие красителей.** Высокая цветность масел затрудняет визуальное определение конечной точки титрования при определении свободных жирных

кислот. В этом случае следует либо допустить более высокий результат, либо проводить заключительный анализ до внесения красителей.

4. **Присутствие эмульгаторов.** Содержание свободных жирных кислот в большинстве эмульгаторов значительно превышает 0,05% — максимально допустимый уровень, обычно указанный в спецификациях шортенингов, не содержащих эмульгаторы. При утверждении пределов допустимых значений в спецификациях продукта необходимо принимать во внимание дозировку добавок и их влияние на рассматриваемый показатель. Степень повышения содержания свободных жирных кислот можно также использовать в качестве показателя количества добавленного эмульгатора до получения результатов определения эмульгаторов.
5. **Ошибка при идентификации образца.** Высокое содержание свободных жирных кислот может быть следствием того, что или образцы, или их этикетки были перепутаны. Для предотвращения таких ошибок каждый образец должен быть снабжен этикеткой, позволяющей точно идентифицировать продукт. На ней должны быть указаны номер спецификации, номер партии и резервуара. Тем не менее, любой сомнительный образец должен быть повторно отобран и проанализирован.
6. **Присутствие углекислого газа в азоте.** Углекислый газ (диоксид углерода, CO₂) может быть причиной завышенных результатов определения содержания свободных жирных кислот. Достоверно определить, что именно CO₂ является причиной завышенных результатов, можно путем повторного определения содержания свободных жирных кислот после удаления всех газов из образца масла вакуумированием. Получение нормального результата в деаэрированном образце указывает на присутствие CO₂ в азоте. Необходимо найти источник попадания CO₂ в азот и устраниить его.
7. **Влажное масло.** Одной из причин возрастания количества свободных жирных кислот является гидролиз. Влага в масле естественным образом ускоряет эту реакцию. Поэтому все масложировые продукты при фасовке должны быть «сухими».
8. **Ошибки при перекачивании.** Отклонение результата определения содержания свободных жирных кислот от нормы может быть следствием либо перемещения продукта не в ту емкость, либо непреднамеренного смешивания продуктов, например, при неисправном клапане. Понижение содержания свободных жирных кислот после перемещения продукта должно привлечь такое же внимание, как и увеличение, поскольку любое изменение может служить признаком проблемы, требующей решения.
9. **Избыток комплексообразователей.** Лимонная и фосфорная кислоты могут катализировать образование свободных жирных кислот в случае их добавления в избыточном количестве: более 50 мг/кг лимонной кислоты и более 10 мг/кг фосфорной. Для предотвращения нежелательного воздействия комплексообразующих кислот их внесение после дезодорации следует тщательно контролировать.

Проблема: Повышение интенсивности цвета

Возможные причины и способы их устранения

- Перегрев.** Хранение шортенинга при высокой температуре перед упаковкой ускоряет его окисление и сопутствующее усиление окраски. Скорость окисления пищевых масел по меньшей мере удваивается при повышении температуры на каждые 15 °С в интервале от 20 до 60 °С. В емкостях для хранения продукта должна поддерживаться температура, не более чем на 5,6 °С превышающая температуру его плавления. Усиление цвета следует тщательно рассмотреть до упаковки продукта, даже если полученный результат еще укладывается в допустимые значения. Для восстановления окислительной стабильности поврежденного продукта могут понадобиться его повторное отбеливание и дезодорация.
- Внесение красителя.** Красители, внесенные в шортенинг как целенаправленно, так и по ошибке, будут увеличивать результаты определения цветности. При отсутствии красителя в рецептуре испытуемого продукта он был, скорее всего, добавлен в емкость по ошибке. Обычно красители удаляются при термическом отбеливании во время дезодорации, но в некоторых случаях требуется дополнительное отбеливание.
- Внесение интенсивно окрашенного эмульгатора.** Многие эмульгаторы имеют более темный цвет, чем дезодорированный шортенинг. Поэтому при разработке пределов допустимых значений цветности необходимо принимать во внимание возможное усиление окраски шортенинга, содержащего эмульгаторы.
- Аэрация масла.** Вызванное аэрацией масложировых продуктов окисление проявляет себя не только в повышении перекисного числа и ухудшении вкуса и запаха, но и в образовании более интенсивной красной окраски. Необходимо выявить возможные повреждения оборудования и отклонения от установленного порядка обработки и устраниить их.
- Вторичное окисление.** Появление оранжевой окраски наряду с высоким перекисным числом может быть признаком окислительной порчи продукта. Окисление могло произойти в результате перегрева или аэрации на предыдущих стадиях технологического процесса после отбеливания. Улучшить качество такого продукта можно путем его повторного отбеливания с использованием отбеленных глин для удаления продуктов вторичного окисления. Но, скорее всего, окислительная стабильность продукта не восстановится до первоначального уровня.
- Ошибка при идентификации образца.** Допустимые пределы цветности отдельных продуктов могут значительно различаться в зависимости от входящих в их состав масел и добавок и от других обстоятельств. В связи с этим ошибки при идентификации образца могут привести к тому, что продукт будет признан несоответствующим установленным нормам, тогда как когда на самом деле он им соответствует. Возможна и обратная ситуация. Для предотвращения таких ошибок каждый образец должен быть снабжен этикеткой, позволяющей точно идентифицировать продукт. На ней должны быть указаны номер спецификации, номер партии и резервуара.

- Присутствие эмульгаторов в шортенингах.** Оксиды железа растворимы в моноглицеридах и многих других эмульгаторах. Ржавчина с оборудования из нелегированной стали быстрее абсорбируется шортенингами, содержащими эмульгаторы, что влияет на цвет продукта и его устойчивость к окислению. Для предотвращения образования ржавчины темные железные поверхности должны быть всегда покрыты пленкой масла [19].
- Ошибки при перекачивании.** Изменение цвета продукта может указывать на ошибку при перекачивании, если направленные на фасовку продукты значительно различаются по цвету. Необходимо выверить расположение насосов для перекачивания масла путем продувки воздухом участка от места подачи до напитательной емкости перед перекачиванием продукта.
- Неправильный отбор проб.** Пробоотборную линию и ее клапан следует тщательно промыть продуктом, который отбирают в качестве образца, перед отбором образца в чистый контейнер. Внутри линии и клапана могут находиться окисленные и полимеризованные остатки предыдущего образца, что приводит к отбору непредставительного образца. При появлении сомнений в правильности отбора проб следует провести испытания на другом образце.
- Мутный образец.** Для получения правильных и воспроизводимых результатов определения цветности образец должен быть полностью расплавлен и прозрачен. Оценка цвета мутных образцов приводит к недостоверным результатам.
- Погрешность определения.** Определение цветности по Ловибонду заключается в сравнении цвета образца с цветом стандартов, представляющих собой набор окрашенных стекол с определенными характеристиками. Этот метод считается субъективным, за исключением случаев использования автоматического тинтometра. Некоторые люди с трудом улавливают различие окраски, что может быть источником ошибочных результатов и кажущихся изменений цвета продукта. Все лаборанты должны пройти тестирование на способность к различению оттенков цвета. Поскольку около 8% мужчин и 0,4% женщин страдают дальтонизмом различной степени, у некоторых лаборантов могут иметь место нарушения цветового зрения [28].
- Отсутствие комплексообразователей.** Сразу после дезодорации в масло необходимо внести лимонную или фосфорную кислоту для связывания металлов-прооксидантов, ускоряющих процессы окисления в масложировых продуктах. Усиление цвета и повышение перекисного числа указывают на протекание процессов окисления.
- Локальный перегрев.** Для предупреждения локального перегрева шортенинга в емкостях для хранения необходимо обеспечить его хорошее перемешивание. При проведении нагрева с использованием глухого пара без перемешивания возникает локальный перегрев масла вблизи змеевика, хотя при этом общая температура растет медленно. Разложение масла в результате локального перегрева оказывает влияние на стабильность продукта во всей емкости, что может привести к усилению окраски и повышению перекисного числа.

Проблема: Влажное масло

Возможные причины и способы их устранения

- Протечки змеевика.** Охлаждающие и нагревающие змеевики в резервуаре следует регулярно проверять на наличие утечек путем повышения давления, особенно в тех случаях, когда лабораторные анализы выявляют повышенное содержание влаги.
- Продув трубопроводов паром.** Трубопроводы, используемые для твердых жировых продуктов, достаточно часто продувают паром для удаления застывшего продукта. После этого трубы следует тщательно промывать продуктом для полного удаления следов влаги.

Проблема: Консистенция шортенинга

Возможные причины и способы их устранения

- Повышение температуры внутри упаковки.** Повышение температуры в потребительской таре, обусловленное выделением теплоты при кристаллизации, не должно превышать 0,6–1,1 °С. Превышение этого уровня свидетельствует о значительном протекании кристаллизации в статических условиях и может вызвать ряд дефектов готового продукта:
 - более твердую консистенцию, чем требуется;
 - плавление жира в центре упаковки;
 - снижение содержания аэрирующего газа или азота;
 - повторно затвердевшую поверхность;
 - усиление цвета.
 Для устранения этого отклонения следует проверить скорость вращения рабочего вала и время пребывания продукта в обрабатывающей установке (декристаллизаторе).
- Неправильная обработка шортенинга.** Недостаточно интенсивная обработка шортенинга после охлаждения обуславливает его жидкую консистенцию на выходе из заполняющего патрубка, значительное повышение температуры внутри упаковки, слишком быстрое затвердевание и твердую консистенцию готового продукта. Излишняя обработка приводит к образованию шортенинга, который имеет жидкую консистенцию при заполнении, но очень медленно затвердевает при слабом возрастании температуры внутри упаковки. Идеальная степень обработки обычно располагается между этими двумя крайностями, за исключением тех случаев, когда указанные выше особенности являются желательными для определенного продукта.
- Ранняя кристаллизация (прекристаллизация).** О протекании кристаллизации маргарина или пластифицированного шортенинга до подачи в переохладитель (вотатор) свидетельствуют такие дефекты консистенции продукта, как крупнчатость (песчанистость) или комковатость. Причинами начала кристаллизации продукта до подачи на охлаждение могут быть низкая температура в расходном резервуаре, излишне низкая температура предварительного

охлаждения или недостаточное плавление продукта в процессе перемешивания в переохладителе.

- Кристаллизация в упаковке (посткристаллизация).** Проблемы консистенции могут быть вызваны протеканием кристаллизации после того, как продукт покинул охлаждающую установку и заполнил тару. Причиной этого могут быть недостаточные охлаждение или продолжительность кристаллизации, либо недостаточно интенсивная обработка. Значительная кристаллизация, протекающая в упакованном продукте, приводит к его излишне твердой или хрупкой консистенции, низкой способности к намазыванию и обрабатываемости. Время, необходимое переохлажденному жиру для перехода из α - в β' -кристаллическую форму, является временем кристаллизации. Различные масла имеют разную скорость кристаллизации, которая зависит от их триглицеридного состава. Время кристаллизации можно определить путем измерения промежутка времени между охлаждением до температуры кристаллизации и формированием кристаллов. Регулирование производительности вотатора, а также температуры охлаждения и интенсивности обработки является основным способом контроля посткристаллизации.

Проблема: Дефекты пластифицированных шортенингов

Возможные причины и способы их устранения

- Мраморность.** Образование прожилок другого цвета в пластифицированном жире может быть вызвано:
 - излишним охлаждением при данном рабочем противодавлении;
 - неравномерным распределением аэрирующего газа;
 - неравномерным протеканием продукта (проскальзыванием), которое позволяет полужидкому маслу проходить через переохладитель без надлежащего охлаждения;
 - смешиванием потоков из разных охлаждающих установок (вотаторов), работающих при различных температурах;
 - перепадами давления в вотаторе;
 - низкой температурой сырья, при которой возможна прекристаллизация;
 - низким давлением в фасовочном автомате, в результате чего возможны потери аэрирующего газа.
- Крупнчатость (песчанистость).** Образование мелких твердых частиц размером с песчинку или более может быть вызвано слишком низкой температурой вотатора или прекристаллизацией продукта до его поступления в вотатор. При образовании более крупных, полупрозрачных, твердых частиц этот дефект консистенции называют комковатостью.
- Слоистость.** Чередование тонких слоев твердого и мягкого продукта, которое описывают как поверхность, похожую на грубый вельвет, является признаком слоистости шортенинга. Этот дефект может быть обусловлен одной из следующих причин:
 - слишком низкая температура вотатора в сочетании с низким давлением;

- смешивание потоков из разных вататоров, работающих при различных температурах;
 - слишком низкая температура фасовки, что вызывает образование высокой «горки» в упаковке.
- 4. Рыхлость.** Причина образования мягкого пластифицированного шортенинга с большими воздушными порами или пустотами, придающими продукту очень низкую устойчивость при воздействии, заключается в высоком содержании аэрирующего газа. Другой причиной является слишком низкое противодавление, недостаточное для равномерного распределения воздушных полостей. Возможно сочетание этих двух отклонений от нормального режима работы.
- 5. Крошлисть.** Крошлисть и хрупкость шортенинга возникают в результате следующих отклонений:
- повышенная температура вататора;
 - отсутствие обработки после переохлаждения, либо недостаточная ее интенсивность;
 - слишком узкий интервал пластичности жировой основы продукта;
 - низкое содержание аэрирующего газа.
- 6. Серый цвет расфасованного шортенинга.** Изменения в кристаллической структуре, происходящие в случае выдержки шортенинга при высокой температуре, могут вызвать появление серого оттенка уже расфасованного продукта.
- 7. Отделение жидкого масла.** Причинами отделения жидкой фазы в пластифицированном шортенинге могут быть:
- слишком высокая температура охлаждения;
 - прекристаллизация продукта до его поступления в вататор;
 - нарушения температурного режима после фасовки;
 - наличие в рецептуре шортенинга саломасов или масел, кристаллизующихся в нежелательной полиморфной форме;
 - слишком низкое противодавление в вататоре и фасовочном автомате.
- 8. Мучнистость.** Тусклая поверхность, белый цвет продукта наблюдаются при слишком высоком содержании аэрирующего газа.
- 9. Мажущаяся консистенция.** Желтоватый, прозрачный, засаленный продукт, как правило, получается при упаковке без аэрирующего газа. Такой продукт характеризуют как засаленный или обладающий мажущейся консистенцией.
- 10. Пятна.** Видимые пятна будут обнаруживаться в готовом шортенинге при наличии загрязнений в емкости для хранения или при неисправности встроенного фильтра. Кроме того, нагревание с использованием пламени «застывшей» линии, содержащей затвердевший продукт, вызовет полимеризацию и обугливание жира, частицы которого могут довольно долго загрязнять продукт.
- 11. Резинистая консистенция лярда.** Темперирование топленого свиного жира при температуре от 21 до 30 °C в течение 48 ч приводит к образованию пластичной, резинистой консистенции. Быстрое охлаждение жира сразу после фасовки способствует формированию плохо структурированной, ломкой консистенции.
- 12. Темный цвет.** Белый цвет пластифицированного шортенинга зависит от количества аэрирующего газа и степени его диспергирования. Однако повышение

содержания аэрирующего газа фактически не сказывается на масле, которое имело темный цвет до пластификации.

- 13. Излишне мягкая консистенция.** Получение излишне мягкого продукта может быть следствием следующих отклонений:
- низкая температура на выходе из вататора;
 - более низкое содержание ТТГ, чем указано в спецификации;
 - неправильный состав;
 - смешивание с другим продуктом;
 - излишняя обработка после переохлаждения.
- 14. Излишне твердая консистенция.** Излишне твердая консистенция пластифицированного шортенинга может быть вызвана следующими причинами:
- высокая температура на выходе из вататора;
 - более высокое содержание ТТГ, чем указано в спецификации;
 - неправильный состав;
 - смешивание с другим продуктом;
 - недостаточная обработка после переохлаждения, что подтверждается возрастанием температуры внутри упаковки более чем на 1,1 °C.
- 15. Внешний вид в целом.** Для того чтобы пластифицированный продукт выглядел белее, обычно используют синий пластиковый вкладыш. При использовании вкладышей другого цвета изменяется визуальное восприятие, и шортенинг кажется менее белым.
- 16. Неполная или переполненная потребительская тара.** Причиной этого дефекта может быть неправильная или неравномерная подача аэрирующего газа при условии надлежащего весового контроля.
- 17. Слабое перемешивание.** Поскольку гидрофильные поверхностно-активные вещества нерастворимы в жирах, они могут находиться в жирах и маслах только в диспергированном состоянии. Без постоянного и достаточно интенсивного перемешивания эти эмульгаторы будут отделяться от жидкого масла. По этой причине их следует вносить непосредственно перед пластификацией. Неравномерное распределение также будет приводить к появлению неприятного вкуса (обычно сладковато-горького) в части пластифицированного шортенинга.
- ### 13.2.21. Жидкие непрозрачные шортенинги
- Проблема: Разделение фаз**
- Возможные причины и способы их устранения**
- 1. Аэрация.** Введение воздуха в жидкий шортенинг способствует расслоению продукта и осаждению твердой фазы. При изучении процесса хранения шортенингов было выявлено, что суспензия обладает стабильностью при содержании воздуха ниже 1,0%. Возможны следующие пути попадания воздуха в жидкий шортенинг в ходе производства:
 - подсос воздуха в насосах;
 - перемешивание с образованием вихрей, вовлекающих воздух в продукт;

- отсутствие давления в фасовочном автомате;
 - свободное падение продукта в резервуар или тару;
 - отсутствие процесса деаэрации.
2. **Высокая температура.** Воздействие на продукт температур выше 35 °С приводит к частичному или полному плавлению взвешенных твердых веществ, что вызывает последующее расслоение. Для восстановления шортенинга до исходного состояния и получения непрозрачного, кремообразного, текучего продукта требуется его полное расплавление и повторное проведение процесса кристаллизации.

Проблема: Повышенная вязкость продукта

Возможные причины и способы их устранения

1. **Твердые жиры в β' -кристаллической форме.** Мелкие игольчатые β' -кристаллы образуют плотно упакованные, тонкозернистые структуры, что вызывает загущение продукта. Большие, грубые, самоокклюдирующиеся β' -кристаллы придают жидким шортенингам желательную консистенцию.
2. **Низкая температура.** Жидкие непрозрачные шортенинги затвердевают при температурах хранения ниже 18 °С с потерей текучести. Такое затвердевание и потеря текучести могут быть обращены вспять путем регулируемого нагревания, не превышающего температуры плавления продукта.
3. **Высокое содержание воздуха.** Содержание воздуха около 1,0% может быть причиной загущения жидких шортенингов и их разделения на фракции. При выявлении высокого содержания воздуха в ходе контроля качества необходимо предпринять немедленные действия по установлению источника аэрации и его устранения в целях предотвращения повторения этой проблемы в последующих партиях. Проблемную партию жидкого жира необходимо расплавить для деаэрации и провести повторную кристаллизацию.
4. **Смешивание партий.** Как правило, смешивание жидкого шортенинга с другими продуктами обычно приводит к повышению его вязкости. Смешивание обычно возникает в результате ошибок при перекачивании или при наличии остатков предыдущих продуктов в емкостях и трубопроводах. Большинство других производимых продуктов являются более твердыми или образуют β' -кристаллы, что способствует загущению жидких шортенингов.

Проблема: Пониженная вязкость продукта

Возможные причины и способы их устранения

1. **Содержание твердых жиров.** Количество твердых жиров в жидким непрозрачном шортенинге оказывает непосредственное влияние на консистенцию или вязкость продукта после кристаллизации. Продукт становится более вязким при увеличении содержания твердого жира, при этом другие показатели остаются без изменений. Однаковой вязкости разных партий продукта можно добиться путем обеспечения одинакового содержания твердого жира. Колебания

не должны превышать допустимых пределов, установленных при разработке продукта.

2. **Йодное число твердого жира.** Твердый жир, содержащийся в жидким непрозрачном шортенинге, обеспечивает протекание кристаллизации и влияет на конечную консистенцию шортенинга. Твердые жиры с более низким йодным числом вызывают более быструю и полную кристаллизацию, чем жиры с более высоким йодным числом.
3. **Показатели плавления твердого жира.** Температура плавления и содержание ТТГ в используемом саломасе значительно влияют на консистенцию или вязкость жидкого непрозрачного шортенинга. Повышение температуры плавления твердого жира приводит к повышению вязкости продукта, т. е. к его загущению.
4. **Высокая температура.** Вязкость или консистенция жидкого непрозрачного шортенинга зависит от температуры. При высоких температурах продукт становится менее вязким, а при пониженных его вязкость увеличивается. Длительная выдержка при повышенной температуре вызывает плавление и расслоение шортенинга с образованием верхнего слоя с очень низкой вязкостью.
5. **Расслоение.** Партия расслоившегося продукта будет иметь низкую вязкость при наличии твердой фракции на дне емкости. Это происходит при нарушениях температурного режима хранения, достаточно значительных для полного разрушения продукта. Расслоение вследствие аэрации обычно начинается в центре продукта или в том месте, где бортик контейнера удерживает воздух, выделяющийся из продукта. Первоначально это выглядит как трещина в продукте. Эта трещина или прожилки расслоившегося шортенинга со временем растут и в конечном счете приводят к полному разделению продукта на жидкую и твердую фракции.

Проблема: Низкая стабильность вкуса и запаха

Возможные причины и способы их устранения

1. **Корректировка продукта.** Партии жидких шортенингов, содержащие более твердый жир, чем требуется по спецификации, не следует исправлять путем использования более мягких саломасов, чем предусмотрено рецептурой. Вкусовая стабильность продукта в целом зависит от наименее стабильного компонента рецептуры. Таким образом, корректировка с помощью саломасов, имеющих более высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, будет вызывать снижение стабильности вкуса и запаха продукта.
2. **Высокая температура перед кристаллизацией.** Хранение шортенинга при высокой температуре перед кристаллизацией может вызвать окисление, которое может стать причиной появления возвратного привкуса и розовато-желтого цвета упакованного продукта. Скорость окисления пищевых масел увеличивается по крайней мере в два раза при повышении температуры на каждые 11,1 °С. Слишком большое увеличение перекисного числа и ухудшение вкуса продукта из расходного резервуара должны быть тщательно расследованы до упаковки

- продукта. Для восстановления окислительной стабильности такого продукта требуется повторное отбеливание с последующей дезодорацией.
3. **Аэрация перед кристаллизацией.** Жидкие жиры необходимо защищать от воздействия атмосферы на протяжении всей технологической линии, даже если процесс кристаллизации предусматривает деаэрирование. При повышенной температуре жидкое масло быстро реагирует с атмосферным кислородом, в результате чего их органолептические показатели ухудшаются. Возможны следующие источники попадания воздуха в продукт:
 - протечки воздуха в фитингах, насосах и фланцах;
 - включение мешалки до того, как продукт ее полностью покроет, и создание таким образом завихрений;
 - продувание линий воздухом;
 - свободное падение масла в емкость.
 4. **Повышение перекисного числа.** Более значительное повышение перекисного числа, чем допускается, может свидетельствовать о протекании вторичного окисления. При нарушениях температурного режима нагревания или неправильно проведенном отбеливании окислительная стабильность может быть значительно ниже, чем установлено в требованиях к данному продукту. Увеличение перекисного числа, не имеющее видимых причин, указывает на пониженную окислительную стабильность, что подтверждается низкими результатами при определении устойчивости к окислению, ухудшением вкуса и изменением цвета продукта.
 5. **Локальный перегрев.** Хорошее перемешивание продукта во время подогрева в емкостях для хранения продукта перед кристаллизацией предотвращает локальный перегрев. При проведении нагрева с использованием глухого пара без перемешивания возникает локальный перегрев масла вблизи змеевика, хотя при этом температура общей массы продукта растет медленно. Разложение масла в результате локального перегрева оказывает влияние на стабильность продукта во всей емкости. Для восстановления необходимой окислительной стабильности может потребоваться проведение повторного отбеливания с последующей дезодорацией.

