

ГОСУДАРСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ
И ТОРГОВЛИ имени МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

На правах рукописи

ГРОМОВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

**ПРОЦЕСС ОБРАБОТКИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА ВЫСОКИМ
ЦИКЛИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ**

05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств

**Диссертация на соискание ученой
степени кандидата технических наук**

Научный руководитель:

докт. техн. наук

Соколов С.А.

Донецк – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр
ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПРОБЛЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
1.1. Масло сливочное как продукт питания человека.....	15
1.2. Формирование качества сливочного масла в современных способах его производства.....	17
1.3. Показатели качества СМ и методики их контроля.....	21
1.4. Изменение потребительских и физико-механических показателей СМ в процессе его хранения.....	36
1.4.1. Снижение качества СМ в процессе его хранения	36
1.4.2. Современные представления о процессе автоокисления жиров.....	38
1.4.3. Образование вторичных продуктов окисления в процессе автоокисления жиров.....	40
1.4.4. Факторы, воздействующие на скорость автоокисления жиров.....	41
1.4.5. Влияние качества сырья и технологии производства сливочного масла на его устойчивость в хранении.....	42
1.5. Пороки сливочного масла микробиологической природы.....	44
1.6. Способы производства СМ длительного хранения.....	56
1.7. Обработка продуктов питания высоким давлением с целью стабилизации качества в процессе хранения.....	57
Выводы по разделу 1.....	59
РАЗДЕЛ 2. АППАРАТУРНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	62
2.1. Выбор и обоснование объекта исследования.....	62
2.2. Разработка циклограммы процесса и выбор диапазона значений ее характеристик.....	62

2.3. Исследовательский комплекс для обработки сливочного масла высоким циклическим давлением.....	64
2.4. Методика определения активности воды в сливочном масле.....	66
2.5. Методики проведения микробиологических исследований.....	67
2.6. Методика проведения дисперсного анализа основных компонентов сливочного масла.....	69
2.7. Методика определения реологических показателей сливочного масла.....	72
2.8. Методика определения йодного числа сливочного масла.....	73
2.9. Методика определения кислотного числа сливочного масла.....	73
2.10. Методика определения чисел Поленске и Рейхерта-Мейссля.....	73
2.11. Методика определения числа омыления.....	74
2.12. Методика определения перекисного числа сливочного масла.....	74
2.13. Методика определения термоустойчивости сливочного масла.....	75
2.14. Методика определения компрессионных свойств сливочного масла	75
Выводы по разделу 2.....	76
РАЗДЕЛ 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД НА СВОЙСТВА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТАБИЛЬНОСТЬ ЕГО КАЧЕСТВА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ.....	77
3.1. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на активность воды.....	77
3.2. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его микробиологические показатели.....	79
3.3. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на динамику окислительных процессов.....	86
Выводы по разделу 3.....	99

РАЗДЕЛ 4. ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД НА ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ, СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА.....	103
4.1. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его термоустойчивость.....	103
4.2. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на дисперсность СМ... ..	106
4.3. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его реологические свойства.....	117
4.4. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его компрессионные свойства.....	121
Выводы по разделу 4.....	129
РАЗДЕЛ 5. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД С ЦЕЛЮ СТАБИЛИЗАЦИЮ ЕГО КАЧЕСТВА	131
5.1. Обоснование времени отбора образцов для исследования влияния параметров процесса обработки на стабилизацию качества СМ.....	131
5.2. Исследование влияния параметров процесса обработки СМ ВЦД на стабилизацию его качества, описываемых химическими числами	131
5.3. Выбор показателей СМ, учитываемых при оптимизации процесса и обоснование критериев оптимизации.....	141
5.4. Оптимизация параметров процесса обработки СМ ВЦД.....	142
Выводы по разделу 5.....	157
РАЗДЕЛ 6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	158
6.1. Разработка аппаратурно-технологической схемы выработки СМ с использованием ВЦД.....	158
6.2. Подбор оборудования для включения в технологическую линию выработки СМ	158

6.3. Разработка технических условий	
«Масло сливочное супер».....	160
6.4. Разработка технологической инструкции по производству масла сливочного супер.....	162
6.5. Определение социально-экономической эффективности от внедрения результатов диссертационной работы.....	163
Выводы по разделу 6.....	167
ВЫВОДЫ.....	168
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	171
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	191

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СМ – сливочное масло;

ВЦД – высокое циклическое давление;

УВД – установка высокого давления;

КВД – камера высокого давления;

ПВЖС – преобразователь высокожирных сливок;

СОМО – сухой обезжиренный молочный остаток;

РОВ – равновесная относительная влажность;

БГКП – бактерии группы кишечной палочки;

МАФАМ – мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы;

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Сливочное масло (СМ) представляет собой ценный пищевой продукт, выработанный из коровьего молока. Пищевая ценность СМ обуславливается содержанием в нем молочного жира, восполняющего энергетические затраты организма человека, а также полиненасыщенных жирных кислот, которые участвуют в клеточном обмене веществ, обладают антисклеротическим действием и играют большую роль в обеспечении нормального углеводно-жирового обмена и регулировании окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме человека. Пищевую ценность СМ обеспечивает также наличие в нем фосфатидов, которые в комплексе с белками участвуют в построении мембран клеток организма человека и синтезе белков, а также способствуют лучшему их усвоению. СМ является ценным пищевым продуктом благодаря наличию в нем, кроме молочного жира, белковых и минеральных веществ, лактозы, а также жирорастворимых витаминов А (ретинола), D (кальциферола), E (токоферолов) и β -каротина, а также водорастворимых витаминов В (тиамин) и В₂ (рибофлавин).

Как и все жиры, СМ является нестойким в хранении пищевым продуктом. Нестойкость жиров при хранении проявляется в их прогоркании, т.е. ухудшении вкуса и запаха, что приводит иногда к их непригодности для пищевого использования. К сожалению, СМ, вырабатываемому в настоящее время, присущи определенные пороки, снижающие потребительские свойства, пищевую и энергетическую ценность. Пороки могут быть обнаружены уже в свежем масле, но наиболее интенсивно развиваются в процессе хранения.

Ухудшение вкуса и запаха пищевых жиров является лишь внешним проявлением ряда сложных химических превращений жиров в процессе окисления, в результате чего они в значительной степени утрачивают свою

пищевую ценность, а зачастую становятся и непригодными для пищевого использования.

Окислительное прогоркание является наиболее распространенным типом порчи жиров в процессе их хранения и является результатом сложных химических и биохимических реакций.

Одним из наиболее распространенных последствий автоокисления жиров является утрата ими витаминных свойств как вследствие окислительной деструкции высоконепредельных жирных кислот, так и в результате разрушения витаминов продуктами окисления, накапливающихся в жирах.

Вопросам совершенствования технологии выработки СМ, повышения его качества и сроков хранения посвящены труды большого количества ученых Украины, ближнего и дальнего зарубежья: Вышемирского Ф.А., Гуляев-Зайцева С.С., Грищенко А.Д., Белоусова А.П., Андрианова Ю.П., Рашевской Т.А., Knoor E, King N, Haighton A.J., Striton A.J. и др.

В настоящее время в пищевой и масложировой промышленности наиболее инновационной технологией, обеспечивающей стабильность потребительских качеств продуктов питания в процессе их длительного хранения является технология высокого давления (ВД) и высокого циклического давления (ВЦД).

Для решения задачи – разработка процесса, обеспечивающего получение СМ с высокими потребительскими качествами в процессе длительного хранения – наиболее целесообразно применить технологию высокого циклического давления (ВЦД), обеспечивающую как микробиологическую безопасность продукта, так и улучшение его потребительских свойств.

Во многих странах Западной Европы, США, Японии уже разработаны технологии обработки продуктов ВД, что нашло отражение в научных работах зарубежных ученых Н. Пилар, Д. Гувер, Ф. Джонсон, У. Донг, Х. Огава, К. Фукушиза, Х. Фукумото и др. Из ученых Украины и стран бывшего

СССР следует отметить С. Т. Туменова, В. А. Сукманова, В. М. Шаталова, С. А. Соколова, Ю. Н. Петрову.