Проблема: Аэрация готового продукта

Возможные причины и способы их устранения

1. **Этапы процесса деаэрации.** Первой стадией в процессе кристаллизации многих жидкых непрозрачных шортенингов является деаэрация, во время которой удаляется весь воздух, захваченный жидким маслом до кристаллизации. Для завершения этой стадии процесса может потребоваться определение содержания воздуха, поскольку возможно ускоренное проведение этого этапа в целях сохранения времени. Если захваченный воздух остается в продукте, его содержание может только увеличиваться, что приводит к необходимости повторения процесса кристаллизации или является причиной недовольства потребителей в связи с излишней вязкостью продукта.

2. **Перемешивание.** Во время кристаллизации жидких непрозрачных жиров необходимо принять меры для предупреждения вбивания воздуха в продукт, что может иметь место при неправильном перемешивании в емкости для кристаллизации. Следует избегать создания завихрений или воронок, поскольку они способствуют захвату воздуха продуктом.
3. **Свободное падение продукта.** Не допускается падение струи жидкого шортенинга с высоты или протекание через слой воздуха в емкость для кристаллизации или хранения. Наиболее приемлемым способом является заполнение емкостей и упаковки от дна.
4. **Контроль содержания воздуха.** При производстве некоторых текучих шортенингов стадия деаэрации предусмотрена непосредственно перед фасовкой. Определение содержания воздуха подтвердило эффективность такого способа.

13.2.22. Шортенинги в виде хлопьев

Проблема: Слипание хлопьев

Возможные причины и способы их устранения

1. **Теплота кристаллизации.** Шортенинги в виде хлопьев, упакованные сразу после затвердевания на холодильном барабане, могут в ходе завершения процесса кристаллизации выделять тепло, которого достаточно для частичного плавления некоторой части продукта, что вызывает слипание хлопьев. Использование холодного воздуха для охлаждения хлопьев перед упаковкой позволяет эффективно отводить выделяющуюся при кристаллизации теплоту и предупреждать комкование продукта.
2. **Низкая температура холодильного барабана.** При слишком низкой температуре охлаждающего цилиндра возможно шоковое охлаждение жира. Это приводит к тому, что тонкий слой жира на поверхности барабана быстро затвердевает и отделяется, что не позволяет продукту полностью охладиться. В этих условиях наружная часть полученных хлопьев остается жидкой, за счет чего хлопья будут сплавляться с другими, образуя в упаковке комки.
3. **Низкая температура жира, подаваемого на поверхность барабана.** Молочно-белый или зернистый жир, имеющий низкую температуру, не будет застывать на барабане должным образом. Полученные хлопья будут влажными с одной стороны, что вызовет их слипание друг с другом внутри упаковки. Жир следует нагреть выше температуры плавления до полного расплавления твердых частиц, он должен быть полностью прозрачным перед подачей на холодильный барабан.
4. **Конструкция желоба упаковочного оборудования.** Желоб для заполнения тары или любой другой закрытый канал для хлопьев должен быть изготовлен из гладкого материала без углов или щелей, в которых хлопья могут скапливаться и слипаться вместе. Эти комки будут попадать в упаковку незамеченными, вплоть до их обнаружения потребителем. Кроме того, все закрытые пространства должны быть доступны для регулярного проведения очистки и мойки.

- 5. Высокая скорость вращения барабана.** Скорость вращения холодильного барабана должна регулироваться для производства различных жировых продуктов в форме хлопьев. При каждой замене вида продукта скорость вращения барабана необходимо скорректировать, чтобы обеспечить образование сухих хлопьев.
- 6. Упаковка.** Обычно для упаковки для шортенингов в виде хлопьев используют мешки из многослойной крафт-бумаги или ящики из гофрированного картона с вкладышами. Оба типа упаковки обладают хорошими теплоизолирующими свойствами, что способствует сохранению температуры упакованного продукта и может быть причиной ее дальнейшего повышения:
- **Крафт-мешки.** Используются различные типы крафт-мешков как с квадратным дном, так и с обычным. Некоторые виды пакетов можно уложить на поддоны более ровно и компактно, чем другие, но при этом становится меньше или совсем исчезает зазор между слоями штабеля, в результате чего ухудшаются условия для рассеивания тепла. Частичное плавление продукта за счет нерассеянной теплоты кристаллизации и сдавливание его под весом верхних слоев штабеля способствуют слипанию хлопьев. При использовании такой упаковки необходимо обеспечить охлаждение после получения хлопьев, чтобы удалить теплоту кристаллизации и предотвратить плавление хлопьев.
 - **Картонные ящики с вкладышем.** Этот вид тары в меньшей степени обеспечивает термоизоляцию, чем упаковка в крафт-мешок. Над поверхностью продукта после упаковки будет возникать свободное пространство в результате утрясания хлопья. В процессе утрясания хлопья могут соединяться друг с другом при длительном воздействии повышенных температур. По этой причине продукты в ящиках необходимо хранить в охлажденном или замороженном состоянии.
- 7. Воздействие высокой температуры.** Высокие температуры хранения или транспортирования сразу после получения хлопьев ускоряют выделение теплоты кристаллизации. Воздействие более высоких температур способствует плавлению поверхности и комкованию хлопьев. Температура хранения упакованных хлопьев должна составлять 21,1 °С и ниже. Для стабилизации температуры продукта перед транспортированием необходима его выдержка от 48 до 72 ч.
- 8. Протечка питающей линии.** Наиболее распространенной причиной комкования шортенингов в виде хлопьев является протечка питающей линии, в результате которой жидкий жир капает в емкость для сбора хлопьев. Там он начинает затвердевать и действует как адгезив, соединяя хлопья в комки, которые с общей массой продукта попадают в упаковку. Протекающую линию необходимо ремонтировать при неработающем барабане. Попытки устраниить протечку без остановки процесса производства путем забивания щели различными веществами или приспособлениями могут вызвать более серьезные проблемы. Временный ремонтный материал может отвалиться и упасть в готовый продукт, затем вместе с ним попасть в упаковку. В таком случае он переходит в разряд инородных

тел в хлопьевидном шортенинге, что является более серьезным дефектом, чем комкование.

9. Степень насыщенности жира. Проблемы слипания или комкования хлопьев становятся более серьезными при повышении температуры плавления продукта. Линия соскабливания хлопьев с холодильного барабана зависит от длины цепи жирных кислот и степени их насыщенности, которые определяют температуру затвердевания. Хлопьевидные продукты с наиболее высокими температурами плавления отделяются от поверхности холодильного барабана при более высокой температуре, чем менее тугоплавкие. Оба типа продуктов имеют примерно одинаковую удельную теплоту кристаллизации, но для менее гидрогенизированного продукта температура перед упаковкой будет ниже, что показано ниже на примере хлопьев из гидрогенизированного соевого масла с разным йодным числом:

Показатель	Значение показателя	
Йодное число, г J ₂ /100 г	1,5	7,0
Жирнокислотный состав, %:		
стеариновая C _{18:0}	83,0	75,7
олеиновая C _{18:1}	1,8	7,4
Температура продукта в упаковке, °С		
сразу после заполнения	43,3–46,1	37,8–38,9
через 30 мин после заполнения	60,0–61,1	54,4–56,1

Проблема: Высокое содержание влаги

Возможные причины и способы их устранения

1. **Протечки нагревательных элементов.** Для перевода хлопьевидных продуктов в жидкое состояние перед поступлением на холодильный барабан необходимо нагревание, поскольку их температура плавления довольно высока. В змеевиках для нагрева емкостей глухим паром со временем образуются течи в результате износа и вибрации. Перед подачей на хлопьеобразование в каждом виде жирового сырья необходимо надлежащим образом отобрать пробы, провести их испытания, чтобы подтвердить отсутствие загрязнения влагой или другими посторонними веществами. Для правильного отбора проб требуется предварительное перемешивание в течение 20–30 мин, чтобы обеспечить репрезентативность образца. Если результаты определения массовой доли влаги превышают допустимые значения, необходимо остановить процесс изготовления хлопьев из данного сырья и провести расследование в целях выявления причин и выбора корректирующих действий.
2. **Продувание линии паром.** Поскольку шортенинги в виде хлопьев имеют довольно высокую температуру плавления, необходим обогрев трубопроводов, чтобы предупредить застывание продукта в изгиба, низко расположенных участках

и т. д. При сбоях в обогреве линии подачи сырья для хлопьев или недостаточно тщательной очистке трубопровода после окончания перекачивания происходит затвердевание продукта, оставшегося внутри линии, что препятствует передвижению последующего продукта. Один из способов освобождения таких линий заключается в продувании их паром для расплавления застывшего продукта. Но в результате происходит загрязнение влагой емкости для промежуточного хранения продукта. Всю партию такого продукта следует переработать в целях удаления избытка влаги.

3. **Влажный барабан.** При отсутствии на холодильном барабане пленки жира на нем образуется влага. Количество влаги, конденсирующейся на барабане, зависит от влажности воздуха в помещении и температуры охлаждающего цилиндра. Конденсат будет попадать на поверхность производимых хлопьев или чипсов. Этую влагу невозможно удалить полностью, но ее количество можно в некоторой степени отрегулировать при помощи следующих операций:

- **Осушение воздуха.** Для поддержания влажности воздуха в помещении на приемлемом уровне требуются кондиционирование воздуха или осушающие установки. Такие установки имеют особое значение для регулирования содержания влаги в продукте при влажном климате.
- **Начальная партия продукта.** Шортенинг в виде хлопьев, изготавливаемый на новом оборудовании или после некоторого периода простоя, будет более влажным, чем полученный в ходе непрерывного производства. Такой продукт следует отбраковывать до тех пор, пока не рассеется первоначальный избыток влаги.

4. **Влияние добавок.** Некоторые из используемых для хлопьевидных продуктов вкусоароматических добавок являются водными эмульсиями. Проведение анализа после их внесения свидетельствует о повышенной влажности масла. Необходимо учитывать наличие влаги в добавках при разработке требований спецификации. Тем не менее, ее содержание следует контролировать для выявления других источников влаги.

Проблема: Повышение содержания свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

1. **Высокая влажность воздуха.** Конденсат, образующийся на поверхности барабана, попадает на хлопья. Эта влага может вызывать реакции гидролиза, в ходе которых химические связи в молекулах триглицеридов разрываются, в результате чего образуются свободные жирные кислоты, моноглицериды, диглицериды и даже глицерин в случае глубокого гидролиза. Допустимое повышение содержания свободных жирных кислот в результате гидролиза обычно составляет от 0,05% или менее перед хлопьевобразованием до 0,10% после отгрузки продукта.
2. **Внесение лецитина.** Внесение в масла небольших количеств лецитина перед хлопьевобразованием обеспечивает эмульгирование некоторого количества влаги с цилиндра и тем самым способствует снижению образования свободных

жирных кислот. Использование добавки лецитина в этих целях не является общепринятой практикой. В некоторых случаях внесение лецитина может вызвать больше проблем, чем предотвратить: например, потемнение продукта, дымообразование и появление неприятных привкусов и запахов при высокотемпературных процессах.

3. **Определение конечной точки титрования.** Определение содержания свободных жирных кислот с использованием метода AOCS Ca 5a-40 основано на титровании спиртового раствора образца масла щелочным раствором до появления розовой окраски. Внесение красителей в шортенинг препятствует определению конечной точки титрования, что обычно приводит к завышенному результату определения. При анализе таких продуктов необходимо уделять особое внимание определению правильного содержания свободных жирных кислот.
4. **Превышение дозировки фосфорной кислоты.** На разных этапах технологического процесса для связывания в комплексы следовых количеств металлов масла обрабатывают кислотами — лимонной или фосфорной. Фосфорная кислота является менее дорогой и более эффективной, чем лимонная. Однако было обнаружено, что она образует соединения сmono- и диглицеридами и углеводами, присутствующими в масле. Это затрудняет снижение содержания свободных жирных кислот при дезодорации до требуемого уровня, либо этот показатель может быстро увеличиваться при хранении. В случае использования лимонной кислоты при соблюдении надлежащей дозировки указанные процессы не происходят.

Проблема: Мелкие хлопья

Возможные причины и способы их устранения

1. **Высокая температура жира, подаваемого на поверхность барабана.** Следует охладить расплавленный жир до установленной температуры перед подачей на холодильный барабан.
2. **Высокая температура холодильного барабана.** Необходимо охладить холодильный барабан до установленной температуры перед подачей на его поверхность разогретого жира.
3. **Недостаточная холодопроизводительность.** Холодопроизводительность должна быть достаточной для обеспечения температуры холодильного барабана, необходимой для производства определенного вида шортенинга в виде хлопьев.
4. **Высокая скорость вращения барабана.** Следует отрегулировать скорость вращения барабана для получения хлопьев указанного в спецификации размера.
5. **Недостаточная подача жира на холодильный барабан.** Необходимо повысить уровень жира в питающем поддоне или увеличить его количество в каретке, чтобы обеспечить полное покрытие поверхности холодильного барабана слоем жидкого жира.

Проблема: Зеленовато-желтый цвет

Возможные причины и способы их устранения

Хлопья, окрашенные с использованием бета-каротина, склонны изменять цвет после хлопьеобразования от желательного желтого до зеленовато-желтого (фисташкового) цвета. Изменение цвета свидетельствует о протекании процессов окисления, вызванных кислородом, который присутствует во влаге, конденсирующейся на поверхности холодильного барабана. Изменение цвета ускоряется при помещении хлопьев в холодильную камеру сразу после образования. Для предотвращения изменения цвета рекомендуются два возможных способа:

- 1. Темперирование.** Перед дальнейшим охлаждением следует выдержать упакованные хлопья при 29,4 °C в течение 24 ч. По всей видимости, такое темперирование стабилизирует краситель бета-каротин и повышает устойчивость продукта к реакциям окисления.
- 2. Внесение лецитина.** Внесение лецитина в количестве 0,1% обеспечивает связывание влаги и предотвращает ее реакцию с бета-каротином.

Проблема: Попадание металла

Возможные причины и способы их устранения

1. Конструкция холодильного барабана. Большинство старых холодильных барабанов были изготовлены из стали без защитного покрытия и быстро ржавели из-за конденсата, образующегося на холодной поверхности. Первые партии продукта, полученные после некоторого простоя оборудования, почти всегда содержали видимые частицы ржавчины с поверхности цилиндра. Производители были вынуждены браковать продукт до тех пор, пока не исчезали заметные частицы ржавчины. Возможность загрязнения ржавчиной хлопьеобразного шортенинга, изготовленного на таких барабанах, была очень высока для каждой партии продукта. Хромирование более старых барабанов и установка новых исключают попадание в продукт ржавчины из этих источников.

2. Фильтровальное оборудование. Ржавчина может образовываться под действием влаги, конденсирующейся внутри фильтров в результате сочетания тепла, исходящего от продукта, влажности и прохладной температуры помещения. Ржавчина может различными путями попадать в продукт, если ее периодически не удаляют с корпуса фильтра. Лучшим способом предупреждения этой проблемы являются очистка и осушение корпуса фильтра при каждой замене картриджа фильтра. Такое загрязнение металлом имеет вид темных крупинок, которые не настолько велики, чтобы их обнаруживали металлодетекторы упаковочной линии. Их удаление возможно при наличии встроенных магнитов на линии.

3. Текущий ремонт оборудования. Поверхность жидкого жира в питающих поддонах и пленка жира на холодильном барабане остаются открытыми, пока жир не затвердеет в виде хлопьев. Наличие открытых участков в технологическом процессе позволяет попадать в упакованный продукт отдельным предметам, использующимся при ремонте, например, гайкам, болтам или другим частям

оборудования. Для обнаружения этих металлических инородных тел в упакованных продуктах до отправки заказчикам необходимо эффективное детектирование металлов.

- 4. Деформация каретки.** Для нанесения расплавленного жира на холодильные барабаны используются различные подающие механизмы. Большинство этих механизмов могут деформироваться при использовании под действием нагревания и охлаждения, движения при создании хлопьев определенного размера, тяжести каретки, поддерживаемой только на концах барабана и т. д. Разрегулировка механизмов вызывает соударения каретки и холодильного барабана, что может привести к попаданию в продукт кусочков металла. Необходимо постоянное наблюдение за работой оборудования, в котором возможна эта проблема, или его замена на более надежную систему. В любом случае определение примесей металлов в упакованном продукте является обязательным, чтобы гарантировать их отсутствие.

Проблема: Увеличение интенсивности окраски

Возможные причины и способы их устранения

- 1. Перегрев.** Нагревание ускоряет реакции между атмосферным кислородом и пищевыми жирами. Под воздействием тепла происходит усиление интенсивности окраски шортенингов в результате окисления токоферолов. Скорость окисления дезодорированных жировых продуктов удваивается при повышении температуры на каждые 11,1 °C. Температура промежуточного хранения жирового сырья не должна превышать температуру плавления хлопьевидного продукта более чем на 5,6 °C. При разработке систем транспортировки необходимо учитывать требования сохранности качества продукта. Например, трубопроводы должны быть прямыми и как можно более короткими, чтобы свести к минимуму количество отдельных линий с электрообогревом, в которых возможно разрушение остатков продукта.
- 2. Присутствие красителя.** В некоторые шортенинги в виде хлопьев вносят красители в целях придания продукту вида сливочного масла. Случайное внесение красителя в шортенинг, рецептура которого не предусматривает этого, или использование для такого шортенинга емкости, в которой ранее находился окрашенный продукт, приведет к увеличению цветности, выражаемой в единицах красного по Ловибонду. Желтые красители в большинстве случаев можно легко удалить путем дезодорации, поскольку они быстро обесцвечиваются при высокой температуре.
- 3. Ошибка при идентификации образца.** Каждый образец должен быть снабжен этикеткой, позволяющей точно идентифицировать продукт. На ней должны быть указаны номер спецификации, номер партии и резервуара. Допустимые пределы цветности отдельных хлопьевидных шортенингов могут значительно различаться, в зависимости от входящих в их состав масел и добавок, способа обработки и т. п. Цветность, соответствующая требованиям спецификации одного продукта, может выходить за допустимые пределы для другого. При любом

подозрении на ошибку необходимо до упаковки продукта провести повторный отбор проб и испытания отобранного образца.

4. **Ошибки при перекачивании.** В продукте, помещенном в указанную емкость, могут наблюдаться значительные отклонения анализируемых показателей, что быстрее всего обнаруживается по несоответствию цвета. *GMP (Good manufacturing practice – правильная производственная практика)* требует при перекачивании подтверждать совмещение транспортировки до начала перекачивания путем продувания всей линии воздухом или азотом от исходного до приемного резервуара. Обязательным требованием также является извещение принимающего участка, желательно в письменном виде, о перекачанном продукте с указанием резервуара, в который он поступил, для правильной идентификации и исключения ошибок.
5. **Неисправный клапан.** Частично открытый клапан на одном из участков трубопровода может привести к смешиванию с другим продуктом, даже если было проверено совмещение транспортировки с удовлетворительным результатом. Существуют два признака такой неисправности:
 - количество продукта, поступившего в емкость, меньше, чем в исходной емкости;
 - результаты анализа продукта из емкости с неисправным клапаном изменяются.

Изменение цвета продукта может быть одним из первых признаков смешивания с другим продуктом.

6. **Неправильный отбор проб.** Емкость, из которой будут отобраны пробы, нужно перемешивать в течение 20–30 мин, температура продукта должна быть на 5–6 °C выше температуры плавления; пробоотборную линию следует тщательно промыть продуктом, который отбирают в качестве образца; для получения представительного образца необходимо использовать чистый контейнер. При появлении сомнений в правильности отбора проб следует провести испытания на другом образце.
7. **Мутный образец.** Заметная визуально мутность продукта во время отбора проб или проведения анализа указывает на слишком низкую температуру отобранного образца и необходимость корректирующих действий. Мутность продукта во время отбора проб свидетельствует о возможной неисправности контрольно-измерительных приборов или регуляторов температуры в емкости и необходимости их ремонта. Отбор проб не следует проводить до достижения полной прозрачности продукта; более того, при наличии даже слабой мутности определение цветности по шкале Ловибонда будет давать завышенные результаты. При исследовании продуктов с высокими температурами плавления необходимо принимать специальные меры предосторожности, чтобы быть уверенными в полном расплавлении продукта. Одной из наиболее частых ошибок при анализе является выдержка измерительной кюветы на холодной поверхности в целях дезаэрации перед проведением измерения. Тугоплавкие продукты склонны быстро застывать на дне кюветы, что приводит к получению неверного, завышенного результата.

8. **Присутствие следовых количеств металлов.** Для всех продуктов необходимо дополнительное отбеливание, поскольку оно позволяет удалить любые примеси металлов, присутствующих после стадии гидрогенизации и фильтрования катализатора. Большинство металлов являются прооксидантами, вызывающими усиление окраски продукта в результате окисления природных токоферолов даже в продуктах с высокой степенью насыщенности.
9. **Локальный перегрев.** Все обогреваемые емкости для хранения должны быть оборудованы механическими мешалками. Интенсивное перемешивание позволяет свести к минимуму ущерб от локального перегрева без увеличения времени и стоимости нагрева. В том случае, если перемешивание временно вышло из строя, разница между температурой плавления и температурой нагревающей среды должна быть как можно меньше, что позволяет сохранить качество продукта. Разложение масла в результате локального перегрева вблизи нагревающих змеевиков оказывает влияние на стабильность продукта во всей емкости масла. Для максимального восстановления исходной стабильности цвета могут потребоваться повторное отбеливание и дезодорация продукта.
10. **Реакции фосфорной кислоты.** Перед отбеливанием масла обрабатывают кислотами в целях снижения содержания фосфора и связывания в комплексы следов металлов. Фосфорная кислота является обычно менее дорогой и более эффективной, чем альтернативная ей лимонная кислота. Однако было обнаружено, что она образует соединения с моно- и диглицеридами и углеводами, присутствующими в масле. Это затрудняет снижение содержания свободных жирных кислот при дезодорации до требуемого уровня, либо этот показатель может быстро увеличиваться при хранении. В случае использования лимонной кислоты при соблюдении надлежащих режимов обработки указанные процессы не происходят.

Проблема: Инородные тела

Возможные причины и способы их устранения

1. **Участок трубопровода без фильтров.** Участок трубопровода между фильтром и холодильным барабаном может быть источником попадания в продукт посторонних материалов. Высокая температура плавления большинства хлопьевидных продуктов требует обогрева линий или частого отопления застывших линий в начале работы и после того, как продукт некоторое время был без движения. При этом возникает необходимость использования некоторого источника нагрева, что может привести к полимеризации и пригоранию части масла внутри трубопровода. При попадании в продукт этот материал будет выглядеть как черные крупинки в хлопьях. Загрязненная партия должна быть отделена и направлена на переработку для удаления этих частиц полимеризованного масла.
2. **Использование потребительской тары не по назначению.** Тару, предназначенную для упаковки готового продукта, не допускается применять в других целях. Известен случай, когда технический персонал использовал для сбора мусора

картонные ящики, которые затем по ошибке были отправлены заказчику. Даже первые порции некондиционного продукта, полученные при запуске линий, не следует помещать в стандартную тару для продукции.

3. **Отсутствие защитных экранов у холодильного барабана.** Холодильный барабан должен быть снабжен защитным экраном для предотвращения попадания в продукт присутствующих в воздухе посторонних материалов. Экраны должны быть сконструированы так, чтобы не ограничивать подход к барабану, его техническое обслуживание или проведение технологического процесса.
4. **Открытая потребительская тара.** Пустая упаковка не должна храниться в открытом виде, оставаясь доступной для попадания в нее посторонних предметов на упаковочной площадке. Даже при максимальном контроле окружающей среды внутри открытых емкостей могут быть обнаружены инородные объекты. Собранные коробки и ящики должны быть накрыты или храниться до использования в перевернутом виде. Кроме того, пластиковые вкладыши следует укладывать в ящик непосредственно перед заполнением.