Внедрение в практику выработки СМ технологий ВЦД затруднено, в связи с тем, что в настоящее время не изучен в достаточной мере механизм воздействия ВД на патогенную микрофлору СМ; отсутствуют исследования влияния параметров процесса обработки СМ ВЦД на его дисперсность, реологические свойства и свойства, влияющие на ухудшение качества СМ в процессе его хранения; не изучены потребительские свойства продукта, обработанного ВЦД; отсутствуют оптимизационные модели, позволяющие определять оптимальные параметры процесса обработки СМ ВЦД; не изучена динамика свойств СМ, обработанного ВЦД в процессе его длительного хранения, и, как следствие, в настоящее время, молочная и масложировая промышленности не производят СМ длительного срока хранения. Вышеперечисленные обстоятельства и определяют актуальность диссертационной работы.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Тематика диссертационной работы находится в приоритетном направлении «Производство экологически чистых продуктов и технология их сохранения», рекомендованном в письме Министерства образования и науки Украины № 15/20-571 от 18.04.06 «Щодо пріоритетних напрямків для комплексних проєктів». Исследования проводились в соответствии с тематикой научно-исследовательских работ Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михайла Туган-Барановского Г-2005-2 «Совершенствование процесса производства кондитерских масс с использованием высокого давления» (№ ГР 0103U002113), Г-2006-2 «Использование высокого давления с целью улучшения свойств пищевых продуктов» (№ГР 0105U007780), Д-2010-18 «Инновационные методы обработки продуктов питания и создание технологического оборудования» (№ГР 0111U008821), хоздоговорной НИР № 684/2011 «Рекомендации по использованию высокого давления и субкритической воды в пищевых

технологиях» (№ ГР 0111U007960), планом работы проблемной научно-исследовательской лаборатории ДонНУЭТ «Использование высокого давления в пищевых технологиях», договором о научно-техническом сотрудничестве кафедры общепромышленных дисциплин Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского и Московского института оборудования при Московском технологическом университете пищевых технологий (2005 г.).

Цель исследований: научное обоснование и разработка процесса обработки СМ ВЦД для стабилизации его качества при длительном хранении.

Для достижения поставленной цели должны быть решены следующие **задачи:**

- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его микробиологическую безопасность;
- изучить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на активность воды;
- определить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на динамику его химических чисел во времени;
- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его термоустойчивость;
- оценить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на дисперсность его основных компонентов;
- определить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его реологические свойства;
- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его компрессионные характеристики;
- определить оптимальные параметры процесса обработки СМ ВЦД, обеспечивающие его высокое стабильное качество;
- создать аппаратную схему реализации разработанного процесса, соответствующую нормативную документацию и выполнить оценку

ожидаемой социально-экономической эффективности внедрения результатов работы.

Объект исследования – процесс обработки СМ ВЦД.

Предмет исследования – параметры процесса, физико-механические и потребительские свойства СМ, обработанного ВЦД.

Методы исследования. При выполнении работы использованы теоретические и экспериментальные методы исследования с использованием современных измерительных устройств и приборов, среди которых - физико-химические методы, микробиологический и дисперсный анализ образцов, обработанных ВЦД. Экспериментальные данные обрабатывались с помощью стандартных методов математической статистики, были использованы методы оптимизации.

Обоснование и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность экспериментальных исследований по совершенствованию необходимых показателей обеспечена использованием уникального исследовательского комплекса высокого давления, снабженного комплексами автоматического управления и современных лабораторных методов исследования с применением компьютерных технологий. Достоверность полученных научных результатов, методик расчета, выводов и рекомендаций обеспечена использованием основных теорий микробиологии, реологии, методов дисперсного анализа пищевых продуктов, использованием современных измерительных приборов, математических методов обработки экспериментальных данных и подтверждается адекватностью результатов теоретических исследований и экспериментальными данными.

Научная новизна работы.

- обоснована перспективность применения ВЦД для производства СМ с высокими пищевыми и потребительскими свойствами, стабильными при его длительном хранении;

- установлено влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД (количество импульсов, максимальное давление импульса; скорости импульса при возрастании и снижении давления) на: активность воды и его микробиологические показатели; реологические показатели (коэффициент пенетрации, предельное напряжение среза, работа резания); химические числа, характеризующие стабильность качества СМ;

- исследовано влияние количества циклов нагружения на изменение относительного объема и плотности СМ;

- получены значения компрессионных показателей СМ (плотность, относительный объем, модуль объемной упругости, коэффициент сжимаемости) и исследована их динамика в процессе его обработки ВЦД;

- исследовано влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на изменение показателей (площадь частиц, их периметр, диаметр Фере, удлиненность, овальность, компактность), характеризующих дисперсность основных компонентов СМ (жировые шарики, частицы влаги и пузырьки воздуха);

- исследовано влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его термоустойчивость;

- научно обоснованы оптимальные параметры процесса обработки СМ ВЦД, позволяющие стабилизировать его стойкости и высокое качество в процессе длительного хранения;

Практическое значение полученных результатов.

- определены оптимальные параметры процесса обработки СМ ВЦД;
- подобрано технологическое оборудование для обработки СМ ВЦД при включении его в технологическую линию выработки СМ;

- разработаны Технические условия ТУ У 15.5-01566057-029:2012 «Масло сливочное супер» и Технологическая инструкция по производству «Масла сливочного супер».

Личный вклад соискателя. Автором лично определены направления и обоснованы методы теоретических и экспериментальных исследований,

соискатель выполнил постановку, планирование, провел экспериментальные исследования и проанализировал результаты, сформулировал выводы по работы.

Апробация результатов диссертации. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и были одобрены на ежегодных научных конференциях Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского в 2009-2018 годах; 5 Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы питания: технология и оборудование, организация и экономика» (г. Донецк, 2009 г.); V Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании» (г. Варна, 2009 г.); VII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» (г. Могилев, 2010 г.); международной научно-практической конференции «Новые технологии, оборудование, безопасность и качество пищевых продуктов: настоящее и перспективы» (г. Киев, 2010 г.); III международной заочной научно-практической конференции «Актуальные проблемы потребительского рынка товаров и услуг» (г. Киров, 2012 г.); X Всеукраинской научно-практической конференции «Морские технологии: проблемы и решения» (г. Керчь, 2012 г.); Международной научно-практической конференции «Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции» (г. Минск, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Прогрессивная техника и технологии пищевых производств, ресторанного и гостиничного хозяйств и торговли. Экономическая стратегия и перспективы развития сферы торговли и услуг» (г. Харьков, 2013 г.); Всеукраинской научно-технической конференции «Актуальные проблемы пищевой промышленности» (г. Тернополь, 2013 г.); Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие пищевой, легкой промышленности и индустрии гостеприимства» (г. Казахстан 2013 г.), VII Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI век» (г. Санкт-

Петербург, 2015 г.), II Международной научно-практической конференции «Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств» (г. Воронеж, 2016 г.)

Публикации. По результатам исследований опубликовано 28 научных работ, в том числе: 9 статей в утвержденных научных профессиональных изданиях Украины, 3 статьи в утвержденных научных профессиональных изданиях ДНР, 1 – в издании РФ (г. Москва), 1 – в издании Румынии, включенное в международные наукометрические базы (Index Copernicus, EBSCO), 2 патента Украины на полезную модель, 13 тезисов докладов и материалов конференций.

Структура диссертации. Основное содержание работы изложено на 177 страницах машинописного текста, который состоит из введения, 6 разделов, основных выводов. Диссертация иллюстрирована 54 рисунками и 41 таблицей.

Приводится список использованной литературы из 211 наименований и 6 приложений.

РАЗДЕЛ 1

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПРОБЛЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Масло сливочное как продукт питания человека

СМ представляет собой пищевой продукт, выработанный из коровьего молока, состоящий преимущественно из молочного жира. Пищевая ценность СМ обусловлена, главным образом содержанием в нем молочного жира, восполняющего энергетические затраты организма человека [1,2,3], и от содержания в молочном жире полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой), которые участвуют в клеточном обмене веществ, обладают антисклеротическим действием и играют большую роль в обеспечении нормального углеводно-жирового обмена и регулировании окислительно-восстановительных процессов, протекающих в организме человека [4]. Среднее содержание в молочном жире линолевой кислоты составляет 3,2%, линоленовой - 0,7% и арахидоновой 0,2%.