Проблема: Изменение йодного числа

Возможные причины и способы их устранения

1. **Ошибки при перекачивании.** Официальный метод определения йодного числа AOCS Cd 1-25 является хорошим способом контроля передвижений продукта, при помощи которого можно убедиться, что из одного места в другое был перекачан именно намеченный продукт. Любое изменение, выходящее за границы допустимой погрешности метода (чаще всего она составляет $\pm 0,5 \text{ g J}_2/100 \text{ g}$), указывает на изменения в доставленном продукте. Эти изменения могут возникнуть в результате следующих ошибок:

- продукт закачан не в ту емкость;
- поврежден клапан, что приводит к смешиванию двух или более продуктов;
- продукт закачивается при наличии остатка предыдущего продукта в емкости;
- ошибочное закачивание другого продукта в уже имеющийся в емкости.

Для распознавания проблем этого типа отбор проб продукта для анализа следует производить как можно ближе к моменту упаковки.

2. **Ошибки при отборе проб.** Для получения репрезентативного образца необходимо заранее разработать и внедрить определенный порядок отбора проб, который бы затем твердо соблюдался. Ниже приведены условия, которые должны быть оговорены в порядке отбора проб:

- **Температура продукта.** Хлопьевидные жировые продукты имеют низкие йодные числа и, соответственно, высокие температуры плавления. До посадки на хлопьеобразование продукты следует хранить при температуре, на $5\text{--}6^\circ\text{C}$ превышающей их температуру плавления. В этом случае жир остается прозрачным и способным к перекачиванию.
- **Перемешивание.** Продукт в емкости, из которой будут отобраны пробы, нужно перемешивать в течение 20–30 мин. Перемешивание необходимо в целях

выравнивания температуры во всей емкости, что необходимо для получения репрезентативного образца. Попадание в пробу продукта, находящегося под змеевиками или налипшего на стенки емкости и остающегося неподвижным, приведет к несоответствию образца составу основной части партии.

- **Промывание пробоотборной линии.** Часть продукта после предыдущего отбора проб будет оставаться в пробоотборных линиях малого диаметра. Промывание этих линий отбираемым в данный момент продуктом необходимо для их очистки и получения однородного продукта.
- **Чистый контейнер.** Для всех без исключения образцов необходимо использовать чистые контейнеры, чтобы исключить загрязнение образца предыдущими продуктами или другими материалами.
- **Оценка внешнего вида.** Лаборант, отбирающий пробы, должен следить за внешним видом образца во время заполнения контейнера. Наличие в образце заметной визуально твердой фракции или помутнения указывает на непромытую пробоотборную линию или на неисправный датчик температуры внутри емкости, требующий ремонта для точной оценки температуры продукта. Отбор проб не следует производить до гарантированного получения прозрачного продукта, соответствующего по составу всей продукции в емкости.
- **Ошибка при идентификации образца.** Каждый образец должен быть снабжен этикеткой, позволяющей точно идентифицировать продукт. На ней должны быть указаны номер резервуара, номер партии, полное название продукта, дата и время отбора проб, а также лицо, отобравшее пробы. Это необходимо для уверенности в правильности отбора образцов и для предоставления информации для последующих мероприятий при выявлении каких-либо несоответствий требованиям спецификации.
- 3. **Влияние добавок.** Некоторые добавки влияют на результат определения йодного числа, который может выйти за допустимые пределы, установленные в спецификации продукта. Среди таких добавок, используемых при производстве шортенигов в виде хлопьев, — лецитин и другие эмульгаторы.

13.2.23. Фасованные шортениги. Хранение и транспортировка

Проблема: Поглощение запахов

Возможные причины и способы их устранения

1. **Условия хранения.** Большинство масложировых продуктов очень легко поглощают запахи других пищевых продуктов и посторонних веществ. В связи с этим шортениги, жидкие масла, маргарины и другие масложировые продукты никогда не должны храниться или транспортироваться вместе с имеющими запах пищевыми продуктами, такими как специи, чеснок, лук, фрукты, соленые и копченые продукты, или любыми посторонними веществами, например, амиаком, растворителями или нефтепродуктами.

Проблема: Отделение жидкого масла

Возможные причины и способы их устранения

- Температура транспортировки.** При разработке и утверждении требований к температуре транспортировки жировых продуктов следует принимать во внимание их характеристики плавления. Продукты с четко выраженной температурой плавления и кроткой кривой плавления требуют термоизоляции при транспортировке, особенно в летние месяцы.
- Кристаллическая структура.** Жиры, имеющие β' -кристаллическую структуру, более устойчивы к воздействию тепла, чем продукты, образующие β -кристаллы, и выдерживают более высокие температуры, если в их рецептуре используется достаточно большое количество твердых жиров.
- Высота штабелирования.** Давление тары, уложенной штабелем, будет вызывать чрезмерное вытекание жидкого масла из продукта, расположенного в нижнем слое. Ящики из гофрированного картона могут действовать как промокательная бумага и впитывать отделившееся масло. Небольшие количества жидкого масла будут пропитывать весь ящик, и пятно будет мигрировать снизу вверх на другие ящики. Высота штабеля должна быть указана в спецификации продукта, особенно для летних месяцев.
- Защитное покрытие ящиков.** В некоторых случаях для ящиков необходимо использовать вощеный или ламинированный картон, чтобы предотвратить утечку отделившегося жидкого масла.

13.2.24. Лаборатория контроля качества

Проблема: Ошибочные результаты анализа

Возможные причины и способы их устранения

- Техника проведения анализа.** Работа лаборантов-химиков требует точности и аккуратности. Для получения правильных результатов способы выполнения операций или рабочие привычки также должны быть основаны на этих качествах. Поскольку существуют различные типы применяемого оборудования и инструментов, лаборанты должны знать технику выполнения множества процедур и владеть различными специфическими приемами работы, поскольку при составлении методик невозможно описать все тонкости. Сведения о технике работы и приемах могут быть получены из литературных источников, их можно перенять у других работников лаборатории или научиться на основании собственного опыта. При выполнении испытаний основополагающим условием являются достаточно высокая квалификация и наличие необходимых навыков у того, кто их проводит. Простейшая методика даст ненадежные результаты при неправильном или неточном ее выполнении. Ниже указаны некоторые типичные ошибки, возникающие в результате отсутствия навыков выполнения работ или неправильного выполнения операций.

- Неправильный выбор типа весов.** Особенно это касается взвешивания малых количеств вещества, например, для определения йодного числа. При взвешивании небольших навесок с использованием больших разновесов происходит суммирование погрешностей измерения, что приводит к неверному результату. Для других испытаний, таких как анализ соапстока и определение содержания влаги, навески следует взвешивать быстро, не допуская испарения влаги в сухой атмосфере весов.
- Измерения с использованием термометра.** При проведении измерений с использованием термометра необходимо учитывать множество факторов: тип термометра, его наклон, уровень, на котором его следует держать при снятии показаний, цена деления шкалы, возможная неисправность термометра, перемешивание, время нахождения в образце до снятия показаний. Правильное снятие показаний термометра является необходимым условием при определении температуры помутнения, плавления, затвердевания, титра, отбеливания, быстрого титра и температуры дымообразования.
- Неправильное титрование.** Неправильное проведение титрования, причиной которого может быть слабое перемешивание образца, неточное или неправильное считывание показаний бюретки, будет приводить к неправильным результатам при определении массовой доли свободных жирных кислот, перекисного числа и концентрации раствора щелочи.
- Неправильная техника взвешивания на аналитических весах.** Запыленность, неточность весов и другие отклонения от правильной методики взвешивания влияют на правильность результатов анализов при проведении рафинации и отбеливания в лабораторных условиях, при определении температуры помутнения, перекисного числа, температуры дымообразования и многих других показателей.
- Ускорение процедуры.** Сокращение времени, необходимого для определенных процедур, или исключение процедур, которые могут казаться неважными, легко приводит к получению неверных результатов анализа при рафинации и отбеливании в лабораторных условиях, при анализе соапстока, определении йодного числа и многих других показателей.
- Неправильная выдержка в ванне.** Неверная температура, слабое перемешивание и сокращение продолжительности пребывания в ванне могут дать неправильные результаты при выполнении таких анализов, как рафинация в лабораторных условиях, холодный тест, определение титра, температур плавления жиров, содержания ТТГ, индукционного периода и многих других характеристик.
- Перегрев.** Перегрев физически опасен во время испытаний на отбеливание в лабораторных условиях и при определении влаги некоторыми методами. Перегрев масел перед определением цветности зачастую является источником ошибок. Например, если образец шортенинга перегрет при плавлении, то показатели интенсивности цвета будут более высокими, чем при испытаниях образца нормальной температуры. Это может легко произойти при слишком длительной выдержке образца в паровой бане.

- **Уход за оборудованием.** Отсутствие надлежащего ухода за оборудованием влияет на большинство лабораторных анализов, но особенно сильно — на определение показателя преломления, цветности, жирнокислотного состава, температуры каплепадения по Меттлеру и некоторые другие анализы.
 - **Неправильное определение конечной точки.** Конечная точка анализа, в которой следует снимать показания измерительных приборов, должна быть достигнута с характерной для данного метода скоростью. Лаборант должен быть способен распознать конечную точку, иначе возможно получение неточных результатов таких определений, как большинство температур плавления, титриметрические методы, быстрый титр, холодный тест и многие другие.
 - **Ошибки при анализе контрольной пробы.** Анализ контрольной пробы необходим при определении йодного и перекисного чисел. Он требует такой же тщательности, как и анализ исследуемого образца, чтобы гарантировать получение точных результатов определения.
 - **Неправильное фильтрование или промывание образца.** На важность операций фильтрования и промывания образца указывают большинство авторов литературы по аналитической химии. Эти операции являются основными при анализе соапстока и других определениях со сходными процедурами.
 - **Неполное высушивание образца.** Присутствие следов влаги приводит к занижению значения холодного теста и неблагоприятно влияет на определение других показателей.
2. **Ошибки, связанные с образцом.** Во многих методах испытаний для проведения анализа следует использовать лишь малую часть образца. Необходимо уделять особое внимание, во-первых, получению репрезентативного образца и, во-вторых, взятию очень маленьких навесок от большого образца, что требуется для большинства анализов. При испытаниях твердого продукта необходимо полностью расплавить образец перед взвешиванием навесок для конкретного анализа.
3. **Ошибки при обработке результатов.** Постановка десятичной запятой не на то место, изменение порядка цифр, невнимательное сложение и вычитание или другие простые ошибки при вычислениях будут давать неверный результат испытаний даже при правильном проведении всех операций методики выполнения испытаний.
4. **Ошибки при копировании.** Правильно обработанные результаты отлично выполненного испытания могут быть утеряны при переписывании данных с листа, на котором осуществлялся расчет, в рабочий журнал или в протокол проведения испытаний.
5. **Шум и беспорядок в лаборатории.** Высокий процент ошибок в некоторых лабораториях являлся следствием шумной и беспокойной обстановки. Руководство предприятия и лаборатории должно принять все меры для сведения любых мешающих факторов к минимуму. Шум и помехи влияют на работу всех сотрудников данной лаборатории.

6. **Резкое отклонение результатов.** Опытные аналитики должны быть достаточно хорошо знакомы с происхождением образца, влиянием изменений различных параметров проведения испытаний на полученный результат. В этом случае они могут распознать резко отклоняющийся от обычного результат и предпринять необходимые корректирующие действия, которые могут включать проверку оборудования, реагентов, идентичности образца и т. д., для выявления причины данной проблемы. При отсутствии информации о происхождении отдельного образца аналитик должен полагаться на спецификацию. При любом сомнении в правильности результат должен быть перепроверен.
7. **Уборка лаборатории.** Для успешной работы в лаборатории необходимы чистота и порядок. При попадании очень малого количества примесей может быть испорчен чувствительный анализ. Гораздо чаще при этом получают неверные результаты качественного или количественного определения. С учетом этого полы, столы, одежда далее должны содержаться в чистоте, так же как и все инструменты, стеклянная посуда и другие устройства, используемые для проведения анализа.
8. **Мойка стеклянной посуды.** Невозможно переоценить важность абсолютной чистоты посуды для всех лабораторных методов. Любая пленка мыла, грязь или масло, присутствующие на стеклянной посуде или другом лабораторном оборудовании, будут ускорять окисление и серьезно ухудшать сохранность образцов или результаты анализа. Процедуры, рекомендуемые для мытья специальной лабораторной посуды, такой как дилатометры, бюретки, пипетки и т. д., обычно описаны в индивидуальных методиках. Вне зависимости от используемой для мойки процедуры, перед применением необходимо внимательно осмотреть всю стеклянную посуду и отложить любое вызывающее подозрение стеклянное оборудование для повторной мойки.

13.2.25. Пищевые жиры и масла. Органолептическая оценка

Проблема: Посторонний привкус

Возможные причины и способы их устранения

1. **Описание вкуса.** Полученное в результате органолептических испытаний описание запаха продукта, сделанное членами дегустационной комиссии, помогает выявить причину появления постороннего привкуса. Описание различных привкусов, которые могут встречаться при дегустации пищевых жиров и масел, приведено ниже.
 - **Бобовый.** Сеноподобный привкус, иногда характеризуемый как «кормовой», чаще всего встречается в продуктах, содержащих соевое масло. Слабо выраженный привкус является нежелательным, при наличии сильно выраженного привкуса продукт становится неприемлемым. Очень сильно выраженный бобовый привкус может восприниматься как привкус краски.

- **Горький.** Этот привкус характерен для продуктов, содержащих некоторые пищевые добавки, например эмульгаторы на основе полисорбата. Он не является неприятным, будучи слабо выраженным, но категорически неприемлем при большой интенсивности.
- **Кукурузный.** В большинстве случаев этот привкус описывается как затхлый или напоминающий поп-корн. Слабо выраженный привкус не является неприятным.
- **Загрязнение Даутермом.** Вызывается утечкой Даутерма А из обогревающих змеевиков дезодоратора. Слабый запах напоминает герань; но при средней или сильной выраженности легко распознается как ароматический или фенольный запах Даутерма А®. Он является неприятным на начальной стадии и становится неприемлемым при увеличении загрязнения.
- **Рыбный.** Напоминает запах и вкус рыбьего жира, иногда встречается при неправильной термообработке соевого масла. Он может быть связан с кислым привкусом (см. ниже).
- **Салистый.** Напоминает запах парового лярда хряка, возможен оттенок запаха скунса. Он является неприятным при слабой выраженности и категорически неприемлем, если присутствует в сильной степени.
- **Привкус моноглицеридов.** Скорее является «ощущением во рту», чем привкусом; характеризуется ощущением жирности или сливочности. При высокой интенсивности ощущается как горький или раздражающий; при слабой или средней интенсивности — наименее неприятный из запахов.
- **Плесневелый (затхлый).** Напоминает запах сырого, заплесневевшего подвала. Слабо выраженный привкус довольно неприятен, если же он присутствует в сильной степени, то он совершенно неприемлем.
- **Ореховый.** Напоминает свежие орехи пекан; один из наименее неприятных привкусов. При высокой интенсивности становится неприятным, похожим на привкус резины.
- **Окисленный.** Не очень свежий запах, характерный для масла, находившегося в контакте с воздухом или с истекшим сроком годности. Некоторые дегустаторы определяют его как «металлический». При слабой интенсивности он довольно неприятен, при высокой — неприемлем. В последнем случае он переходит в прогорклый.
- **Окисленный животный жир.** Прогорклый привкус, вызванный контактом с воздухом, перегревом или длительным хранением. При умеренной выраженности его характеризуют как «пригоревший».
- **Привкус краски.** Напоминает льняное масло или высыхающую краску после того, как улетучился растворитель. Он связан с бобовым привкусом (см. выше). Даже слабо выраженный привкус довольно неприятен, при сильной выраженности является неприемлемым.
- **Прогорклый.** Очень неприятный, иногда характеризуемый как резкий, щиплющий, тошнотворный запах очень старых или сильно окисленных жиров и масел. Он соотносится с окисленным привкусом и категорически неприемлем при любой интенсивности.

- **Привкус сырого исходного масла.** Запах не полностью дезодорированных негидрогенизованных масел, часто обнаруживается в хлопковом салатном масле, иногда его называют «землистым». При слабой интенсивности он довольно неприятен, сильно выраженный привкус неприемлем. В последнем случае он может перейти в привкус «сырого масла».
 - **Привкус резины.** Напоминает запах старой резины; связан с ореховым привкусом. Слабо выраженный привкус довольно неприятен, при большой интенсивности он категорически неприемлем.
 - **Мыльный.** Напоминает привкус мыла и обычно связан с разложением жиров, содержащих лауриновую кислоту. Даже при слабой интенсивности он совершенно неприемлем.
 - **Кислый.** Кисломолочный привкус, напоминает запах масла, выделенного из свежего маргарина. Он ощущается как неприятный при слабой и средней выраженности. Сильно выраженный кислый привкус переходит в совершенно неприемлемый запах рыбы или рыбьего жира.
 - **Кислый животный жир.** Очень сильный неприятный запах, иногда характеризуемый как запах канализации. Обычно этот дефект обусловлен чрезмерным содержанием белка и влаги в топленом животном жире.
 - **Привкус говяжьего жира.** Характерен для жареного говяжьего жира после выдержки в холодильнике в течение дня и более или для бараньего жира. Он довольно неприятен при большой интенсивности.
 - **Привкус сырого масла.** Привкус гидрогенизированного масла перед дезодорацией. Для такого масла характерен неприятный ароматический или альдегидный запах. При слабой выраженности он является нежелательным, при сильной — совершенно неприемлем.
 - **Арбузный.** Привкус, напоминающий свежеразрезанную корку арбуза или огурец. Довольно неприятен при низкой интенсивности, при высокой является неприемлемым.
2. **Показатели окисления.** Процесс окисления состоит из двух различных фаз. Первая характеризуется относительно медленным окислением и называется индукционным периодом. Затем, после достижения некоторой критической степени окисления, реакция переходит во вторую фазу, которая характеризуется высокой скоростью, во много раз превышающей скорость окисления в первой фазе. О наступлении второй фазы свидетельствует появление в жире или масле постороннего запаха и прогорклого вкуса.
 3. **Ухудшение вкуса и аромата.** Протекание окисления и сопутствующего ему ухудшения вкуса и аромата в разных жирах значительно различается. У более насыщенных животных жиров и гидрогенизованных масел вкус и аромат на начальных этапах окисления изменяются сравнительно мало. Образование постороннего привкуса в этих жирах происходит внезапно и резко, тогда как в относительно ненасыщенных маслах, таких как хлопковое и соевое, изменение вкуса и запаха происходит постепенно [29].
 4. **Воздействие света.** Свет оказывает отрицательное воздействие на стабильность вкуса и запаха масел и жироодержащих продуктов. Во время лабораторных

испытаний было выявлено, что выдержка под воздействием света продолжительностью от 0,5 до 1 ч приводит к значительному изменению вкуса и запаха и возрастанию перекисного числа количеств рафинированного дезодорированного и отбеленного (РДО) соевого, хлопкового и сафлорового масел и двух видов гидрогенизованных замороженных соевых масел. Привкус был охарактеризован как «довольно резкий» (травянистый или вкус зелени) в сочетании с ощущением, охарактеризованным как «вяжущее». Интенсивность этого вкуса и перекисное число в масле изменяются в наибольшей степени в первые 30–60 мин выдержки и далее нарастают постепенно. Испытания на устойчивость к воздействию света показывают, что ухудшение качества происходит в одинаковой степени для всех масел даже после гидрогенизации, повышающей устойчивость к окислению при повышении температуры. Защищающие от света контейнеры эффективно предотвращали образование привкуса в пищевых маслах и жироодержащих продуктах под действием так называемого «светового удара» [30].

5. **Поглощенный кислород.** Количество кислорода, которое должно поглощаться для возникновения привкуса, во многом зависит от состава жира или масла, присутствия антиоксидантов (естественных или добавленных) и металлов (особенно меди, железа и тяжелых металлов) и температуры продукта.
6. **Термическое разложение.** Обработка и хранение нагретых жиров всегда повышают риск термического разложения. Некоторые продукты более чувствительны к нагреванию, чем другие, особенно содержащие пищевые добавки. Например, добавление лецитина к дезодорированным маслам повышает чувствительность продукта к нагреванию. При температурах выше 70 °С лецитин будет темнеть, дымить и приобретать запах рыбы. Другие добавки также могут влиять на устойчивость продукта. При необходимости нагревания продукта его следует осуществлять с использованием горячей воды или пара низкого давления (менее 1,5 кг/см²).
7. **Поглощение посторонних запахов.** Жиры и масла легко поглощают запахи различного происхождения, например, запахи краски, растворителей, реактивов, специй, газов и дыма. В связи с этим следует проявлять большую осторожность при окрашивании поверхностей внутри производственных помещений и поблизости от них, а также во время технического обслуживания оборудования во избежание загрязнения продукта растворителями и газами. Не допускается хранение упакованных продуктов рядом с другими материалами или пищевыми продуктами, обладающими сильным запахом.
8. **Смешивание жиров.** Смешивание масел различного происхождения друг с другом может привести к появлению нежелательных вкусов и запахов, не свойственных первоначальному продукту. Например, жидкие растительные масла чувствительны к добавлению кокосового, пальмового и других лауриновых масел. Низкомолекулярные жирные кислоты (от C₄ до C₁₂), имеющие низкий порог вкусового восприятия, образуются даже при слабой степени гидролиза пищевых продуктов с высоким содержанием жира или влаги.

13.3. Применение шортенингов

13.3.1. Хлебопекарные шортенинги

Проблема: Розовая окраска мучных изделий

Возможные причины и способы их устранения

1. **Выбор антиоксиданта.** Ионы щелочных металлов, такие как натрий или калий, содержащиеся в разрыхлителях и молочных продуктах, используемых при изготовлении мучных изделий, таких как бисквиты, основы для пиццы, печенья, кексы и пирожные, могут взаимодействовать с антиоксидантами ТБГХ и БОА, что приводит к образованию в продуктах розовой окраски. Это не опасно для здоровья, но нежелательно для мучных изделий. Поэтому данные антиоксиданты не следует использовать в хлебопекарных шортенингах, предназначенных для продуктов, в состав которых входят разрыхлители или молоко.

Проблема: Низкая способность к взбиванию

Возможные причины и способы их устранения

1. **Повышенная мягкость.** Пластичные шортенинги во время изготовления теста растягивают в тонкие прожилки и пленки для смазывания значительных поверхностей и захвата большого количества воздуха, обеспечивающего подъем теста. Жиры с мягкой консистенцией не способны удерживать весь объем захваченного воздуха. При оценке взбиваемости этот недостаток проявляется как снижение определяемой плотности теста. В нестандартизированном методе оценки взбиваемости (см. пп. 3.8.1, 3.9.5) объем захваченного воздуха определяют путем измерения плотности теста после 15 и 20 мин взбивания, что имитирует первую стадию изготовления традиционного фунтового кекса. Большее значение плотности теста, измеренной через 20 мин, указывает на высвобождение шортенингом захваченного воздуха. Мягкая консистенция, приводящая к оседанию теста, может быть вызвана несколькими причинами:

- **Крутой наклон кривой плавления.** Шортенинги с широким интервалом пластичности имеют оптимальную взбиваемость. Широкий интервал пластичности может быть получен путем смешивания мягкого саломаса, имеющего плоскую кривую плавления, с твердым жиром, образующим β'-кристаллы. Шортенинг, в котором содержание ТТГ при большинстве температур лежит в интервале от 15 до 25%, имеет широкий интервал пластичности.
- **Низкое содержание твердых жиров.** Содержание ТТГ в сложном шортенинге может быть увеличено путем повышения дозировки твердого жира без заметного изменения наклона кривой плавления.
- **Введение аэрирующего газа (азота).** Стремясь повысить белизну шортенинга при фасовке, некоторые производители могут существенно увеличить количество аэрирующего газа или азота. Шортенинги с повышенным содер-

жанием газа получаются рыхлыми и мягкими, в результате чего ухудшается их способность к взбиванию.

- **Низкая температура переохладителя (вотатора).** При низкой температуре в переохладителе вырабатываемый шортенинг имеет более мягкую консистенцию. Получение при контроле твердости (пенетрации) результатов, свидетельствующих об излишне мягкой консистенции шортенинга, должно вызывать изменение температуры на выходе из переохладителя, что позволяет сохранить требуемую способность к взбиванию.
 - **Интенсивная обработка в декристаллизаторе.** Высокая скорость вращения вала, излишняя продолжительность обработки или сочетание указанных факторов обусловливают более мягкую консистенцию шортенинга и могут влиять на его способность к взбиванию. Определение твердости позволяет обнаружить тенденцию к изменению этих параметров и предпринять корректирующие действия до значительного снижения взбиваемости.
 - **Высокая температура шортенинга при использовании.** Обычно шортенинги используют при температуре от 18 до 24 °C. При более высокой температуре будут происходить размягчение шортенинга и снижение его способности к взбиванию. Если высокая температура является нормой для отдельного производства, можно увеличить дозировку твердых жиров для получения шортенинга специального назначения с оптимальной для этой температуры взбиваемостью.
- 2. Повышенная твердость.** Твердые шортенинги не могут легко растягиваться в тонкие пленки в процессе изготовления теста, что уменьшает захват воздуха и объем готового изделия. В этом случае при оценке взбиваемости высокие значения плотности будут получены при измерениях как через 15, так и через 20 мин взбивания. Это свойство также можно легко заметить при оценке консистенции и определении твердости. Твердая консистенция шортенинга может быть следствием нескольких факторов:
- **Слишком высокое содержание ТТГ.** Высокое содержание ТТГ обуславливает твердую консистенцию шортенинга. Изменение дозировки твердого жира, направленное на уменьшение содержания ТТГ, должно автоматически снижать твердость шортенинга. Однако при использовании в рецептуре слишком твердого саломаса требуемое уменьшение его количества может оказаться слишком большим для обеспечения данной термоустойчивости шортенинга. В этом случае не следует использовать данный саломас. Если смешивание происходит на этом же предприятии, твердый жир с отклоняющимися от нормы характеристиками должен быть использован в производстве другого продукта.
 - **Высокая температура переохладителя.** Повышенная твердость шортенинга также может быть результатом высокой температуры переохладителя. Контроль консистенции и твердости позволяет выявить эту проблему до отгрузки шортенинга, но это будет контролем постфактум. Надлежащие условия кристаллизации следует установить и указать для каждого отдельного продукта в процессе разработки. Впоследствии оценка консистенции

и определение твердости (пенетрации) должны выявлять небольшие сдвиги или тенденции, требующие внимания, даже если полученный продукт удовлетворяет всем требованиям.

- **Слабая обработка в декристаллизаторе.** Консистенция шортенинга зависит от интенсивности обработки после переохлаждения. При слабой обработке производимые шортенинги будут излишне твердыми, их взбиваемость не достигнет оптимального значения.
- 3. **Кристаллизация в β -форме.** Крупные зернистые кристаллы β -полиморфной формы обусловливают получение воскообразных и зернистых продуктов с низкой способностью к аэрации. Шортенинги, для которых устойчивой является β' -кристаллическая форма, имеют однородную консистенцию, которая обеспечивает хорошую аэрацию и прекрасную способность к взбиванию. Вид исходных масел, используемых в рецептуре данного шортенинга, определяет его кристаллические свойства и, следовательно, потенциальную способность к взбиванию. Например, гидрогенизированное соевое масло образует кристаллы β -полиморфной формы, тогда как гидрогенизированное хлопковое масло кристаллизуется в β' -форме. Поэтому шортенинги на основе соевого масла, требующие широкого интервала пластиичности и высокой взбиваемости, должны содержать от 5 до 20% жира, образующего β' -кристаллы, например, саломаса из хлопкового масла. Твердый жир, образующий β' -кристаллы, должен иметь более высокую температуру плавления, чем саломас из соевого масла, чтобы обеспечить протекание кристаллизации шортенинга с образованием устойчивой β' -формы.
- 4. **Дозировка эмульгатора.** Одним из показателей, зависящих от добавления эмульгаторов, является способность к аэрированию. Некоторые эмульгаторы обладают лучшими аэрирующими свойствами, чем другие, поэтому дозировки используемых эмульгаторов сильно различаются. Способность к взбиванию, достигаемая при внесении эмульгаторов или их систем, повышается при увеличении их количества до известной степени. Избыток эмульгатора будет приводить к деаэрации продукта вместо захвата воздуха, снижая устойчивость эмульсии теста или увеличивая пористость готового изделия.
- 5. **Непостоянная консистенция.** Неправильное проведение охлаждения, обработки и темперирования может привести к колебаниям консистенции шортенинга или маргарина и появлению дефектов внешнего вида и консистенции, таких как мраморность, крупнитчатость, слоистость, рыхłość, отделение жидкого масла или мажущаяся консистенция. Одним из важнейших факторов, влияющих на условия кристаллизации, является давление в переохладителе, декристаллизаторе и фасовочном автомате. В соответствии с эмпирическим правилом, использование высокого давления приводит к получению шортенингов и маргаринов с более однородной и гладкой консистенцией.
- 6. **Гидрофильный эмульгатор.** В рецептурах обычных шортенингов, расплавляемых при использовании, не допускается применение гидрофильных эмульгаторов, поскольку несовместимый эмульгатор будет отделяться от жидкого жира. Эти эмульгаторы можно вносить в пластичные шортенинги в диспергирован-

ном виде, добавляя их к нагретому жиру при интенсивном перемешивании перед кристаллизацией [31].

Проблема: Недостаточный объем выпеченных изделий

Возможные причины и способы их устранения

- Присутствие полидиметилсилоксана.** Эта добавка эффективно предотвращает образование пены при жарке, что увеличивает продолжительность использования фритюрных жиров. Но, поскольку взбитое тесто также представляет собой пену, случайное внесение пеногасителя в шортенинг будет снижать объем выпеченного изделия. Полидиметилсилоксан эффективно действует при концентрации менее 1,0 мг/кг, что указывает на необходимость очень осторожного обращения с этим веществом.
- Высокая дозировка эмульгатора.** Мучные изделия с избытком эмульгатора оседают в результате излишнего аэрирования, снижающего прочность стенок пор взбитого теста. Это приводит к недостаточному объему изделий или к проседанию центра каждого выпеченного полуфабриката с образованием грубой, крупнопористой структуры. Наиболее очевидным корректирующим действием является снижение количества эмульгатора в рецептуре или его замена на другой, с меньшей аэриющей способностью.
- Низкая дозировка эмульгатора.** При недостаточной дозировке эмульгатора наблюдается слабое аэрирование, что приводит к получению тяжелых изделий малого объема. Увеличение количества эмульгатора должно повысить аэрирование теста, что позволит получить более легкую выпечку с хорошим объемом.

Проблема: Образование полостей и крупных пор

Возможные причины и способы их устранения

Полости или крупные поры в выпеченных полуфабрикатах или фунтовом кексе обычно связывают с избыточным нагревом пода пекарной камеры при выпечке, но воздействие этого фактора может усиливаться при использовании системы эмульгаторов, способствующей аэрированию и снижению плотности теста. Это препятствует естественному движению теста во время выпечки, что повышает вероятность образования полостей и крупных пор. Снижение дозировки эмульгатора или внесение 1,0–2,0% лецитина уменьшит образование полостей, за исключением «постной» рецептуры. В этом случае может потребоваться изменение рецептуры.

Проблема: Слабое разрыхление при использовании сухих мучных полуфабрикатов

Возможные причины и способы их устранения

- Повышение содержания свободных жирных кислот.** Повышение кислотности муки в сухих полуфабрикатах ускоряется шортенингом. При этом происходят изменения степени разрыхления или уменьшение количества углекислого газа,

выделяющегося при разложении бикарбоната. Это уменьшение пропорционально скорости образования свободных жирных кислот. Возникновению этой проблемы способствуют шортенинги, содержащие эмульгаторы, тогда как более твердые жиры и эмульгаторы влияют на нее в меньшей степени.

- Высокое содержание влаги.** Большинство разрыхляющих систем активируются в присутствии влаги. Шортенинги с высокой массовой долей влаги могут значительно уменьшать срок годности сухих полуфабрикатов, содержащих разрыхлители.

13.3.2. Фритюрные жиры

Проблема: Повышенное пенообразование

Возможные причины и способы их устранения

- Отсутствие пеногасителя.** Аналитические методы определения полидиметилсилоксана не очень достоверны и достаточно длительны, поэтому рекомендуется вносить его вместе с веществом, которое можно легко определить. Смешивание пеногасителя с широко используемой смесью антиоксидантов обеспечивает внесение такого вещества и способствует диспергированию полидиметилсилоксана в масле.
- Плохое диспергирование пеногасителя.** Полидиметилсилоксан лишь диспергируется в масле, но не растворяется в нем. Успешное диспергирование его смеси с антиоксидантами достигается при тщательном выполнении следующей процедуры. Перед внесением в питающий резервуар полидиметилсилоксан следует перемешать с сопутствующим антиоксидантом и небольшим количеством масла. После внесения этой смеси в резервуар жир необходимо перемешивать не менее 20 мин до взятия пробы на содержание сопутствующего вещества — антиоксиданта. Во время фасовки питающий резервуар следует медленно перемешивать до тех пор, пока уровень жира не дойдет до мешалки. Наконец, необходимо провести анализ упакованного продукта, который бы подтвердил отсутствие оседания пеногасителя в течение того периода, когда была отключена мешалка.
- Присутствие мыла.** В случае претензий клиента необходимо провести анализ свежего фритюрного жира и проверить этот же жир после использования. Присутствие мыла во фритюрном жире после использования указывает на неправильное проведение рафинации и отбеливания или же на недостаточное ополаскивание или нейтрализацию фритюрной ванны после мойки. Отсутствие мыла в свежем фритюрном жире и наличие его в использованном указывает на неправильное проведение мойки пользователем, либо на попадание щелочных веществ из обжариваемых продуктов. Фритюрные ванны следует тщательно ополаскивать и нейтрализовать слабой кислотой, например, уксусом, после кипячения с моющим раствором. Ряд продуктов, которые жарят во фритюре, могут содержать щелочные компоненты в связи с особенностями их обработки или используемого сырья. Например, при промышленном изготовлении карто-

феля фри клубни предварительно промывают щелочным раствором для облегчения удаления кожуры, кукурузу также погружают в щелочной раствор для отделения наружной оболочки и дальнейшего использования при изготовлении лепешек для тако. Присутствие мыла во фритюрном жире ускоряет образование пены.

4. **Присутствие эмульгаторов.** Эмульгаторы позволяют смешиваться жиру и воде с образованием эмульсии, что способствует пенообразованию при жарке во фритюре. Эмульгаторы могут попадать во фритюрную ванну при смешивании фритюрного жира с шортенингом, содержащим эмульгаторы, до или во время упаковки, в результате неправильного нанесения маркировки или жарке на не предназначенном для этого жире. В этом случае также анализ образцов свежего и использованного продукта должен помочь выявить причину проблемы.
5. **Смешивание лауриновых и жидких растительных масел.** Мгновенное вспенивание является результатом попадания небольшого количества лауринового масла в жидкое растительное, или наоборот. Такие смеси могут образоваться при транспортировке, при производстве фритюрного жира или во фритюрной ванне потребителя жира. В любом случае в результате смешивания происходит вспенивание. Выявить данную проблему поможет анализ жирнокислотного состава, поскольку причиной вспенивания является лауриновая кислота ($C_{12:0}$).
6. **Использование жира, не предназначенного для жарки во фритюре.** Ниже приведены примеры результатов неправильного использования жиров и масел, иллюстрирующие серьезность данной проблемы:
 - жидкые масла с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот при использовании в условиях слабой загруженности ванны гораздо быстрее образуют пену, чем жиры с более высокой степенью насыщенности;
 - использование для жарки во фритюре жира, предназначенного для жарки на сковороде, вызывает мгновенное вспенивание в связи с присутствием лецитина, вносимого в такой жир для уменьшения прилипания;
 - шортенинги, содержащие эмульгаторы, при нагревании до температуры жарки во фритюре образуют дым, пену, приобретают неприятный вкус и запах.
7. **Низкий показатель замены.** Снижение количества обжариваемого во фритюре продукта уменьшает и количество жира, вносимого из фритюрной ванны за счет поглощения этим продуктом, поэтому для восполнения исходного количества требуется вносить меньше свежего жира. Это приводит к повышению уровня полимеризации жира в связи с более длительной выдержкой при нагревании. Полимеризация повышает количество удерживаемой влаги, что сказывается на пенообразовании. Для поддержания качества фритюрного жира на постоянном уровне некоторыми производителями практикуется его принудительная замена. При принудительной замене жир сливают из фритюрной ванны, если его поглощение продуктом недостаточно для добавления заданного количества свежего жира.
8. **Перегрев.** Превышение температуры жарки увеличивает скорость полимеризации фритюрных жиров. Перегрев может быть вызван неисправностью терmostата

та жарочного аппарата или преднамеренной жаркой при высокой температуре. Полимеризация влияет на пенообразование за счет удерживания влаги.

9. **Попадание жиров из обжариваемых продуктов.** Почти все продукты, обжариваемые во фритюре, содержат жиры, которые переходят во фритюрный жир. Этот перенос может отрицательно повлиять на качество фритюрного жира, например, перенос лауринового масла из продукта, ранее обжаренного в кокосовом масле, будет увеличивать пенообразование использованного фритюрного жира до уровня свежего.
10. **Горячие пятна.** Тонкие участки электрических или газовых нагревательных элементов или газоотводных труб могут быть причиной значительного местного перегрева в виде пятен. Излишне высокая температура горячих пятен вызывает разложение жира. Образующиеся продукты разложения ускоряют его, инициируя цепную реакцию. Протекание полимеризации, что подтверждается образованием смол, может приводить к повышению впитывания жира в продукт и пенообразованию.

Проблема: Образование смол или полимеризация

Возможные причины и способы их устранения

1. **Высокое йодное число фритюрного масла.** Высокое йодное число свидетельствует о высоком содержании полиненасыщенных жирных кислот в анализируемом масле. Эти кислоты полимеризуются быстрее, чем мононенасыщенные и насыщенные. Такие масла могут с успехом применяться для жарки при высоком показателе замены масла, но они активно полимеризуются при жарке во фритюре с показателем замены менее 1 : 1 (скорость замены, достаточная для полного обновления масла во фритюрной ванне через 1 день жарки), что приводит к оседанию смол на стенках ванны, особенно заметному на уровне масла.
2. **Неподходящий состав фритюрного жира.** Использование в рецептуре фритюрного жира для жарки в интенсивном режиме масла с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот приведет к увеличению оседания смол на стенах вследствие большей скорости полимеризации добавленной части жидкого масла. Фритюрные жиры для интенсивной жарки обычно содержат гидрогенизованные жиры, что позволяет существенно снизить содержание полиненасыщенных жирных кислот и повысить стабильность фритюрного жира.
3. **Перегрев.** Скорость смолообразования пропорциональна степени превышения температуры жарки (т. е. чем выше температура жарки, тем быстрее возникает слой смол). Причинами перегрева могут быть неисправный термостат или преднамеренная жарка при слишком высокой температуре, а также горячие пятна, возникающие вследствие тонких стенок газоотводных труб, колебаний температуры, из-за неисправности электрической спирали, слишком большого перепада температур и других причин.
4. **Отсутствие пеногасителя.** Полидиметилсиликсан замедляет полимеризацию, приводящую к повышению вязкости масла и в конечном счете усиливающую захват влаги из поджариваемого продукта. Отсутствие этой добавки вызывает

быстрое образование смол на стенках фритюрной ванны и, как следствие, чрезмерное образование пены. Смешивание пеногасителя со смесью антиокислителей дает возможность контролировать его внесение по этим сопутствующим веществам во время упаковки, что невозможно в отсутствие антиоксиданта. Такой прием дает производителям возможность контролировать внесение пеногасителя и гарантировать его наличие в упакованном продукте.

5. **Слишком редкая очистка фритюрной ванны.** Незначительное количество смол образуется при использовании даже самых устойчивых жиров. Этот налет обычно удаляют в ходе регулярной очистки ванны щелочением, однако оседание смол становится гораздо заметнее при увеличении промежутков времени между очистками. Для очистки и нейтрализации фритюрной ванны обычно используют следующую процедуру:

- Сливают фритюрный жир из ванны.
- Наполняют ванну водой до уровня, на котором обычно находится жир.
- Добавляют чистящее вещество для фритюрных ванн в указанном производителем количестве.
- Доводят полученный моющий раствор до кипения, следя за тем, чтобы вода или пена не переливалась через край ванны. Нагрев прекращают, когда пена начинает подниматься. Процедуру кипячения повторяют до полного удаления налета смол.
- Верхнюю часть и стенки ванны чистят жесткой щеткой или специальным валиком до удаления налета. Не следует использовать металлические мочалки и щетки, поскольку они царапают внутреннюю поверхность ванны, тем самым осложняя последующую очистку. Кроме того, возможно ускорение распада фритюрного жира в результате контакта меди или латуни с горячим жиром. Ополаскивают стенки водой, после чего зачищают стенки, обработанные моющим раствором. Чистку и ополаскивание стенок повторяют до тех пор, пока на дне не будет оставаться лишь небольшое количество чистой воды, после чего вычищают дно.
- Ополаскивают ванну чистой водой.
- Снова наполняют ванну чистой водой.
- Добавляют в воду 5%-ный уксус из расчета 0,25 л уксуса на каждые 10 л воды.
- Доводят полученный раствор уксуса до кипения.
- После начала кипения нагрев выключают и сполоскивают раствором уксуса все поверхности ванны, которые могли контактировать с моющим раствором.
- Сливают и сбрасывают в сточные воды раствор уксуса.
- Ванну ополаскивают чистой водой.
- Тщательно осушают поверхность ванны бумажными полотенцами. Использование бумажных полотенец позволяет избежать образования ворсинок и попадания следов моющих средств, что возможно при осушении с помощью текстильных полотенец.

- Заполняют ванну свежим фритюрным жиром или использованным, но пригодным для дальнейшего применения.
- 6. **Слишком быстрое нагревание.** Пластифицированные фритюрные жиры необходимо нагревать медленно, не превышая температуры 93 °C, до тех пор, пока поры и пустоты не будут заполнены растопленным жиром и не улетучится аэрирующий газ. Если в процессе плавления не используется мягкое нагревание, часть жира, находящаяся в контакте с нагревающими элементами и стенками ванны, будет подвергаться перегреву, который вызывает полимеризацию и смолообразование.
- 7. **Горячие пятна.** В ваннах возможен значительный местный перегрев в виде пятен в местах, где стенки электрических или газовых нагревательных элементов или газоотводных труб стали тоньше, в результате чего усилился подвод тепла к этим участкам. Излишне высокая температура горячих пятен вызывает разложение жира. В результате полимеризации увеличивается вязкость расплавленного жира, усиливаются образование смол и пенообразование. Проверка газоотводных труб и нагревательных элементов во время очистки ванны позволяет обнаружить отклонения до возникновения серьезных проблем.
- 8. **Излишняя тяга вытяжки.** Слишком сильная вытяжка приводит к удалению защитного слоя пара над горячим жиром во фритюрной ванне, что приводит к повышению скорости окисления. Вытяжка фритюрного аппарата должна быть отрегулирована так, чтобы как можно дольше удерживать слой пара над жиром, но при этом отводить излишний пар и кухонный запах, не позволяя им попадать в помещение.
- 9. **Присутствие следов металлов.** Латунь, медь, монель и другие содержащие медь сплавы являются прооксидантами, проявляющими выраженный каталитический эффект при ускорении разложения жира при жарке. Следовые количества этих прооксидантов могут попадать из поджариваемых продуктов, фритюрных ванн или попадать во фритюрные жиры до их использования. Следы металлов, особенно железа и меди, ускоряют окисление фритюрных жиров, происходящее при сочетании кислорода и ненасыщенных жирных кислот и приводящее к появлению неприятного запаха и привкуса, а также к потемнению жира. Окисление предваряет полимеризацию ненасыщенных кислот, содержащихся в жире.

Проблема: Потемнение жира при жарке

Возможные причины и способы их устранения

1. **Окисление.** Взаимодействие кислорода с ненасыщенными жирными кислотами приводит к появлению неприятных привкусов и запахов, а также к потемнению. Регулирование условий жарки позволяет снизить скорость окисления, но не в состоянии полностью устранить этот фактор.
2. **Присутствие эмульгаторов.** Фритюрные жиры не должны содержать эмульгаторов, поскольку они ускоряют потемнение, дымообразование и разложение

жиров. Причиной присутствия эмульгаторов может быть смешивание фритюрного жира с шортенингом, содержащим эмульгаторы, в процессе производства, ошибочная маркировка готового продукта, использование шортенинга с эмульгаторами для жарки – случайное или преднамеренное, и т. п. Возможное смешивание в процессе производства предотвращается при тщательном расследовании причин повышения содержания свободных жирных кислот на всех этапах производства после дезодорации. Другим способом контроля является проведение испытаний первой и последней части партии при фасовке. Любое изменение анализируемых показателей следует немедленно расследовать. Контроль маркировки осуществляется работниками линии фасовки и упаковки, а также контролерами, которые должны руководствоваться установленными методиками идентификации продукта. Производители жиров должны представлять дистрибуторам и заказчикам информацию о функциональных свойствах продукта и особенностях его применения.

3. **Антиоксиданты.** Некоторые антиоксиданты, особенно пропилгаллат, ускоряют потемнение фритюрных жиров при температурах жарки. Следует избегать использования пропилгаллата во фритюрных жирах, другие антиоксиданты рекомендуется также использовать в минимально возможных дозировках. Антиоксиданты защищают фритюрный жир от окисления лишь до тех пор, пока он не нагрет до температуры жарки. Лучше добавлять антиоксиданты в процессе производства одновременно с пеногасителем в качестве сопровождающего вещества, однако допускается внесение очень небольших количеств антиоксидантов во фритюрные ванны для предупреждения потемнения жира.
4. **Высокая температура жарки.** Потемнение жира ускоряется при повышении температуры жарки. На предприятиях общественного питания для большинства продуктов используют температуру жарки от 160 до 190 °C.
5. **Использование жира, не предназначенного для жарки во фритюре.** Ошибочное использование жиров, предназначенных для жарки на сковороде, в качестве фритюрных приводит к быстрому потемнению при температуре жарки. В жиры для жарки на сковороде и противнях для предупреждения прилипания вносят лецитин, который способствует потемнению жира при относительно низкой температуре, образованию дыма и неприятных запахов. Большинство жиров для жарки на сковороде имеют желтый цвет, который должен сигнализировать персоналу фритюрного аппарата об ошибочном использовании продукта.
6. **Неисправность термостата фритюрного аппарата.** Перегрев ускоряет потемнение фритюрных жиров. Опытные работники определяют это по быстрому образованию дыма.
7. **Высокое содержание яиц в обжариваемом продукте.** Яичные желтки содержат фосфолипиды или лецитин – натуральный эмульгатор, вносимый в жиры для жарки на сковороде для предотвращения прилипания. Переход этих фосфолипидов во фритюрный жир вызывает его потемнение, образование дыма и неприятного запаха, обусловленные разложением лецитина при температуре жарки.

8. **Неудовлетворительное фильтрование.** Попавшие во фритюрный жир и не удаленные при фильтровании частицы пищевых продуктов пригорают и обугливаются, что приводит к потемнению жира и появлению неприятного привкуса.
9. **Неправильное проведение мойки и очистки.** Остатки мыла и моющих средств при неполной нейтрализации после мойки ускоряют разложение жира, сопровождающееся потемнением. Ополаскивание раствором слабой кислоты (уксуса) устраниет возможность наличия остатка мыла.
10. **Горячие пятна.** Участки, имеющие повышенную температуру вследствие тонких стенок газоотводных труб и электрических нагревательных элементов и усиленного подвода тепла в этих местах, ускоряют потемнение фритюрного жира и его разложение. Проверка газоотводных труб и нагревательных элементов во время очистки ванны позволяет обнаружить отклонения до возникновения серьезных проблем.
11. **Низкий показатель замены.** Количество жира во фритюрной ванне постоянно уменьшается в результате его уноса с обжариваемым продуктом за счет впитывания. Для поддержания постоянного качества жира в ванну необходимо добавлять свежий жир, восполняющий унесенный с продуктами. Скорость внесения свежих порций жира называется показателем замены. Быстрая замена, т. е. высокий показатель замены, обеспечивает высокое качество фритюрного жира в связи с частым поступлением свежего жира, тогда как низкий показатель замены приводит к длительному воздействию на жир температур жарки, что приводит к его потемнению в результате окисления и других процессов разложения. При низком показателе замены следует чаще сливать жир или предпринимать меры для его удаления другими способами. Принудительная замена или ежедневное замещение определенного количества фритюрного жира оказались достаточно успешными на некоторых предприятиях. Другой альтернативой стала замена большого фритюрного аппарата на оборудование меньшей вместимости в целях увеличения оборота жира.
12. **Образование смол.** Отложение смол или заполимеризованного жира на стенах фритюрной ванны катализирует дальнейшее смолообразование и является одной из причин образования пены и потемнения жира. Регулярная очистка фритюрной ванны щелочением с использованием специального чистящего средства и частое протирание оборудования помогают свести к минимуму образование смол.
13. **Пищевые консерванты.** Картофель, нарезанный соломкой для обжаривания во фритюре, и другие продукты из картофеля при пребывании на свету меняют цвет и приобретают коричневую окраску. Для предотвращения потемнения картофеля перед жаркой используют некоторые пищевые консерванты. Слишком высокая их концентрация, излишнее впитывание раствора консерванта или неполное осушение после обработки могут ускорить разложение фритюрного жира.
14. **Продукты с высоким содержанием сахара.** Сахара могут переходить из продуктов во фритюрный жир. При температурах жарки они карамелизуются, что приводит к быстрому потемнению и образованию привкуса.

Проблема: Превышающее норму образование свободных жирных кислот

Возможные причины и способы их устранения

- Избыток комплексообразующих кислот.** Лимонная и фосфорная кислоты в концентрациях выше 50 и 10 мг/кг, соответственно, могут катализировать отщепление свободных жирных кислот во фритюрном жира при жарке. Системы внесения кислот в процессе дезодорации должны регулярно проходить калибровку, раствор кислоты должен быть приготовлен очень внимательно.
- Присутствие эмульгатора.** Добавление шортенинга, содержащего эмульгаторы, во фритюрную ванну ускоряет распад жира. Эмульгаторы могут попасть в ванну случайно, например, при смешивании фритюрного жира с шортенингом, содержащим эмульгаторы, перед упаковкой или во время нее; при неправильной маркировке или неправильном использовании шортенинга. Для выяснения причин этой проблемы следует проанализировать неиспользованный фритюрный жир из этой же партии и жир после жарки. Одним из признаков данной проблемы является высокое содержание свободных жирных кислот. Усиление требований к гарантии качества продукции должно помочь предотвратить случайное смешивание, а повышение квалификации персонала фритюрных аппаратов помогает избежать ошибок у потребителя жиров.
- Продукты с высокой влажностью.** Отщепление свободных жирных кислот происходит в результате гидролиза, поэтому чем больше влаги попадает во фритюрную ванну, тем быстрее протекает отщепление. Содержание влаги в продуктах можно регулировать путем тщательного осушения вымоченных кусочков продуктов, например, картофеля фри, перед загрузкой во фритюрный аппарат.
- Неправильное проведение мойки и очистки.** Остатки мыла и моющих средств во фритюрной ванне ускоряют образование свободных жирных кислот во фритюрном жире. Ополаскивание раствором слабой кислоты (уксуса) нейтрализует остатки мыла после мойки и устраняет возможность их присутствия.
- Низкий показатель замены.** Содержание свободных жирных кислот поддерживается на определенном уровне, зависящем от количества новых порций жира, добавляемых ежедневно во фритюрный аппарат. Если полная замена фритюрного жира на свежий происходит каждые 3 дня, содержание свободных жирных кислот остается удовлетворительным для большинства видов продуктов. При более медленной замене содержание свободных жирных кислот повысится до уровня, отрицательно влияющего на вкус жареных продуктов. Фритюрный жир должен быть забракован при первых признаках негативных изменений вкуса обжаренных продуктов. Продолжительность его использования до забраковки больше при высоком показателе замены, чем при низком.
- Стекание из вытяжной вентиляции.** Вещества, которые накапливаются в системе вытяжной вентиляции, в основном представляют собой свободные жирные кислоты. Если эти вещества будут стекать обратно в ванну, это приведет к значительному повышению содержания свободных жирных кислот и, следовательно, к повышенному дымообразованию и горькому, кислотному вкусу жареных продуктов. Это вещество также накапливается на внутренней стороне

крышки фритюрного аппарата, работающего под давлением. Крышки необходимо очищать после каждой жарки во избежание загрязнения обжариваемых продуктов.

- Нарушения порядка заполнения фритюрной ванны.** Некоторые производители пытаются исключить пусковой период работы фритюрного аппарата после полной замены фритюрного жира на свежий, добавляя к свежему жиру уже использованный. Это приводит к повышению содержания свободных жирных кислот и вызывает большее потемнение пищи, чем при использовании только свежего жира. Другие производители пытаются использовать этот прием для снижения себестоимости готовой продукции путем смешивания слитого фритюрного жира со свежим. Такой подход экономически не обоснован, поскольку компоненты частично разложившегося жира вызовут быстрое разложение его свежей части.
- Тип теста.** Количество свободных жирных кислот во фритюрном жире увеличивается при обжаривании изделий из теста, содержащего яичные желтки. Этот компонент содержит фосфолипиды, которые разлагаются при температурах жарки и вызывают потемнение и увеличение содержания свободных жирных кислот. Выявлена положительная корреляция между содержанием свободных жирных кислот и степенью потемнения жира в процессе жарки [32].

Проблема: Повышенное дымообразование

Возможные причины и способы их устранения

- Высокое содержание свободных жирных кислот.** Температура дымообразования фритюрного жира понижается пропорционально увеличению содержания свободных жирных кислот, поэтому при надлежащем контроле свободных жирных кислот образование дыма не должно представлять собой серьезную проблему. Причины этой проблемы и способы ее устранения описаны в предыдущем пункте.
- Присутствие эмульгатора.** Присутствие эмульгатора в любом жире или масле значительно понижает температуру дымообразования. Чрезмерное дымообразование сразу после достижения температуры жарки может быть признаком присутствия эмульгаторов. Возможные причины и корректирующие действия описаны в предыдущем пункте, посвященном свободным жирным кислотам.
- Неудовлетворительное фильтрование.** Панировка, тесто, кусочки продуктов и другие частицы, отделяющиеся от обжариваемых продуктов, при попадании во фритюрный жир загрязняют его, пригорают и способствуют образованию дыма. Для устранения этой причины фритюрный жир следует фильтровать через надежный фильтр не реже, чем один раз в день.
- Попадание вкладыша из упаковки жира.** Пластиковые вкладыши из упаковочных ящиков, случайно попавшие во фритюрный аппарат, вызывают образование дыма, пены и потемнение жира. В этом случае жир необходимо слить и утилизовать, аппарат тщательно очистить во избежание риска для здоровья потребителей [19].

Проблема: Высокое поглощение жира обжариваемыми продуктами

Возможные причины и способы их устранения

- Низкая температура жарки.** Продукт при обжарке быстро поглощает жир до тех пор, пока на его поверхности не возникает твердый слой. Этот слой или корочка образуется в результате карамелизации сахаров и крахмала при нагревании, поэтому продолжительность образования корочки непосредственно влияет на скорость поглощения жира. Температуру жарки следует подбирать таким образом, чтобы корочка образовалась как можно быстрее, но при этом внутренняя часть продукта успела прожариться.
- Загрузка фритюрного аппарата.** Чрезмерная загрузка продукта во фритюрный аппарат замедляет его разогрев, что приводит к снижению температуры жарки. При избыточной загрузке аппарата продолжительность жарки может увеличиться более чем в два раза по сравнению со временем, требующимся для жарки при нормальной загрузке. Рекомендуемая загрузка при погружном способе жарки во фритюре — 1 кг продукта на каждые 7 кг фритюрного жира.
- Уровень фритюрного жира.** Жарка при низком уровне жира отрицательно влияет как на качество жира, так и на качество обжариваемых продуктов. Жареный продукт может получиться пропитанным маслом, непропеченым или слишком мягким в связи со слабым прогреванием из-за увеличения соотношения загружаемого продукта и количества жира. Частое добавление свежего фритюрного жира для сохранения требуемого уровня приводит к его постоянному разбавлению, за счет чего замедляется разложение жира.
- Жарка замороженных продуктов.** Все замороженные продукты перед обжариванием следует разморозить, что облегчает прогревание продукта и способствует удалению избыточной влаги. Низкая температура замороженного продукта увеличивает время, необходимое для достижения желательной температуры жарки, что повышает поглощение жира. Избыточная влага повышает скорость разложения фритюрного жира за счет гидролиза, в результате чего поглощение жира также усиливается.
- Пенообразование фритюрного жира.** При обжаривании в пенящемся жире продукт в основном погружен в слой пены, а не в жидккий жир. Слой пены гораздо хуже переносит тепло, чем жидкий жир при обычной жарке, что приводит к увеличению продолжительности обжаривания и поглощения жира. При повышенном пенообразовании фритюрный жир следует слить для утилизации и заменить на свежий.
- Медленный разогрев фритюрного аппарата.** После погружения продуктов в жир в течение разогрева температура жарки остается ниже требуемой. Более низкая температура жарки приводит к повышению поглощения жира обжариваемым продуктом, причем чем медленнее происходит разогрев, тем выше поглощение жира. Скорость разогрева фритюрного аппарата зависит от работы терmostата. Регулярная проверка времени разогрева аппарата и замена терmostата при слишком медленном разогреве позволяют получать продукт постоянного качества, соответствующий предъявляемым к нему требованиям.

- Высокое содержание влаги в продукте.** Обжаривание начинается с момента погружения продукта в горячий жир и начала теплообмена между ними. Температура жира снижается, а продукта — повышается. Из продукта начинает выделяться влага, и образующийся пар, улетучиваясь, вызывает умеренное бурление на поверхности жира. Температура парообразования составляет всего 100 °С, даже если жир разогрет до 150 °С и более. В ходе испарения температура продукта не будет превышать 100 °С. Таким образом, образование корочки на поверхности продукта начинается лишь после испарения с нее всей влаги. В результате продукты с более высоким содержанием влаги дольше находятся при пониженной температуре, повышается время разогрева фритюрного аппарата при их обжаривании, увеличивается скорость гидролиза. Все продукты перед загрузкой во фритюрный аппарат должны быть тщательно осушены для максимального удаления влаги с их поверхности.
- Горячие пятна.** Участки, имеющие повышенную температуру вследствие тонких стенок газоотводных труб и электрических нагревательных элементов и усиленного подвода тепла в этих местах, ускоряют разложение фритюрного жира. В результате происходит полимеризация, приводящая к образованию смол, повышенному поглощению жира и пенообразованию. Проверка газоотводных труб и нагревательных элементов во время очистки ванны позволяет обнаружить отклонения до возникновения серьезных проблем.
- Тип теста.** Изделия из теста, в рецептуру которых входят яйца и разрыхлители, лучше поглощают жир. Оба эти компонента повышают пористость изделия, увеличивая количество пустот, что обеспечивает большее пространство для поглощаемого жира.

Проблема: Возникновение привкусов

Возможные причины и способы их устранения

- Вид масла.** Каждый вид масла имеет характерный вкус и аромат, которые могут вновь проявиться при неправильных режимах обработки и хранения. Некоторые масла имеют более неприятный возвратный вкус, другие — менее. Устойчивость вкуса и аромата каждого вида масла в большинстве случаев зависит от содержания полиненасыщенных жирных кислот, которые легко взаимодействуют с кислородом, что обуславливает появление возвратного привкуса, интенсивность которого зависит от глубины окисления. Выбор вида масла очень важен, поскольку оказывает влияние на вкус готового продукта, особенно при использовании масла, не подвергавшегося гидрогенизации для снижения содержания ненасыщенных жирных кислот. Иногда характерный вкус масла желателен, например, вкус арахисового масла — неотъемлемая особенность рыбы по-английски и чипсов.
- Использование лауриновых масел.** Кокосовое, пальмоядерное и другие масла с высоким содержанием лауриновой кислоты достаточно устойчивы к окислению, но гидролизуются легче, чем большинство других жиров и масел. Эта особенность придает маслу характерный мыльный привкус, который передается

обжариваемому продукту. При том, что окислительная стабильность этих масел является желательной характеристикой, вкус жареных продуктов требует тщательного контроля для своевременной замены отработанного фритюрного масла. Обычные показатели, используемые в общественном питании для определения момента замены фритюрного масла, неприменимы для лауриновых масел.

3. **Температура плавления фритюрного жира.** Температура плавления фритюрного жира влияет на ощущения во рту при употреблении жареных продуктов в пищу. Жир с высокой температурой плавления может маскировать вкус жаренного продукта, что может быть как желательным, так и нежелательным. Такое влияние температуры плавления следует обязательно учитывать при выборе фритюрного жира или масла.
4. **Содержание ТТГ во фритюрном жире.** Этот аналитический показатель означает процентное содержание твердых триглицеридов, измеренное при определенных температурах, обычно при 10,0; 21,1; 26,7; 33,3 и 40,0 °C. Эту зависимость называют также кривой плавления. Содержание твердой фракции при температуре тела является важным показателем ощущения во рту и органолептических характеристик жареного продукта. Высокое содержание ТТГ при 33,3 °C обуславливает маскировку вкуса или замедленное его восприятие, тогда как низкое содержание позволяет практически мгновенно ощущать вкус продукта. Крукий наклон кривой плавления желателен для большинства фритюрных жиров, если требуются их стабильность при жарке и выраженный вкус. Высокое содержание ТТГ при 10,0; 21,1 и 26,7 °C и быстрое уменьшение этого показателя до 1–2% при 40,0 °C свидетельствуют о крутом наклоне кривой плавления.
5. **Универсальное использование жира.** Вкус и запах одного продукта переходят к другому, если их обжаривали в одном и том же жире. Перенос вкуса и запаха можно свести к минимуму, если между обжариванием продуктов с сильным запахом провести жарку картофеля. В картофеле содержится значительное количество влаги, образующей пар при жарке, что приводит к перегонке жира с паром, т. е. его дезодорации и удалению одорирующих веществ.
6. **Высокое содержание свободных жирных кислот.** При аналитическом контроле жиров с использованием обычного метода титрования в качестве свободных жирных кислот определяются как продукты расщепления жиров вследствие гидролиза, так и другие кислотные вещества, присутствующие в жире. Обе группы кислот придают жареным продуктам неприятный терпкий или кислый привкус. Возможные причины и корректирующие действия описаны в одном из предыдущих пунктов, посвященном свободным жирным кислотам.
7. **Неудовлетворительное фильтрование.** Частицы продуктов, попадающие в нагретый фритюрный жир, карамелизуются и придают ему неприятный горелый запах, который передается жареным продуктам. Жир следует фильтровать не реже, чем один раз в день, с использованием фильтрующего материала, задерживающего содержащиеся в масле мелкие частицы.
8. **Неправильный выбор фильтрующего материала.** Фильтрующие материалы или средства, применяемые в механическом фильтре, следует тщательно прове-

рять перед использованием. Некоторые материалы очень эффективно удаляют частицы пищи и даже снижают содержание свободных жирных кислот, но придают жиру неприятный привкус, передающийся обжариваемым продуктам.

9. **Недостаточно тщательное снимание верхнего слоя.** Во время жарки следует достаточно часто удалять с поверхности жира частицы, попадающие в него из обжариваемых продуктов. В противном случае эти частицы будут обугливаться и прилипать к свежим порциям продукта, придавая им неприятный запах.
10. **Добавление использованных жиров для жарки на сковороде.** На некоторых предприятиях принято добавлять во фритюрный аппарат использованные жиры для жарки на сковороде в целях уменьшения расхода свежего жира. В результате такой практики ускоряется порча фритюрного жира, обжаренный продукт приобретает не свойственный ему вкус.
11. **Воздействие воздуха.** Во время фильтрования необходимо соблюдать осторожность, не допуская аэрирования горячего жира. Скорость окисления увеличивается при повышении температуры, поэтому не следует нагревать жир больше, чем это необходимо для поддержания его в жидком состоянии во время его фильтрования. При первых признаках аэрации следует отключить насос фильтра. Кроме того, нежелательно заполнение фритюрной ванны струей масла, падающей с большой высоты, возвратный трубопровод должен быть расположен как можно ближе к дну ванны, если возможно — то под поверхностью масла. При окислении во фритюрном жире появляется возвратный вкус исходных масел.
12. **Медные или латунные детали.** Детали из меди, латуни и других содержащих медь сплавов при контакте с фритюрным жиром могут ускорять процесс окисления, поскольку медь является сильным прооксидантом. В результате в жире возникает возвратный привкус исходных масел, который сразу же передается обжаренным продуктам. Нагревательные спирали, термоэлементы и другие части фритюрного аппарата часто изготавливают из сплавов на основе меди, покрытых нержавеющей сталью. Следует периодически проверять цельность этого покрытия, которая может нарушиться при чистке, что приведет к контакту прооксиданта с жиром. Кроме того, не следует использовать детали из меди или латуни при ремонте фритюрного аппарата.
13. **Пенообразование.** Интенсивное образование пены в жире при жарке свидетельствует о его порче и полной непригодности для использования в пищевых целях. Органолептические показатели любого поджаренного на таком жире продукта будут неприемлемыми. Возможные причины и корректирующие действия описаны в одном из предыдущих пунктов, посвященном повышенному пенообразованию.
14. **Высокая температура.** Наряду с ускорением разрушения фритюрного жира, слишком высокая температура жарки отрицательно влияет на процесс приготовления пищи. Снаружи продукт быстро доходит до готовности, а внутри остается сырьим. Обычная температура жарки составляет от 175 до 180 °C, но для приготовления крупных кусков требуется более длительная жарка, как правило, при более низкой температуре.

15. Низкая температура. Поглощение жира повышается при низкотемпературной жарке. Для получения продукта с требуемыми характеристиками и вкусовыми качествами необходимо поглощение некоторого количества жира. Именно этот впитавшийся жир и образование поджаренной корочки придают жареным во фритюре продуктам вкус, который не может быть получен другим способом. Но избыточное поглощение жира в результате снижения его качества или нарушения режимов жарки отрицательно сказывается на органолептических показателях готового продукта. Возможны несколько причин снижения температуры жарки:

- неисправный термостат;
- плохой теплоперенос;
- ошибка оператора;
- неправильные режимы жарки.

16. Нагревание во время простоя. Поддержание во фритюрном аппарате без загрузки продуктов рабочей температуры в течение 1 ч приводит к большему разложению жира, чем несколько часов обычной работы аппарата. При переходе аппарата в нерабочее состояние жир следует охладить до такой температуры, чтобы был возможен быстрый разогрев до необходимого значения. Использование оборудования для жарки, имеющего слишком большую вместимость, способствует ускорению разложения фритюрного жира, особенно в периоды слабой нагрузки. Приобретение нескольких фритюрных аппаратов вместо одного большого позволит полностью выключать незагруженное оборудование, что существенно снизит разложение жира.

17. Низкий показатель замены. Показатель замены фритюрного жира представляет собой отношение количества добавленного в течение дня жира к общему количеству жира, находящегося во фритюрной ванне. При низком показателе замены жир разлагается с большей скоростью. При высоком показателе замены разложение жира замедляется в результате внесения свежего жира для возмещения поглощенного продуктом. Любая степень разложения жира негативно сказывается на органолептических показателях обжаренных продуктов, поэтому этот процесс необходимо сводить к минимуму.

18. Неправильное проведение мойки и очистки. Остатки моющих средств катализируют разложение жира. Ополаскивание ванны слабым раствором кислоты, например, приготовленным из 5%-ного уксуса из расчета 0,25 л уксуса на каждые 10 л воды, нейтрализует остатки щелочи после мойки.

19. Размер обжариваемых кусочков продукта. Для обеспечения равномерной обжарки рекомендуется одинаковые по величине кусочки жарить в одной партии. При одновременной жарке больших и маленьких кусочков необходимо вынимать их из фритюра в разное время, чтобы добиться одинакового внешнего вида и вкуса.

20. Использование свежего масла. На большинстве предприятий, производящих снэки, аналитические характеристики фритюрного масла достигают равновесных значений только после четвертого добавления свежего масла. Нейтральный вкус и запах свежих фритюрных масел разбавляют и уменьшают интенсивность

вкуса и аромата снэков на первых стадиях приготовления до установления равновесия [33].

Проблема: «Химический» запах

Возможные причины и способы их устранения

1. Присутствие антиоксидантов. Появление в масле после нагревания до температуры жарки запаха, охарактеризованного как «химический», может быть обусловлено использованием антиоксидантов. Многие из них, например БОА, имеют сильный фенольный запах, становящийся более заметным по мере того, как эти соединения улетучиваются при сильном нагревании масла.

Проблема: Внешний вид продукта

Возможные причины и способы их устранения

1. Подгоревшие частицы продукта. Присутствие подгоревших частиц продукта во фритюрном жире способствует образованию в обжаренных продуктах горького привкуса и нежелательных мелких пятен на поверхности. Эти дефекты усиливаются при увеличении количества этих частиц. Для сохранения качества фритюрного жира необходимо ежедневное или постоянное фильтрование с использованием фильтра, обеспечивающего удаление всех взвешенных частиц.

2. Нарушения порядка заполнения фритюрной ванны. Некоторые производители пытаются исключить пусковой период работы фритюрного аппарата после полной замены фритюрного жира на свежий, добавляя к свежему жиру уже использованный. Это приводит к повышению содержания свободных жирных кислот и вызывает большее потемнение пищи, чем при использовании только свежего жира. Другие производители пытаются использовать этот прием для снижения себестоимости готовой продукции путем смешивания слитого фритюрного жира со свежим. Такой подход не дает преимуществ с точки зрения экономики и функциональных свойств жира, поскольку компоненты частично разложившегося жира вызовут быстрое разложение его свежей части. Кроме того, это воздействие использованного жира на свежий ограничивает применимость этого способа улучшения внешнего вида готовых изделий.

3. Маслянистый или лоснящийся внешний вид продукта. Продукты, обжаренные в жидком при комнатной температуре фритюрном масле, имеют более маслянистую и блестящую поверхность, чем обжаренные на жире, твердом при комнатной температуре.

4. Сухой или тусклый внешний вид продукта. Твердые при комнатной температуре жиры придают пище более сухой внешний вид, чем жидкие масла. Поверхность продукта становится более тусклой при возрастании температуры плавления жира. Желательного внешнего вида продукта можно достичь путем подбора фритюрного жира с промежуточной температурой плавления.

5. Размер обжариваемых кусочков продукта. Для равных по величине кусочков продукта продолжительность обжарки должна быть одинаковой. При одно-

временной жарке больших и маленьких кусочков необходимо вынимать их из фритюра в разное время, для того чтобы добиться одинакового внешнего вида и вкуса.

- Высокая температура.** Обжаривание во фритюре при высокой температуре жира приводит к более быстрому образованию корочки на поверхности продукта, чем при низкотемпературной жарке, кроме того, в продукте удерживается больше влаги. Однако за время, необходимое для полного приготовления, на продукте может образоваться более темная корочка, чем требуется. Для каждого фритюрного аппарата необходимо определить и в дальнейшем использовать наименьшие температуры жарки, достаточные для полного приготовления продукта и придания ему привлекательного внешнего вида. Обычная температура жарки на предприятиях общественного питания составляет от 160 до 180 °С.

Проблема: Мгновенное образование пены

Возможные причины и способы их устранения

- Аэрирующий газ.** В пластифицированные жиры вводят аэрирующий газ или азот в целях облегчения их обработки. При нагревании жира в фритюрном аппарате инертный газ высвобождается. Процесс деаэрации можно спутать с пенообразованием, особенно при быстром нагревании свежего жира до температуры жарки. Большие прозрачные пузырьки перестанут образовываться после высвобождения всего газа, обычно это происходит задолго до достижения температуры жарки. Пена, возникающая при разложении фритюрного жира, характеризуется мелкими желтоватыми пузырьками, не разрушающимися и не рассеивающимися, пока продукты не вынуты из жира.
- Смешивание лауриновых и жидких растительных масел.** Мгновенное вспенивание в фритюрном аппарате может быть вызвано небольшими количествами лауриновых масел, например, кокосового или пальмоядрового, добавленных в жидкое растительное масло, и наоборот. Такая смесь может образоваться при транспортировке или производстве жиров и масел, или же непосредственно в фритюрном аппарате, но в любом случае результатом будет очень быстрое вспенивание масла. Проблема может быть выявлена при анализе жирнокислотного состава фритюрного масла до использования и после путем определения содержания лауриновой кислоты $C_{12:0}$.

13.4. Маргарины и спреды

Проблема: Высокая обсемененность микроорганизмами

Бактерии представляют собой одноклеточные микроорганизмы, размер которых варьирует от $5 \cdot 10^{-7}$ до $4 \cdot 10^{-5}$ мм в диаметре и от $1 \cdot 10^{-6}$ до $5 \cdot 10^{-6}$ мм в длину. Бактерии размножаются простым вегетативным делением клетки; репродуцироваться

может одна клетка. Для роста бактерий необходимы наличие питательной среды, влаги и достаточно высокая температура. Они не могут перемещаться самостоятельно, их перенос осуществляется через руки, обувь и одежду, поэтому лучшим способом избежать обсеменения (контаминации) продуктов является соблюдение санитарно-гигиенических норм производства.

Возможные причины и способы их устранения

- Бактерии группы кишечных палочек (БГКП или колиформы).** Различные виды бактерий этой группы обнаружены в пищеварительном тракте всех теплокровных животных. Как правило, они считаются не патогенными (болезнетворными) видами, а сопутствующими другим, вызывающим кишечные инфекции, микроорганизмам. Они не выдерживают пастеризации, поэтому их присутствие в пастеризованных продуктах свидетельствует о несоблюдении санитарных норм при их производстве, обработке или хранении. Определение колиформ проводят в целях контроля соблюдения санитарно-гигиенических требований.
- Общее микробное число (ОМЧ).** Подсчет общей численности микроорганизмов по количеству колоний после чашечного посева – важный показатель соблюдения санитарно-гигиенических норм и качества готового продукта¹. Бактерии, растущие при температуре проведения анализа, известны как мезофиллы и относятся к множеству различных родов. При определении этого показателя используют богатую питательными веществами неселективную культуральную среду. В этой группе микроорганизмов присутствуют как патогенные, так и непатогенные виды.
- Дрожжи и плесени.** Для роста дрожжей и плесеней требуются очень сходные условия. Оба вида микроорганизмов способны сохранять жизнеспособность при таких значениях pH, активности воды и концентрациях сахара, которые выходят за пределы выживаемости других микроорганизмов. В связи с устойчивостью дрожжей и плесеней к экстремальным условиям они являются важной группой микроорганизмов, вызывающих порчу маргаринов и спредов. Присутствие в этих продуктах дрожжей и плесеней указывает на недостаточно тщательное выполнение санитарно-гигиенических норм.
- Термофильные микроорганизмы.** Термин «термофильные микроорганизмы» или «термофилы» используется для описания группы микроорганизмов, способных расти при температурах до 55–80 °С. Эти организмы весьма устойчивы к воздействию нагревания (терморезистентны) и могут являться причиной порчи продукта. При воздействии повышенных температур или значительном охлаждении они образуют споры.
- Патогенные микроорганизмы.** Патогенными называют микроорганизмы, вызывающие различные заболевания. При производстве маргаринов и спредов важны

¹ В настоящее время в России в качестве показателя общей бактериальной обсемененности определяют количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). – Примеч. ред.

два типа патогенов — возбудители инфекционных заболеваний и интоксиканты, образующие опасные для человека вещества (токсины). Микроорганизмы *Salmonella*, *Escherichia coli* и *Listeria* являются возбудителями кишечных инфекций, они вызывают заболевание при попадании в желудочно-кишечный тракт¹. Ко второму типу патогенов относятся микроорганизмы рода *Staphylococcus*. Некоторые его виды вырабатывают токсин, опасный для человека при попадании в организм. В процессе пастеризации микроорганизмы погибают, но уже выработанный токсин продолжает сохранять активность. Это объясняет опасность обсеменения пастеризованного продукта через руки, которое может привести к серьезным последствиям.

Проблема: Нестабильность эмульсии

Возможные причины и способы их устранения

- Обращение эмульсии.** Для получения эмульсии типа «вода в масле» важно, чтобы водная фаза добавлялась к жировой. Скорость внесения водной фазы не имеет особого значения при получении эмульсии обычных маргаринов, но очень важна при производстве маргаринов и спредов пониженной жирности. В последнем случае необходимо, чтобы скорость внесения воды была минимальной, особенно на раннем этапе получения эмульсии, что позволяет предотвратить ее обращение (инверсию).

Проблема: Нарушение упаковки маргаринов

Возможные причины и способы их устранения

- Дефекты упаковки.** Помятые или порванные картонные ящики, масляные пятна на них и неаккуратное склеивание представляют собой проблему, с которой сталкиваются все производители. Эти дефекты упаковки следует устранять сразу же после обнаружения, чтобы сохранить качество упакованного продукта.

Проблема: Дефекты внешнего вида наливного маргарина

Возможные причины и способы их устранения

- Неполное заполнение тары.** Причинами этого дефекта являются нарушения при весовом контроле или недостаточное количество аэрирующего газа.
- Размазывание продукта внутри упаковки.** Этот дефект возникает в результате высокой температуры продукта при фасовке, слишком высокой скорости линии, использования неправильной рецептуры жировой основы маргарина или спреда или же при небрежном обращении во время заполнения групповой тары.

¹ В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» бактерии *E. coli* относятся к условно-патогенным микроорганизмам. — Примеч. ред.

- Тусклая поверхность.** Заполнение тары теплым продуктом может привести к отделению жидкого масла и отсутствию блеска на поверхности после застывания.
- Пористая текстура.** Образование пор возможно при недостаточном противодавлении в вататоре, слишком низкой температуре охлаждения или при недостаточной производительности оборудования.
- Мраморность.** Неравномерное протекание продукта (проскальзывание) через переохладитель приводит к образованию в продукте прожилок другого цвета. В области прожилок находится недостаточно охлажденный продукт.
- Зернистая текстура.** Переход маргарина в β -кристаллическую форму при слишком высокой температуре хранения обуславливает образование зернистой текстуры. Температура хранения маргаринов должна составлять $(7,2 \pm 2,8)$ °С.

Проблема: Дефекты консистенции наливного маргарина

Возможные причины и способы их устранения

- Высокая твердость продукта при заполнении тары.** Для получения более мягкой консистенции продукта следует понизить его температуру на выходе из вататора или усилить интенсивность обработки.
- Крупноточечность продукта при заполнении тары.** Образование крупинок может быть вызвано слишком низкой температурой переохладителя или прекристаллизацией. Следует оценивать консистенцию мягкого маргарина при фасовке, чтобы определить степень повышения температуры на выходе из вататора, необходимую для получения однородной консистенции. Для предотвращения прекристаллизации температура расплавленного продукта должна на 5,5 °С превышать температуру плавления жировой основы.
- Отделение жидкого масла или блестящая поверхность.** Устранить эту проблему можно путем снижения температуры на выходе из переохладителя или уменьшением интенсивности обработки.

Проблема: Дефекты брускового маргарина

Возможные причины и способы их устранения

- Крошливость или слишком твердая консистенция.** Для получения более мягкой консистенции необходимо уменьшить температуру на выходе из вататора или повысить интенсивность обработки.
- Крупноточечная консистенция.** Следует повысить температуру переплавки продукта из линии возврата для предотвращения прекристаллизации или же снизить температуру на выходе из вататора.
- Наличие полостей.** При перемешивании эмульсии мешалка не должна создавать в емкости завихрений, приводящих к захвату воздуха.
- Засаленность.** Эта проблема устраняется при снижении интенсивности обработки путем уменьшения скорости вращения вала декристаллизатора или продолжительности обработки.

Проблема: Дефекты жидкого маргарина

Возможные причины и способы их устранения

1. **Расслоение после упаковки.** Устойчивость эмульсии может быть повышена в результате следующих действий:

- более интенсивное перемешивание эмульсии в питающем баке;
- снижение температуры на выходе из переохладителя;
- более длительная обработка после переохлаждения;
- увеличение продолжительности кристаллизации после переохлаждения перед фасовкой.

Проблема: Дефекты вкуса и запаха

Возможные причины и способы их устранения

1. **Неправильные режимы хранения.** Перепады температур или длительное воздействие повышенных температур при хранении приводят к появлению в маргарине крупнитчатости или обволакивающему (восковому) ощущению во рту. Устойчивая β' -кристаллическая структура тугоплавких триглицеридов при воздействии повышенных температур плавится, жиры рекристаллизуются в форме крупных отдельных частиц, имеющих β -структуру. Переход от β' - к β -кристаллической форме сопровождается повышением температуры плавления жира на 2–3 °С [34]. В помещении для хранения маргарина должна поддерживаться температура $(7,0 \pm 2,5)$ °С, движение товара на складе следует осуществлять по принципу «первым поступил – первым выдан».

2. **Невыраженный вкус.** Слабая интенсивность вкуса и аромата может быть вызвана несколькими причинами:

- низкой дозировкой вкусоароматических добавок;
- потерей вкуса и аромата при длительном хранении;
- образованием β -кристаллов;
- использованием жировой основы с высокой температурой плавления или пологой кривой плавления.

3. **Прогорклый вкус.** Окисление жиров приводит к появлению в маргарине сначала возвратного привкуса исходных масел, затем – прогорклого вкуса. Жиры, используемые для приготовления маргариновой эмульсии, должны иметь хороший вкус и аромат и высокую устойчивость к окислению.

4. **Кислый вкус.** Этот дефект обычно возникает при использовании низкокачественного молока.

5. **Привкус упаковки.** Источником является пластмассовая тара, применяемая для упаковки мягкого маргарина.

6. **Поглощение запахов при хранении.** Несвойственные маргарину фруктовые запахи, как правило, появляются в результате неправильного хранения продуктов на складе. Не допускается хранение маргарина вблизи от любых продуктов, обладающих сильным запахом: фруктов, свежих овощей и т. п. Маргарины быстро впитывают запахи.

7. **Привкус старого масла.** Для старого маргарина характерен вкус, напоминающий горчичный.

13.5. Контроль качества

Проблема: Ошибки при составлении спецификаций [35, 36]

Возможные причины и способы их устранения

1. **Включение незначительных показателей.** Спецификации зачастую содержат ряд известных, но не имеющих большого значения показателей и параметров. Излишние требования вносят путаницу и иногда противоречат друг другу, что приводит к невозможности выполнения всех указанных в спецификации ограничений. Хорошая спецификация включает в себя только те требования, значимость которых точно известна.

2. **Дублирование методов испытаний.** Иногда в спецификации указывают несколько методов измерения одного показателя, тогда как наиболее целесообразно использовать один метод, наиболее полезный и подходящий для текущих анализов. Незначительные детали отвлекают от действительно важных факторов. Кроме того, следует избегать излишних требований, предъявляемых поставщикам. Спецификации должны содержать лишь совершенно необходимые измерения.

3. **Пренебрежение колебаниями свойств ингредиентов.** Для всех ингредиентов характерно непостоянство их свойств. Недопустимо включать в спецификацию единственное значение показателя без указания, является ли оно минимально или максимально допустимым. Во всех других случаях следует указывать интервал допустимых значений. Этот интервал не должен быть слишком узким, поскольку это приводит к повышению себестоимости или чрезмерно затрудняет достижение соответствия. Однако он не должен быть шире, чем это необходимо для получения качественного конечного продукта. Кроме того, необходимо учитывать границы погрешности методов измерения.

4. **Нулевые допустимые отклонения.** Это почти всегда нереально, особенно при использовании современных высокочувствительных аналитических методов. Если в спецификации указан допустимый предел отклонений, равный нулю, это должно быть отнесено к конкретному плану отбора проб или к аналитической методике. Однако даже в случае простейшего измерения размера частиц разумно оставить хоть небольшой допустимый интервал для материала, который останется на самом грубом сите или пройдет через самое мелкое.

5. **Неверное указание значимых цифр.** Значимые цифры, приводимые в спецификации, не должны превышать точность данного метода измерений или требования, предъявляемые при конечном использовании продукта. Например, если указано максимальное значение, равное 1%, это зачастую понимают как 1,0 или даже 1,00%, что совершенно неверно. На самом деле эта цифра означает, что значение 1,499% приемлемо, поскольку при округлении до целого числа дает

- 1%. Таким образом, следует четко представлять, какое значение соответствует цифрам, приведенным в спецификации.
- 6. Копирование информационных материалов поставщика.** Это самый легкий способ получения спецификации ингредиента или упаковки. К сожалению, полученная таким образом спецификация бывает не самой лучшей и даже неприемлемой. Спецификации поставщика всегда следует тщательно перерабатывать для приведения их в соответствие с требованиями, предъявляемыми к конечно-му продукту.
- 7. Нечеткое указание методов анализа.** Необходимо четко указывать методику проведения измерений каждого показателя, приведенного в спецификации. Одной из самых распространенных причин разногласий между заказчиками и поставщиками является несоответствие продукта предъявляемым к нему требованиям. Достаточно часто причина этих разногласий заключается в использовании разных методик определения спорного показателя. Эта проблема возникает при наличии нескольких стандартных методик измерения данного параметра, например, массовой доли влаги, температуры плавления и т. д.
- 8. Отсутствие особых инструкций.** К каждой спецификации следует прилагать особые инструкции, необходимые поставщику, например, инструкции по порядку отбора проб, проведения испытаний и приемки продукции, включая отбор образцов перед транспортировкой, акты о проведении анализов, температуру при доставке и т. п. Эти особые требования к порядку обращения с продуктом, установленные заказчиком, должны быть четко изложены в каждой отдельной спецификации.
- 9. Отсутствие порядка пересмотра спецификации.** Не существует понятия окончательной спецификации, поскольку это означает прекращение исследований. Иногда возникает необходимость изменения новой спецификации вскоре после утверждения, даже после всесторонней подготовительной работы, направленной на разработку совершенного документа. По мере накопления опыта и появления новых технологий любая спецификация должна со временем пересматриваться.
- 10. Отказ от компромисса или изменений.** Получение полностью соответствующего потребностям ингредиента чаще всего невозможно. Может оказаться необходимым работать с тем сырьем и материалами, которые имеются в наличии, и формировать документ с учетом этого. Даже после разработки и утверждения спецификации некоторые требования могут оказаться невыполнимыми для поставщика. В такой ситуации необходимо найти компромисс без ущерба для обеих сторон.
- 11. Перенос спецификации с одного конечного продукта на другой.** Любой ингредиент может использоваться при производстве нескольких продуктов, причем его функция в них может быть одинаковой, но может и различаться. С учетом этого перед рассмотрением соответствия существующей спецификации другому направлению использования ее следует тщательно рассмотреть, чтобы определить, подходят ли указанные в ней показатели и допустимые пределы для обоих конечных продуктов. При восстановлении старой спецификации следует

- обратить внимание на наличие данного продукта на рынке и на возможное изменение его функциональных свойств.
- 12. Недостаточность информации.** В реальных условиях разработчики спецификаций никогда не обладают всеми данными. Возникает вопрос, возможно ли надлежащее использование ингредиента, если основываться на доступных данных. Разработчик должен представлять себе способ изготовления ингредиента, его характерные свойства и предполагаемое конечное использование. Сбор информации по этим направлениям требует общения с лицами, обладающими ею. Как правило, ими являются производители и разработчики продукта и технологические отделы.
- 13. Составление спецификации особых ингредиентов.** Иногда недостаток знаний о доступных ингредиентах или требующихся характеристиках приводит к разработке спецификации на дорогой продукт, изготавливаемый по заказу. В отдельных случаях действительно требуется особый ингредиент, но в первую очередь следует рассмотреть возможность использования стандартных, легко доступных вариантов. Разработчики продуктов и сотрудники технологических служб, устанавливающие требования к ингредиентам, должны консультироваться с авторами спецификаций на ранних этапах своих проектов, что позволяет избежать подобных проблем. Более того, система спецификаций должна быть достаточно удобна, чтобы предупреждать путаницу такого рода.
- 14. Несвоевременное получение результатов.** Необходимо предусмотреть получение всех результатов анализов в течение периода времени, позволяющего предпринять корректирующие действия до использования или отгрузки ингредиентов. Получать результаты испытаний после использования ингредиента хуже, чем не проводить испытания вообще. Исключением являются испытания, проводимые в целях проверки и не предусматривающие принятия каких-либо действий по полученным результатам.
- 15. Несовместимые требования к показателям.** Многие анализируемые показатели масложировых продуктов взаимозависимы. Например, йодное число зависит от жирнокислотного состава, температура плавления рассчитывается из кривой плавления, индукционный период зависит от йодного числа или жирнокислотного состава. Иногда допустимые пределы показателей, указанные в спецификации, могут быть установлены на основании неверных результатов лабораторных анализов, нестандартного продукта или в случае принятия желаемого за действительное. Такой тип ошибок может сделать требования спецификации невыполнимыми для поставщика или существенно увеличить стоимость продукта.
- 16. Нечеткие требования.** Спецификация должна устанавливать строгие стандарты на продукт, включая все показатели качества, состав, соответствие нормативам и другие требования. Отсутствие четких формулировок, например, непостоянные допустимые отклонения или указание рекомендуемых, а не требуемых значений, является препятствием для ясного понимания свойств продукта. Все требования спецификаций должны быть конкретными, четко определенными, ясно заданными показателями.

- 17. Недостаточная ясность спецификации.** Спецификация является средством коммуникации для всех уровней управления, поставщиков и технологов. Каждый пункт спецификации должен быть понятным и исключающим неправильное истолкование.
- 18. Составление спецификации «с запасом».** Достаточно часто спецификации составляют так, чтобы охватывать требования всех сторон. Зачастую при подготовке спецификации на закупаемые ингредиенты наблюдается тенденция приспосабливаться под более слабого поставщика. При разработке спецификации продуктов возможно включение в нее жестких требований, заданных только одним из заказчиков для определенного продукта. В обоих случаях показатели, включаемые в спецификации, должны соответствовать используемым характеристикам, устанавливать минимум требований к закупаемому продукту и учитывать возможности процесса производства определенного продукта. Закупаемые ингредиенты, вспомогательные средства и другие добавки, также как и промежуточные процессы, необходимо рассматривать с точки зрения производства конечного продукта.
- 19. Узкие допустимые пределы.** Излишне жесткие ограничения, установленные в спецификациях в целях получения дополнительной выгоды, поддержания репутации требовательного производителя или в надежде, что каким-то образом получится соответствующая продукция, приводят к игнорированию всех требований спецификации. Установленные в спецификациях допустимые пределы должны быть приемлемыми как для производителя, так и для потребителя, чтобы исключить нарушения процесса производства или получение продукта низкого качества в результате пренебрежения критическими показателями.
- 20. Использование метода «страуса».** Недопустимо изменение требований спецификации в целях приведения их в соответствие с процессом, который вышел за установленные рамки. В том случае, когда процесс производства продукта постоянно соответствовал заданным пределам вплоть до недавнего времени, это отклонение свидетельствует о серьезных недостатках процесса, требующих рассмотрения, а не изменения требований для их подгонки под ухудшившиеся показатели.
- 21. Смешивание важных и незначительных характеристик.** Необходимо четко определить относительную важность отдельных показателей. Некоторые характеристики в большей степени влияют на пригодность продукта, они должны укладываться в более узкий интервал допустимых значений. Другие оказывают незначительное воздействие на функциональные свойства продукта и не требуют большого внимания. Одним из способов передачи информации о важности требований является их разделение на категории: критические, главные, второстепенные.
- 22. Неполные сведения об изменениях.** В структуре каждой спецификации должна присутствовать графа «Основание для изменений», в которой суммируются все изменения, сделанные до настоящего времени. В этой графе необходимо перечислять все изменения для пользователей, что избавляет их от необходимости просматривать весь документ. При наличии в этой графе неполного перечня

возможно игнорирование некоторых изменений. Еще одним способом обнаружения изменений персоналом, использующим данную спецификацию, является пометка «Изм.» в правом поле рядом с фактическими изменениями.

- 23. Несоответствие частей упаковки.** Большинство видов упаковки для пищевых жиров и масел состоят из нескольких деталей. Размеры каждой из этих деталей могут в различной степени отклоняться от номинального значения, что может повлиять на функциональные характеристики упаковки и ее защитные свойства по отношению к продукту. Все детали должны точно подходить друг к другу, чтобы обеспечить защиту продукта, и при этом легко собираться при использовании для высокопроизводительных линий упаковки продукта. Установленные в спецификации допуски должны обеспечивать плотное соединение всех частей упаковки и исключать проблемы при сборке.
- 24. Отсутствие согласованности контроля.** В системе спецификаций контроля технологических процессов продукт, получаемый по окончании каждого процесса, рассматривается как конечный. Каждый из таких конечных продуктов может служить сырьем для последующего продукта (одного или нескольких). Тот, который является сырьем только для одного последующего продукта, должен соответствовать требованиям одной спецификации, тогда как показатели многоцелевого продукта должны удовлетворять спецификациям всех последующих. Разработчики продукта и составители спецификаций должны согласовывать свойства продуктов, полученных после данного процесса, и сырья для последующих процессов, чтобы определить, подходит ли продукт в качестве сырья для дальнейшей обработки, или же для получения желательного конечного продукта требуется новый компонент. Разработчики спецификаций должны принимать меры предосторожности против использования промежуточного продукта в качестве сырья, если он лишь частично удовлетворяет требованиям конечного продукта.
- 25. Установление допустимых отклонений в спецификации.** Оптимальные пределы и допустимые отклонения в спецификациях получают путем определения потребностей и возможностей производства. Спецификации, разработанные с использованием такого способа, переходят в статус промышленного нормативно-правового документа, который должен соблюдаться в обязательном порядке. Однако лишь немногие спецификации базируются на достижении оптимальных функциональных свойств, большинство же основано на консенсусе, компромиссах или взаимном недоверии. Накопленные данные о функциональных свойствах позволяют определить возможности процесса и требования к конечному продукту. Сведения, которые могут быть получены из этих данных, включают в себя несколько показателей:
- По окончании процесса получают продукт, все измеряемые параметры которого имеют центр распределения: средняя величина, среднее значение или среднее арифметическое, рассчитанное по всем имеющимся результатам измерений данного параметра.
 - Фактические значения параметра колеблются вокруг среднего значения внутри некоторого интервала, который можно определить, рассчитав стандартное (среднеквадратическое) отклонение.

- После определения среднего значения и стандартного отклонения можно установить вероятность нахождения измеряемой величины в некотором заданном интервале вокруг среднего значения или центральной точки.
 - Каждый раз, когда производимый продукт выходит за допустимые пределы, установленные этим способом и указанные в спецификации, следует знать, что единичный случай не является результатом отклонений, но если имеют место несколько фактических недостатков, это требует корректирующих действий.
 - В новых спецификациях следует устанавливать временные пределы допустимых отклонений, основанные на отклонениях, рассчитанных для подобных продуктов, или на результатах, полученных при пробных выработках на пилотных установках. Постоянные пределы устанавливают после накопления достаточно большого количества данных, позволяющих провести расчет по приведенной выше методике.
- 26. Использование аббревиатур.** Следует избегать использования сокращенных слов и аббревиатур, за исключением принятых повсеместно, не только на данном предприятии или в компании. Даже общеизвестные аббревиатуры могут быть источником ошибок: например, обозначение йодного числа IV (*iodine value*) можно спутать с римской цифрой. Другим примером может быть обозначение метода определения жирнокислотного состава: *GLC (gas-liquid chromatography – газо-жидкостная хроматография)*, которое в других сферах деятельности может иметь другие значения. Аббревиатуры слишком многозначны, чтобы их можно было использовать в таких требующих особой четкости и точности формулировок документах, как спецификации.

Проблема: Несоблюдение спецификаций

Возможные причины и способы их устранения

1. **Конфликт спецификации и практики.** «Черный список» мастера или оператора не должен иметь приоритета перед официальной спецификацией. К спецификациям следует относиться как к законам компании. Никто не имеет права отклоняться от утвержденных спецификаций без зафиксированного обоснования в виде разрешения на изменение документа или на временное отклонение от установленных требований.
2. **Использование устаревшего варианта спецификации.** При утверждении нового варианта спецификации необходимо незамедлительно заменить предыдущий вариант во всех сборниках спецификаций для соответствия продукта сделанным изменениям. Технологические службы, отделы контроля качества, продаж и другие подразделения, использующие в своей деятельности различные спецификации, должны разработать систему замены, гарантирующую поступление и использование последних вариантов спецификации. В одной из таких эффективных систем предусмотрен возврат всех копий старых спецификаций в центр сбора, где они учитываются и затем уничтожаются.

3. **Устные изменения спецификаций.** Все изменения спецификаций должны осуществляться в соответствии с установленным порядком внесения изменений. Устные изменения не предусмотрены существующими правилами, практически всегда они создают ряд проблем:
 - Эти изменения не доводят до сведения всех заинтересованных лиц, использующих спецификации в своей деятельности.
 - Такие изменения никогда не включают в рабочий режим производства.
 - Возможно выполнение нового требования лишь частью персонала, тогда как другая часть забывает или игнорирует его.
 - Устные изменения зачастую могут быть неверно поняты или забыты, поэтому фактический результат осуществления этого изменения может существенно отличаться от ожидаемого.

Высокая скорость передачи информации в настоящее время избавляет от необходимости устных поправок спецификаций, тем не менее, все сотрудники, работающие в этой системе, должны быть готовы незамедлительно реагировать на запросы покупателей.

4. **Отклонения.** Допущение отклонений от требований спецификации может привести к переписыванию спецификации. Это создает ситуацию, в которой имеется в наличии более одной исходной спецификации и, по существу, происходит неправомочная модификация продукта. После утверждения спецификация представляет собой закон для всех работников предприятия. Никто не имеет права отклоняться от утвержденных спецификаций без обоснования в виде утвержденного изменения или, в отдельных случаях, разрешения на отклонение от гарантированного качества.

Проблема: Полностью новая спецификация

Возможные причины и способы их устранения

1. **Дополнительные требования.** При утверждении спецификации на новый продукт некоторые дополнительные требования могут быть не учтены. Использование списка, в котором перечислены все возможные индивидуальные требования, позволяет избежать этого упущения. Перед разработкой такого списка для новой спецификации необходимо получить ответы на следующие вопросы:
 - Требуются ли дополнительные спецификации промежуточных продуктов? Если это так, на какой стадии подготовки и утверждения они находятся?
 - Имеются ли в наличии спецификации всех закупаемых ингредиентов, сырья и материалов, согласованные с поставщиками?
 - Подготовлены ли необходимые спецификации упаковочных материалов для этого продукта, согласованные с поставщиками?
 - Требуются ли для данной новой спецификации новые методы контроля и определения физико-химических и функциональных показателей?
 - Обновлялась ли сводная спецификация в целях включения в нее требований данной новой спецификации?

- Требует ли этот продукт сертификации в государственных органах или других организациях?

Проблема: Работа с претензиями и рекламациями

Возможные причины и способы их устранения

- Система работы с претензиями.** Любая претензия является мнением потребителя и требует тщательного рассмотрения. Критической точкой является наличие системы, на основании которой все жалобы и претензии, независимо от источника, направляются в один пункт сбора, где они рассматриваются в соответствии с подробно расписанной процедурой. Все жалобы должны быть представлены в виде таблиц, их перечень должен постоянно передаваться для сведения в подразделения обеспечения качества и технологические службы.
- Распределение деятельности.** Процедура рассмотрения рекламаций должна быть тщательно документирована и выдана всему задействованному персоналу в целях понимания роли каждого сотрудника и его ответственности за качество и надежность продукции.
- Определение уровня качества.** Количество претензий и возвратов может быть полезным как один из индикаторов успешности работы системы контроля качества, но оно не является свидетельством полноты удовлетворения запросов потребителей. Степень надежности этого критерия в последнем случае зависит от типа потребителя.
 - **Розничная торговля.** По данным исследований, лишь малая часть недовольных покупателей будет подавать письменную претензию предприятию-изготовителю; примерно 96% покупателей не делают этого. Основная часть купивших некачественный товар не меняет продукцию, они жалуются своим друзьям, родственникам и знакомым.
 - **Общественное питание.** В этой сфере более высокий процент недовольных конечных потребителей жалуется продавцам, но жалобы, как правило, не доходят до производителей пищевых масел и жиров.
 - **Производители пищевых продуктов.** Прямые продажи больших объемов продукции производителям приводят к регистрации поставщиком большого количества претензий. Претензии производителей пищевых продуктов следует расследовать более тщательно в целях оптимального выбора корректирующих действий для предупреждения возвратов из-за контакта с непосредственными потребителями.
- Результаты.** Потребители, которые являются производителями пищевых продуктов, скорее всего, осознают возможность возникновения проблем, поэтому запоминают компанию-производителя или как неспособную решить проблему, или как оказывающую значительную поддержку во время кризиса. Сложившаяся у покупателя впечатление оказывает непосредственное влияние на последующие торговые отношения.
- Медленное реагирование.** При поступлении рекламации, с которой вы не согласны, необходим быстрый анализ ситуации. Следует предпринять все усилия

для выяснения действительной причины проблемы, чтобы защитить свою продукцию и изменить негативное впечатление на позитивное.

- Раздражение.** Перекладывание ответственности и отговорки – два образа действий, вызывающие наиболее сильное раздражение у потребителей, имеющих вопросы или претензии. Это раздражение можно предотвратить, приняв за правило, что первый задействованный сотрудник должен работать со всеми запросами данного потребителя до успешного разрешения проблемной ситуации. Следует внедрить порядок работы с входящими звонками, в соответствии с которым вскоре после поступления вопроса или жалобы осуществляется ответный звонок.
- Обсуждение вопросов.** Сотрудники, постоянно имеющие дело с жалобами и претензиями, должны быть достаточно опытными, чтобы ответить на вопросы, касающиеся продукта, и иметь качества характера, позволяющие уладить возникшую ситуацию. Перечисленные ниже советы служат руководством для сотрудников одной из компаний, занимающихся претензиями:
 - Выслушайте потребителя внимательно, не перебивая.
 - Разговаривайте спокойно.
 - Сохраняйте объективность.
 - Сразу же выслушайте потребителя, не заставляйте его ждать и не просите перезвонить.
 - Продемонстрируйте искреннюю готовность помочь.
 - Получите всю необходимую информацию при первом же разговоре.
 - Обсудите возможные альтернативные решения.
 - Установите определенную дату выполнения необходимой услуги и обеспечьте соблюдение своих обязательств.
 - Убедитесь, что представитель технологической службы понимает деликатность ситуации в случае «трудного» звонка.
 - Подтвердите получение претензии письменно.
 - Прилагайте искренние усилия для разрешения претензии.
 - Убедитесь, что потребитель располагает надлежащей информацией для последующих звонков.
 - Постоянно учтывайте основную миссию компании и принципы ее деятельности.
 - Помните, что для потребителя Вы являетесь лицом компании.

Проблема: Прослеживаемость продукта

Ключевым моментом любой процедуры возврата или отзыва продукта является возможность проследить использование определенной партии сырья, ингредиентов или материалов до конечного продукта, после чего рассмотреть все количество продукта, произведенное с использованием данной партии.

Возможные причины и способы их устранения

- Маркировка тары.** Данные, содержащиеся в маркировке, должны быть представлены в как можно более простой форме и включать в себя дату упаковки,

партию или время упаковки и расположение предприятия. Все виды потребительской и транспортной тары должны иметь маркировку с подобной информацией. Данные должны быть четкими и легко читаемыми, располагаться на одном и том же, удобном для прочтения месте тары.

2. **Регистрация перевозок.** Для обеспечения прослеживаемости продукта в записях о перевозках должно быть зафиксировано его точное количество с кодом даты. Двумя наиболее распространенными проблемами являются ошибочное нанесение кодированной даты более одного раза и нанесение даты на ту сторону тары, которая обращена внутрь штабеля, что приводит к ее пропусканию.
3. **Производственные записи.** Обязательным условием хорошей прослеживаемости является точная запись номера партии каждого компонента в новой партии производимого продукта. Необходимо разработать и внедрить систему сохранения этой информации по всем компонентам в течение всего срока их хранения.
4. **Универсальный код продукта (УКП).** УКП используется для большинства продуктов, поступающих в розничную торговлю; многие компании пользуются этой системой для всех своих продуктов, независимо от типа потребителя. Такая система также используется многими крупными системами распределения продукции для контроля складских запасов.
5. **Последовательное кодирование тары.** Дополнение кода продукции последовательным номером тары (ящиков или коробок) увеличивает степень прослеживаемости определенной партии продукции. Эта дополнительная характеристика позволяет идентифицировать продукт из разных точек процесса упаковки. Возникающие проблемы могут быть точно определены при проверке, которая выявит момент начала или окончания появления конкретных отклонений или изменений продукта.

Литература

1. Mostia, W. L. Control for the process industries // *Control Mag.*, 1996, 9, 65–69.
2. Parker, W. A., Melnick, D. Absence of aflatoxin from refined vegetable oils // *JAOCS*, 1996, 43, 635–638.
3. List, G. R. Special processing for off specification oil // *Handbook for Soy Oil Processing and Utilization* / Erickson, D. et al., eds. – Champaign, IL: The American Soybean Association and AOCS, 1985. – P. 355–377.
4. Robertson, J. A. et al. Chemical evaluation of oil from field and storage-damaged soybeans // *JAOCS*, 1973, 50, 443–445.
5. Hendrix, W. B. Current practice in continuous cottonseed miscella refining // *JAOCS*, 1984, 61, 1369–1372.
6. Pritchard, J. R. Oilseed quality requirements for processing // *JAOCS*, 1983, 60, 324–325.
7. Buck, D. F. Antioxidants in soya oil // *JAOCS*, 1981, 58, 275–278.
8. King, R. R. Quality changes in the industrial storage of crude and refined cottonseed oil // *Oil Soap*, 1941, 18, 21.
9. Burkhalter, J. P. Crude oil handling and storage // *JAOCS*, 1976, 53, 332–333.
10. Lathrap, C. A. Determination of weight of bulk oil shipments // *JAOCS*, 1965, 42, 155–158.
11. Carlson, K. F., Scott, J. D. Recent developments and trends in oilseed and fats and oils processing // *INFORM*, 1991, 2, 1034.

12. Dijkstra, A. J. Degumming, refining, washing and drying fats and oils // *Proceedings of the World Conference on Oilseed Technology and Utilization* / Applewhite, T. H., ed. – Champaign, IL: AOCS Press, 1992. – P. 138.
13. Carr, R. A. Refining and degumming systems for edible fats and oils // *JAOCS*, 1978, 55, 770.
14. Braake, B. Degumming and refining practices in Europe // *JAOCS*, 1976, 53, 353.
15. Puri, P. S. Hydrogenation of oils and fats // *JAOCS*, 1980, 57, 852A.
16. Flider, F. J., Orthofer, F. T. Metals in soybean oil // *JAOCS*, 1981, 58, 181–182.
17. Morrison, W. H. et al. Solvent winterization of sunflower seed oil // *JAOCS*, 1975, 52, 148–150.
18. Sonntag, N. O. V. Fat splitting, esterification, and interesterification // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. – Vol. 2. – 4th ed. – New York: Wiley-Interscience, 1982. – P. 134–135.
19. Weiss, T. J. *Food Oils and Their Uses* – 2nd ed. – Westport, CN: AVI Publishing, 1983. – P. 125, 131.
20. Gupta, M. Manufacturing processes for emulsifiers // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Hui, Y. H. ed. – Vol. 4. – 5th ed. – New York: John Wiley & Sons, 1996. – P. 588–589.
21. Gavin, A. M. Deodorization and finished oil handling // *JAOCS*, 1981, 58, 181–182.
22. Dudrow, F. A. Deodorization of edible oils // *JAOCS*, 1981, 60, 274.
23. Weidermann, L. H. Degumming, refining and bleaching soybean oil // *JAOCS*, 1981, 58, 163–165.
24. White, F. B. Deodorization // *JAOCS*, 1956, 33, 505.
25. Sherwin, E. R. Mistakes to avoid in applying antioxidants to vegetable oils // *Food Eng.*, 1977, May, 83.
26. Sherwin, E. R. Antioxidants in vegetable oils // *JAOCS*, 1976, 53, 434–436.
27. Sherwin, E. R. Oxidation and antioxidants in fat and oil processing // *JAOCS*, 1978, 55, 809–814.
28. Belbin, A. A. Color in oils // *INFORM*, 1993, 4, 652.
29. Sonntag, N. O. V. Reactions in the fatty acid chain // *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* / Swern, D., ed. – Vol. 1. – 4th ed. – New York: Wiley-Interscience, 1979. – P. 144–145.
30. Moser, H. A. et al. A light test to measure stability of edible oils // *JAOCS*, 1965, 42, 30–32.
31. Knightly, W. H. The use of emulsifiers in bakery foods // *Proceedings of the 45th Annual Meeting of the American Society of Bakery Engineers* – Chicago, IL, March 3–5, 1969. – P. 138.
32. Bennion, M. R., Park, L. Changes in fats during frying // *J. Am. Dietetic Assoc.*, 1968, 52, 308–312.
33. Banks, D. Industrial frying // *Deep Frying, Chemistry, Nutrition, and Practical Applications* / Perkins, E. G., Erickson, M. D., eds. – Champaign, IL: AOCS Press, 1996. – P. 263–264.
34. deMan, L., deMan, J. M. Functionality of palm oil in margarines and shortenings // *Lipid Technol.*, 1994, 6–10.
35. Wintermantel, J. Ingredients specification writing, part III // *Cereal Foods World*, 1982, 27, 372.
36. Manring, R. C. Statistics for better specs // *JAOCS*, 1965, 42, 668A–708A.

Предметный указатель

A

Азота атмосфера (слой) 34, 109, 155, 180–181, 196, 225–226, 228, 532, 541, 543, 632, 640, 653, 661–664, 676–677

Антиоксиданты 28–29, 47, 65, 76, 80, 119, 195, 198–201, 255–256, 261, 264, 305, 317–319, 342, 372, 383, 389–390, 401, 410, 417, 419, 428, 445, 448, 453, 459, 467, 493, 508–509, 613–614, 631–632, 657, 659, 663–666, 669–671, 680, 708–709, 713, 716, 718, 727

Афлатоксин 42, 44, 627

Аэрация (аэрирование) 174–175, 178–179, 206–211, 216–218, 228, 247, 273, 275–277, 283, 291–292, 300, 308, 321–323, 325, 333, 346, 348–354, 360–361, 373, 380, 388–390, 394, 396, 401–413, 422–423, 444, 476, 519–521, 608–609, 631, 673–674, 676–677, 679, 682

Б

Бактерии (микроорганизмы) 91, 158, 312, 470, 541, 557, 622, 728–730

Барабан холодильный 206–208, 221–225, 379, 415, 434, 436, 618–619, 691–697, 699–700

Боме градусы (°В) 105–107, 111–112, 114–115, 118, 590

Бутилгидроксианизол (БОА, Е320) 76, 80, 198, 200–201, 255, 318–319, 445, 467, 493, 509, 709, 727

Бутилгидрокситолуол (БОТ, Е321) 76, 80, 198, 200–201, 255, 318–319, 445, 467, 493, 509

В

Вакуум, перегонка 96, 175–178, 183–188, 192–194, 378, 604, 658–659, 667–668

высушивание 78, 93, 100–101, 109–110, 156–157, 177, 235, 590, 592, 640–643, 678
отбеливание 115, 121–123, 128, 148, 637, 649, 665
переэтерификация 151, 155, 654

Винтеризация (вымораживание) 34, 44, 137, 144, 159–170, 181, 246, 344, 454, 523–525, 528, 531–532, 546, 600–601, 649–651, 677

Возврат продукции 569–570, 579, 740–741

Возвратный привкус 257, 304, 310–311, 316–317, 412, 468, 527, 537, 606, 664–667, 669, 689, 723, 725, 732

Воски 28, 38, 46–47, 49–51, 53, 55, 57, 59–60, 63, 90, 166–168, 170, 246, 525, 532, 589, 593, 601–602, 639, 651–652

Вотатор (переохладитель) 207–217, 219–221, 380, 431, 434–435, 518–520, 608, 611, 615, 684–687, 710–711, 731–732

Вымораживание — см. Винтеризация

Вытапливание (вытопка) 78, 91, 93–94, 266, 423, 499, 589, 591, 630

Г

Генетически модифицированные источники (ГМИ) 24, 31–32, 37, 41, 44, 47, 58, 61, 69, 345, 455–456, 484, 546

Гидратация 28, 58, 96–102, 104, 109, 111, 116–117, 119–120, 167, 588–589, 628, 632, 635–636, 639, 645, 660, 664

Гидрогенизация 34–35, 56–57, 60, 78, 113, 125, 131–149, 162, 165, 182–183, 204, 245, 251–253, 307–312, 314, 316–317, 324, 327–333, 335, 338, 340–341, 378–379, 388, 391, 396–398, 415, 423–426, 431, 434–436, 443, 445, 448–449, 452–455, 466–469, 475, 480–484, 488, 492–494, 500, 504, 510, 514

Предметный указатель

Гидрогенизация (продолжение)

527–528, 544–547, 562–563, 593, 595–600, 603, 644–649, 651–652, 699, 708, 723

Гидрофильтро-липофильный баланс (ГЛБ) 356–359, 362

Глазури 83, 149, 171, 178–179, 221–222, 278, 299–300, 304, 325, 338, 341, 350–353, 380–381, 391, 395–397, 401–403, 411–415, 444, 460–461, 464–465, 515, 605–607, 610, 620

Глины отбеленные 60, 78, 96–97, 102, 108, 114–116, 121–128, 130–131, 147–148, 152, 237, 261, 272, 378, 591, 593–595, 627, 630–631, 642–644, 648–649, 662, 665, 682

Глицерина и диацетилвинной и жирных кислот эфиры (DATEM, E472e) 350, 416

Д

Даутерм А 189, 706

Дезодорация 29–30, 35, 39–41, 45, 50, 60, 96, 98, 125, 152, 168, 181–195, 201–202, 228, 256, 261, 311–312, 378, 446, 467, 488, 500, 525–527, 532, 535, 537, 589, 593, 598, 603–607, 612–613, 630, 651, 658–668, 670–671, 676, 678–683, 690, 695, 699, 718, 720, 724

Декристаллизатор 207, 209–210, 214, 216, 219–220, 389, 519, 608, 621, 623, 710–711, 731

Депарафинизация 47, 50, 60, 113, 166–170, 181, 525, 531–532, 600–602, 651–652, 677

Дилатометрический метод 241–244, 326–327, 368

Дистиллят дезодорации 30, 119, 193–195, 256, 632

Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК) 154, 241, 243–244

Дрессинги 34, 56, 160, 165, 246, 303, 346, 363, 483, 524, 529, 532–533, 542–544, 616

Ж

Жир

видимый 24–25, 505, 526

лауриновый — см. Масло лауриновое
молочный 80–83, 307, 315, 324, 338, 353, 501, 506

свиной (лярд) 20, 23, 25, 29–30, 35, 38, 67, 74–77, 80, 94–95, 131, 149, 153–154, 171, 182, 191, 198–199, 204, 245, 253, 304, 308–309, 314–315, 324, 352

свиной (лярд) (продолжение)

376–379, 382–383, 385, 397, 414–415, 421, 426–427, 436, 451, 467, 487–488, 493, 498, 524, 589, 647, 686, 706

твердый животный (говяжий и бараний) 20, 23–25, 29, 35, 67, 74, 77–80, 95–96, 102, 123, 131, 153, 171, 175, 179, 182, 245, 308–309, 315, 324, 329, 332, 383–385, 397–398, 414, 424, 428, 437, 451–452, 460, 487, 492–493, 495–496, 499, 524, 589, 594–595, 630, 707

фритюрный 48, 50, 52, 58, 149, 181, 221, 238, 242, 276–278, 297–299, 318, 325, 335–336, 339–340, 343, 345, 373, 384, 390, 397, 401–402, 439–469, 493, 546–547, 612–613, 616, 713–728

Жирные кислоты

лауриновая 27, 31, 61, 66, 70–75, 79, 82, 106, 142, 260, 306–308, 386, 436, 473, 475, 481, 483, 489, 707, 714, 723, 728

липолевая 27, 35–37, 40–41, 43–46, 48–57, 59–64, 66, 68, 71, 73, 75, 79–82, 133–136, 139, 144, 146, 164, 195, 253, 306–316, 321, 327–328, 331, 333, 338–339, 385–386, 452, 489, 492, 523, 529, 537, 544–628, 664

линоленовая 27, 32–37, 40, 43–57, 59–63, 66, 75, 79–82, 133–134, 137–139, 143–146, 165–166, 195, 253, 306–316, 328, 331, 338–339, 386, 448, 452, 489, 492, 500–502, 523, 528–529, 544, 628, 646, 651, 664

олеиновая 27, 32, 35–61, 63–68, 71, 73, 75, 79, 81–83, 106, 133–135, 139, 144, 146, 164, 166, 175, 195, 253, 260, 306–309, 314–321, 327–328, 331, 333, 338–339, 345, 371, 385–386, 523, 529, 537, 544, 546, 638, 693

пальмитиновая 27, 36–44, 46, 49, 51, 53, 55, 59, 61, 63, 65–68, 71, 73, 75, 78–82, 146, 164, 166, 184, 253, 260, 306–308, 321, 324–325, 328, 330, 333, 371, 386, 489, 493

полиненасыщенные (ПНЖК) 26–27, 33, 45, 47, 56, 64, 76, 119, 130, 143, 234, 252, 305, 307, 316, 327, 410, 434, 448, 453, 475, 481, 484, 489, 492, 500–504, 510, 523, 526–527, 529, 531, 537, 544, 628, 662, 689, 714–715, 723

сопряженные 54, 132, 250, 312

стеариновая 27, 36, 40–46, 49, 52–53, 55, 57, 59, 61, 63, 66–69, 71, 73, 75, 79

стеариновая (*продолжение*)
81–83, 133–136, 146, 155, 164–166,
253, 306–309, 316, 321, 324, 327–328,
331, 333, 339, 354, 371, 386, 416, 489,
493, 544–546, 646, 693
эрковая 22, 27, 36, 40, 43, 49, 52–53,
58–61, 142, 306, 309, 312, 385–386
эсценциальные 35, 47, 58, 195, 305,
309–311, 338, 501, 503, 510–511, 523
Жмых 33, 42, 58, 88, 90–93, 99, 101, 108, 112,
119, 236, 529

З
Заменители молочного жира (ЗМЖ) 338, 381,
386, 470–485, 612

Зенита метод 111

И
Изомерия
ректо- 27
стерео- 27
цик-транс- 27, 132, 134, 307, 443, 448,
537, 581, 606, 645

Индукционный период 36, 172, 262–265, 316–
317, 336–337, 398, 410, 419, 424, 437, 445,
466, 537, 632, 647, 666, 671, 703, 707, 735

К
Канола 21–22, 31–32, 58, 61, 95, 309, 312, 315,
385–386
Катализатор
гидрогенизации 60, 108, 120, 132,
134–148, 238, 328, 331–332, 341, 378,
391, 425, 436, 445, 563, 588, 595–599,
644–647, 651–652
глицеролиза (этерификации) 175–176,
653–656
окисления 186, 191, 195, 201, 226, 319,
441, 445, 532
переэтерификации 150–159, 178

Кислота
лимонная 28, 31, 33, 76, 80, 98, 101–103,
109, 111, 148, 191, 199, 201, 319, 350,
383, 446, 534, 540, 543, 599
фосфорная 28, 31, 60, 98, 101–102,
110–112, 125, 148, 151–152, 155–156,
167, 175, 191, 201, 319, 446, 599

Кислотно-тепловой тест 591–592, 637–638
Кислые масла 118–119
Кондиционеры теста 401, 417–420, 464

Консерванты 305, 508, 517–518, 538, 557, 719
Коэффициент рафинации 117
Красители — см. Пигменты
Кровяная плавления 80, 134–137, 141, 144–147,
153–154, 241–244, 308, 327–328, 332–340,
343–344, 363–364, 388, 391, 398–399, 413,
415, 423–426, 431, 433–436, 463–464, 475,
477, 479–483, 493, 500, 504, 510–516, 595,
702, 709, 724, 732, 735
Кристаллизатор 76, 157, 171–173, 214–216,
435, 518–519, 601, 615
Кристаллизация 67, 77, 102, 150, 154, 156–157,
160–173, 179, 203–226, 244–248, 351,
360–361, 379–380, 389–390, 434–436,
447, 453–454, 459–460, 464, 483, 495, 510,
517–521, 600–601, 608, 612–616, 621–622,
650–651, 670, 684–693, 710–712, 732
Кристаллов форма 35–36, 39–40, 43, 46, 49,
52–53, 55–57, 59–60, 63, 66–67, 71, 73,
76–79, 82–83, 149, 162, 166, 169, 178,
180–181, 211, 213, 217, 219, 239, 253, 305,
311, 322–326, 329, 332, 335, 340–346, 350,
354, 361, 371–373, 384, 387–390, 396–397,
404–405, 409, 413–414, 422, 426–428,
431–434, 451–453, 460, 474, 492–493, 495,
510–516, 520–521, 609, 612, 651, 685, 688,
702, 711, 731–732

Л
Лепесток 58, 90–92, 626, 636
Лецитин 28, 99–101, 103, 119–120, 191, 201,
268, 293, 299–300, 319, 347, 354–356, 358,
360–361, 406, 413–416, 422, 433, 457–459,
463–464, 477, 507, 509, 516, 534, 538,
540, 543, 590, 599, 613, 616, 622, 635, 679,
694–696, 701, 708, 712, 718
Ловибонда метод (шкала) 35, 70, 126, 266–269,
298–299, 535, 592–594, 598–603, 602–603,
607, 613, 629, 636, 683, 697–698
Лярд — см. Жир свиной

М
Майонез 34, 50, 56, 160, 165, 246, 363, 524–525,
529, 532–542, 616
Маркировка 202, 255, 502–503, 530, 555, 560,
565, 572–573, 576, 580–581, 588, 617, 620,
657, 670, 714, 718, 720, 741–742
Масло растительное
арахисовое 24–25, 29, 41–45, 98, 106–
107, 114, 224, 245, 253, 303, 309,
314–315, 324, 341, 349, 353, 383, 454

арахисовое (*продолжение*)
466, 468–469, 525–529, 531, 616, 723
зимнее (натуральное вымороженное)
35, 50, 60, 524–525, 532, 594, 600, 677
какао 69, 149–150, 169, 172, 253, 308,
324, 334, 340–341, 355, 371
кокосовое 20, 23–25, 69–72, 74, 95, 102,
106–107, 115, 123, 150, 153, 170, 172,
185, 204, 260, 307–308, 315, 320, 324,
341, 383–384, 391, 423–425, 458–459,
468–469, 472, 475, 477, 483–484, 500,
514, 590, 708, 723, 728
кукурузное 24–26, 29, 45–48, 95, 98, 103,
107, 116, 168, 185, 253, 310, 315–316,
324, 329, 341, 365–367, 383–384, 454,
468, 498, 502–503, 510, 525, 527–532,
535–536, 590, 593, 601–602, 616, 645
лауриновое 70, 74, 81, 96, 98, 106, 115,
117, 149, 154, 170–173, 250, 338, 341,
343, 384, 391, 436, 459, 480–481, 590,
636, 638, 708, 714–715, 723–724, 728
оливковое 20, 22–26, 29–30, 38, 44, 60,
62–64, 92–93, 115, 182, 309, 315, 320,
324, 377, 525, 528–531, 546, 616–617
пальмовое 20–25, 28–30, 35, 64–69, 72,
93, 95–96, 98, 102, 106–107, 111, 115,
117, 124, 153, 170, 172, 204, 245, 253,
260, 308–309, 315–316, 320, 324, 329,
332, 335, 341, 343, 368–371, 373,
383–384, 397–400, 472, 492, 498, 501,
510, 514, 590, 629, 636, 638
пальмоядровое 22, 24–25, 29, 65,
72–74, 95, 102, 106–107, 150, 153–154,
171–172, 185, 260, 307–308, 315, 320,
324, 341, 391, 458–459, 477, 514, 590,
629–630, 708, 723, 728
подсолнечное 23–26, 29, 31, 48–54, 103,
106–107, 143, 168, 272, 309–310, 314,
316, 324–325, 329, 341, 385–386
помас 93
рапсовое 22–26, 28–31, 58–61, 95, 98,
103, 105–107, 111, 114, 124, 143, 168,
253, 309–312, 315–316, 324, 329, 338,
385–386, 494, 498, 525, 527–528,
530–531, 533, 535–536, 545, 591, 593,
601, 629, 637, 644
сафлоровое 25, 29, 31, 54–58, 98,
106–107, 114, 168, 309–310, 314–316,
324, 329, 341, 385–386, 498, 502–503,
525–526, 528, 531, 535, 545, 708
соевое 22–26, 28–30, 33–37, 48, 95,
98–99, 105–107, 114, 119–120, 137

соевое (*продолжение*)
145–147, 153, 165–166, 172, 175–176,
191, 199, 245, 249, 253, 259, 265, 272,
310–312, 315–316, 323–324, 329–330,
332, 335–342, 344, 355, 365–370,
382–384, 398, 410, 419, 421, 423–425,
427, 436–437, 452–454, 458–459, 468,
472, 475, 477, 481–484, 488, 492–494,
498, 500, 503, 510, 512–503, 525,
527–536, 545, 587, 590–594, 598–600,
603, 619–620, 628, 632, 635, 637,
640, 644, 662, 664, 693, 705–708,
711
хлопковое 24–26, 29–30, 3–35, 38–41,
65–67, 95, 98, 103, 106–107, 112, 116,
153, 159, 163–166, 172, 175, 182, 245–
246, 253, 270–272, 308, 310, 314–316,
324, 328, 330, 332, 335–337, 344–345,
365–370, 377–379, 382–384, 397–400,
413–414, 323–327, 433–334, 452,
458–459, 468–469, 472, 483, 488, 492,
494, 498, 500, 503, 510, 512, 524–532,
536, 545, 587, 590–591, 600–603,
616–618, 629, 631–632, 636–637, 644,
707–708, 711

М
Масло
олеиновое 499–500
салатное 34–35, 39, 44, 47, 60, 69, 137,
144, 159–166, 168, 182, 197, 225–226,
246, 311, 316, 353, 361, 363, 417, 523–
537, 540, 543–544, 560, 581, 600–604,
616–618, 628, 650–651, 707

сливочное 25, 27, 80–83, 131, 247, 283,
304, 307, 376, 412, 431, 455–458, 495,

498–502, 504–505, 507–508, 515, 526,
697

Маргарин 25–26, 34–35, 38–39, 41, 56, 60,
65, 80, 141, 144–145, 149–150, 159, 173, 179,
181, 202–208, 213–221, 226, 241, 247–248,
265, 272–276, 279–287, 294, 321–322, 325,
332–345, 348–356, 363–364, 372–373, 376,
380, 431, 455–459, 471, 498–521, 526, 558,
568, 595, 600, 620–623, 666, 684, 701, 711,
728–733

Меллорин 353, 386, 470, 481–483,
Металлы 27–33, 35, 68, 76, 87, 95–97, 99–105,
109, 115–120, 123–125, 128, 147–151, 174,
184, 191, 195, 200–202, 234, 237–238, 258,
313, 315, 318–319, 350, 383, 441, 445–446,
467, 508–509, 538, 557, 588–589, 593, 620,
628, 640, 649, 659–664, 666, 676, 679, 683,
695, 696–697, 699, 708, 717

железо 30, 33, 69, 103, 105, 109, 174, 186, 191, 199–200, 237, 315, 318, 645, 589, 628, 653, 666, 683, 708, 717
медь 30, 33, 99, 105, 147, 186, 191, 237, 297, 441, 445, 666, 708, 716–717, 725
никель 30, 132, 136–138, 146–147, 191, 213, 237, 328, 331, 378, 445, 595–599, 644–648, 652
Микроорганизмы — см. Бактерии
Мисцелла 92, 112–113, 164, 168, 629
Моно- и диглицериды 151, 173–178, 180–181, 201, 225, 254–255, 261, 276, 319, 347–352, 354, 357–361, 380, 401–406, 409–410, 412–421, 433, 441, 449, 463, 477, 479, 484, 488, 492, 507, 516, 605, 607, 610, 622, 653–656, 679, 695, 699, 706
Моно- и диглицериды этоксилированные (E488) 174, 178, 403, 405, 416, 419–420
Моноглицериды ацетилированные (E472a) 174, 178, 255, 350–351, 361
Моноглицериды лактилизированные (E472b) 176–178, 350, 354, 358, 360, 409–410, 477, 479, 482
Моноглицериды сукцинированные (моно- глицеридов и янтарной кислоты эфиры, E472g) 179, 351, 416
Мороженое 179, 278, 299–300, 347, 353, 470, 481–483, 491

Н

Насыщение газом (азотом) 206–207, 210, 216–218, 228, 495, 519–521, 532, 608–609, 611, 684–687, 709–710, 728, 730

О

Отбеливание 30–31, 38, 42, 45, 50, 60, 65, 72, 78, 96–105, 115–116, 120–131, 147–148, 180, 183, 185–186, 188, 266, 269–272, 378, 530, 532, 587–591, 593–599, 603–604, 627–632, 637–638, 640–645, 647–653, 659–662, 664–666, 670, 680, 682, 690, 699, 703, 713

Отравление катализатора — см. Яды катализатора

П

Пенетрация (твердости измерение) 244, 247–249, 322–323, 325–326, 399–400, 430, 610, 622, 710–711

Пеногаситель (полидиметилсилоксан, Е900) 226, 305, 342, 346, 372, 389–390, 401, 443–445, 448, 451, 453, 458–460, 462, 467, 563, 612–614, 712–713, 715–716, 718

Переохладитель — см. Водогрей

Переэтерификация (перегруппировка) 34, 47, 67, 77, 148–159, 178, 204, 247, 308, 310–311, 314, 316–317, 324–326, 340–341, 344–345, 371, 373, 383–385, 388, 451, 472, 477, 493–494, 514

Пестициды 27, 30–31, 97, 119, 193, 195, 234, 557

Пигменты (красители) 27, 30, 35, 38–39, 54, 65, 69, 78, 87, 95, 97–98, 104, 107, 111–113, 115–116, 118–120, 123–128, 147–148, 184–185, 208, 266–270, 305, 342, 356, 378, 391, 435, 457–459, 501, 509–510, 517, 534, 539, 541, 589, 612–613, 616, 620, 629, 632, 637, 639, 644, 649, 661, 665, 680–682, 695–697

госсипол 27, 38, 41, 91, 95, 98, 106, 629
каротин (каротиноиды) 27, 30, 42, 62, 64–66, 68–69, 78, 80, 95, 97, 125, 128, 147, 183, 195, 266, 269, 501, 509–510, 603–604, 610, 622, 629, 631, 661, 696
хлорофилл 27, 30, 59–60, 62–64, 78, 95–97, 105, 125–128, 147–148, 226, 266–269, 587, 589, 593–595, 627, 629–630, 637, 644

Пластификация 202–221, 248–249, 270, 380–381, 387–390, 404, 411, 426, 430–434, 453, 495–496, 518–521, 565, 607–612, 686–687

Пластичность 76, 78, 144–145, 149, 203–206, 217–218, 221, 246–248, 275–280, 308, 320, 323–326, 332–338, 343, 373, 389, 398–399, 404, 407, 411, 413, 422, 426, 430–436, 451–452, 458, 475, 487–493, 495, 497, 500, 510, 515–516, 521, 608, 621, 686, 709, 711

Показатель замены 442–443, 448, 450, 462, 466–468, 527, 714–715, 719–720, 726

Полиглицерина эфиры (Е475) 174, 179–180, 347, 353–354, 358, 360–361, 403, 406, 413–414, 516, 534, 540

Полимеризация жиров 58, 150, 184, 190, 195, 202, 227, 237, 252, 278, 297, 440–441, 443, 448–449, 452–453, 457, 459, 462, 547, 581, 596, 628, 662, 671, 673, 686, 699, 714–715, 717, 723

Полисорбаты (полиоксиэтилен сорбитаны, Е432–436) 347, 352–353, 357–358, 360, 403, 406, 413, 419, 477, 479, 482, 542, 706

Полуфабрикаты сухие мучные 179, 275–277, 292–293, 338, 381, 387, 392, 395–397, 404–408, 428, 435, 463, 712–713

Потери

при рафинации 35, 95–96, 99–100, 105, 108–113, 115–118, 261, 270–272, 587, 590, 592, 627, 629, 638–639, 644
при отбеливании 124, 126, 593–594, 644
при перезерификации 151–152, 156
при дезодорации 186, 188, 256, 663

Претензии — см. Рекламации

Пропилгаллат (Е310) 198–200, 255, 318, 509, 718

Пропиленгликоль и жирных кислот моно- эфиры (PGME, Е477) 174, 180–181, 255, 347, 351–352, 358, 360–361, 403, 405–406, 409–410, 412, 416, 463, 479, 655

Р

Рандомизация 77, 148, 150, 152, 308, 324–325

Рафинация 29–30, 50, 60, 65, 69, 78, 88, 94–120, 124, 168, 183, 188, 192, 233, 238, 270–272, 377–378, 500, 526, 530, 532, 587, 589–593, 627–629, 631–632, 635–641, 644–645, 647, 649–650, 659–662, 664–666, 703, 713

Рекламации (претензии) 234, 567–569, 571, 579, 740–741

Ресвератрол 42

С

Саломасы 137–138, 141–148, 150, 159, 166, 313, 325, 327–337, 340, 345, 365–370, 391, 395–399, 405, 414, 421, 431, 433–436, 445, 451–452, 459, 484, 491–493, 504, 510, 512, 514–515, 561, 595–599, 602–603, 647–648, 652–653, 656–657, 686, 689, 709–711

Света воздействие 64, 195, 197, 226, 532, 661–662, 666, 676, 679, 707–708

Селективность 134–139, 143–146, 157, 316–317, 338–340, 391, 431, 452, 595–596, 645–647

Сепарирование 99–100, 102–103, 106–111, 118, 120, 164, 167–168, 638–639, 640–641

Силикагель 104, 116, 123, 126, 128

Синергисты 76, 199, 201, 319, 357, 361, 406, 408, 413, 420, 509, 516

Сливки растительные 74, 172, 178–181, 303, 346, 350–351, 353–354, 361, 681, 471–480

Соалсток 95–96, 98–99, 104, 108–110, 113–115, 117–119, 590, 592, 628, 635, 638–639, 703–704

Сорбитана эфиры (Е491–496) 347, 352, 358, 360–361, 373, 405

Спецификации 70, 120, 143, 145, 242, 246, 248, 261–262, 266, 270, 363–364, 551–566, 573–576, 585–586, 591–622

Спреды 24, 50, 83, 202, 213–214, 226, 247, 283, 303, 338, 340, 343, 353, 498, 502–509, 620–621, 728–730

Стандарты идентичности 255, 416, 501–502, 506–508, 516, 533–534, 535, 540, 542–544, 556, 620

предприятий 550–551

Статус GRAS 58, 349, 507, 530

Стеароиллактилаты (Е481–482) 354, 360, 416, 419–420, 477

Стеролы 27, 29–30, 38, 68–69, 95, 119, 184, 193–195

Т

Твердости измерение — см. Пенетрация

Текстура 81, 149, 205–208, 247, 269, 274–276, 281–283, 305, 308, 320, 322–325, 340, 346, 349–351, 354–356, 373, 376, 380, 388–389, 395, 401, 403–404, 406–409, 417–421, 426, 433, 435, 449, 466–468, 471, 479–480, 482, 488, 490, 492, 495, 505, 510, 516, 534, 541–542, 512, 731

Температура

дымообразования 261, 443, 450, 488, 491–492, 703, 721

затвердевания 44, 60, 245, 535, 688, 703

плавления (каплепадения) 47, 70, 73–74, 132–134, 137, 139, 141–142, 144–146, 149–150, 152–153, 169–173, 178, 181, 204–205, 211, 213, 221–224, 252, 304, 306–308, 320–321, 325, 327–330, 335, 338–341, 344–345, 384, 391, 397, 411–419, 423–427, 430–434, 436–437, 447, 451–452, 459, 463–469, 471–472, 475–477, 479–485, 514–518, 523, 544–546, 596–599, 603–607, 609, 613–614, 618, 622, 646–647, 657, 678–679, 689, 693, 698–700, 702–704, 711, 724, 727, 732, 734

помутнения 47, 68, 169, 246, 297–298, 703

Темперирование 209, 214, 218–221, 225, 239–240, 244, 248–249, 353, 387–390, 399–400, 405, 426, 430, 435, 453, 479, 495, 512, 517, 520, 608–609, 611–613, 621, 623, 686, 696

Титр 36, 40, 43, 46, 49, 51, 55, 59, 63, 66, 68, 71, 73, 75, 79, 85, 142, 146, 244–245, 329–330, 337, 345, 368–370, 398–400, 424, 427, 597, 599, 703–704

Токоферол 27–29, 35–36, 38, 40, 43, 46–47, 49, 51, 53, 55, 59, 63–66, 68–71, 73, 76, 80, 95, 123, 184, 193–196, 198–200, 255–256, 310, 317–319, 345, 445, 448, 509, 546, 604, 632, 637, 652–653, 661, 665–666, 671, 697, 699

Топпинги 179, 350–351, 354, 394, 476–478, 491
Транс-изомеры 16, 35, 50, 57, 77, 81, 133–138, 144, 146, 159, 162, 184, 193, 251–252, 305, 307, 310–312, 314, 316, 327–328, 331, 338–341, 343–344, 373, 388, 452–453, 455, 475, 480, 484, 489, 493, 503, 510, 514, 530, 537, 546, 595–597, 645–646, 651

Трет-бутилгидрохинон (ТБГХ, Е319) 76, 80, 198, 200–201, 255, 318–319, 410, 419, 445, 509

У

Уголь активированный 125, 148, 378

Ф

Ферменты

липаза 72, 91, 150, 157–158, 261, 626, 628
липоксигеназа 91, 626
мизозиназа 58, 91

фосфолипаза 90–91, 101, 103, 626, 636

Фильтрование 30, 38, 91–94, 98, 102–104, 111–117, 121–131, 138–140, 147–148, 155, 158, 160–161, 163–164, 167–173, 191–192, 202, 236–237, 266, 272, 525, 591–593, 597, 630, 641–642, 646–650, 652, 655, 665, 671–672, 696, 699, 704, 719, 721, 724–725, 727

Форпресс 72, 88, 91–92

Фосфолипиды (фосфатиды) 27–29, 38, 42, 50, 58, 60, 68, 80, 87, 90–91, 95–120, 123–125, 128, 137–138, 167, 190, 259, 354–355, 588–591, 593, 595, 628, 630, 635–636, 639, 642, 645, 650–651, 659–660, 664–665, 718, 721

Фракционирование 35, 60, 67–68, 83, 113, 144, 159, 161–162, 169–173, 181, 204, 314, 322, 340–341, 344–345, 371, 388, 410, 453–454, 483, 524–525, 527, 544, 546, 616, 657

Фритюрные жиры 48, 50, 52, 58, 76, 149, 181, 221, 238, 242, 276–278, 297–298, 318, 325, 332, 335–336, 339–340, 343–345, 373, 384, 388–390, 401–402, 439–469, 546–547, 602, 604, 612–613, 616, 712–728

Х

Холестерин 16, 26, 29–30, 44–45, 54, 77–80, 234, 305, 307–311, 385, 417, 452, 489, 493, 502–503, 529–531, 538

Холодный тест 160, 165, 166, 168, 246, 263, 524–525, 536–537, 594, 600–602, 616, 618, 649–650, 703–704

Хроматография
газожидкостная (ГЖХ) 116, 250–252, 254–256, 738
высокоэффективная (ВЭЖХ) 154–155, 254–256
колоночная 116, 256, 271
тонкослойная (ТСХ) 41, 254–256

Ц

Цветность 30, 35, 70, 124, 127, 130, 266–272, 283, 298–299, 233, 238–242, 246, 251, 535, 587, 589–595, 597–600, 602–603, 605–607, 609–610, 613–614, 628–629, 636–638, 640, 643–644, 648–649, 652–653, 659–660, 673, 680, 682–683, 697–698, 703–704

Центрифугирование 78, 93–94, 161, 170–171, 489, 601, 655

Ч

Число
анизидиновое 127, 200–201, 260
йодное (ЙЧ) 35, 37, 67–69, 135, 137, 141–145, 174, 181, 250–251, 253, 278, 298, 312–317, 327–328, 332, 335–344, 364, 403–405, 410, 413, 417, 436, 453–454, 481, 492, 515, 537, 588, 596–603, 609, 613, 628, 646–647, 689, 693, 700–701, 703, 715
кислотное 120, 260–261
омыления 81, 250–251
перекисное (ПЧ) 36, 76, 197, 233, 259, 262, 265, 535–537, 593–595, 599–600, 603–610, 640, 643, 649, 653, 660–663, 665–666, 673, 676, 679–680, 682–683, 689–690, 703, 708

Ш

Шортенинги 24–25, 34–35, 38–39, 41, 47, 56, 58, 60, 141, 145, 171, 173, 181, 197, 226, 261, 265, 272–294, 321–322, 325–356, 363–364, 367, 376–438, 444, 447, 455, 457, 465, 526, 580–581, 600, 603–607, 666, 701–702, 709–714, 718

жидкие 35, 211–213, 325, 332, 334, 341–342, 373, 387, 389–390, 408–410, 418–420, 475, 484, 514, 612–616, 687–691
пластичные 4–35, 38, 67, 77–78, 149, 153, 202–211, 218–223, 241, 247–248, 275, 277, 281–287, 291–292, 300–303, 325, 329, 335–341, 386–389, 451, 463–464, 475, 487–497, 521, 527, 607–612, 678–687

порошкообразные 223–225, 387, 390–392
хлопьевидные 221–223, 225, 387, 390–392, 414–415, 417, 435–436, 616–620, 691–701

Шрот 90, 119, 131

Штафф 284, 512

Э

Эжектор 184, 186, 193, 668

Экспандер 88, 91, 626

Экспеллер 88–89, 91–92

Экстракция 30, 54, 58, 60, 70, 72, 88–93, 110, 112, 131, 266, 629, 639

Эмульгаторы 28, 99, 173–181, 211, 221–224, 254–255, 261, 276, 305, 319, 322, 337–338, 341–363, 380–381, 387, 392, 395–396, 401–410, 412–418, 420–422, 441, 457, 463, 471, 474–477, 479, 482–483, 489, 492, 507–508, 516–517, 527, 542, 563, 599, 612, 628, 652–656, 679, 681–683, 687, 701, 706, 711–714, 717–718, 720–721

Я

Ядерно-магнитного резонанса метод (ЯМР) 241–243, 326–327

Яды катализатора (отравление катализатора) 60, 120, 137–138, 144, 159, 238, 588, 595, 598, 644–645