Пищевую ценность СМ определяет также наличие в нем фосфатидов. Наиболее ценная часть фосфатидов - лецитин - попадает в масло вместе с оболочками жировых шариков. Фосфатиды в комплексе с белками участвуют в построении мембран клеток организма человека и синтезе белков, а также способствуют лучшему их усвоению [5].

СМ является ценным пищевым продуктом благодаря наличию в нем кроме молочного жира белковых и минеральных веществ, лактозы, а также жирорастворимых витаминов А (ретинола), Д (кальциферола), Е (токоферолов) и β-каротина. Из водорастворимых витаминов в масле в небольшом количестве содержатся витамины В (тиамин) и В₂ (рибофлавин). Молочный жир может служить реальным источником витамина А [6,7].

Содержание в масле фосфатидов, витаминов, минеральных и других питательных веществ зависит главным образом от времени года [8],

географической зоны производства, технологического процесса изготовления [9], а также от вида масла [10].

Пищевая ценность СМ снижается вследствие наличия в нем холестерина (200...500 мг/100 г), который вместе с фосфатидами входит в состав оболочки жировых шариков.

Масло коровье подразделяется на следующие виды: несоленое, соленое, вологодское сливочное, любительское сливочное, топленое. Масло с пониженным содержанием молочного жира содержит белковых веществ, а, следовательно, и незаменимых аминокислот в большем количестве, чем традиционное. В соответствии с производственной классификацией выделяют пять групп продуктов: сладкосливочное, кислосливочное, вологодское, масло с наполнителями и лечебно-диетическое масло.

В соответствии с химическим составом виды масла можно разделить на следующие группы: сладкосливочное соленое и несоленое - традиционное, любительское, крестьянское, бутербродное, кислосливочное соленое и несоленое - традиционное, любительское; кислосливочное несоленое – крестьянское, бутербродное; СМ с наполнителями без сахара и с ним, в том числе виды масла, обогащенные и не обогащенные белком.

СМ содержит жироподобные вещества, сопутствующие молочному жиру. К ним относят фосфатиды (лецитин, кефалин и др.), цереброзиды, стерины, свободные жирные кислоты, углеводы, сложные эфиры [11].

Содержание свободных жирных кислот может служить показателем липолитической активности. По данным Международной молочной федерации, СМ хорошего качества обычно содержит свободных жирных кислот менее 20 единиц (1 единица = 1мгNaOH/100г жира). Содержание свободных жирных кислот более 40 единиц является показателем начала ухудшения вкуса масла.

С технологической точки зрения СМ можно разделить на жир и молочную плазму, включающую все остальные составные части молока, а также выделить отдельно сухой обезжиренный молочный остаток (СОМО)

как составную часть СМ. В состав СОМО входят все химические составные части масла. Содержание СОМО в масле (в %) зависит от способа производства, вида вырабатываемого масла и периода года [12].

В СМ всегда присутствует газовая фаза. Содержание газовой фазы в масле зависит от способа его выработки и вида. По данным [12,13], содержание газовой фазы в масле, выработанном способом преобразования высокожирных сливок, составляет до 1,0 мл/100 г, в маслоизготовителе непрерывного действия - 6-10 мл/100 г, периодического действия - 2-6 мл/100 г. С увеличением содержания плазмы увеличивается содержание газовой фазы в масле.

Анализ данных работы [14], показывает, что плотность масла и содержание воздуха в нем связаны между собой линейной зависимостью.

В СМ содержатся вкусовые вещества, которые являются продуктами тепловой денатурации белков: свободные сульфгидрильные группы (-SH), свободные аминокислоты. СМ, выработанное способом преобразования высокожирных сливок, нормализованных пахтой, содержит свободных сульфгидрильных соединений (SH-групп) 15,5 мг %, любительское - 19,5 мг %, крестьянское - 20,7 мг % [10,15].

1.2. Формирование качества СМ в современных способах его производства

Технологический процесс производства масла включает концентрирование жира молока, заключенного внутри жировых шариков, до желаемого содержания его в масле и формирование структуры продукта с заданными свойствами. В зависимости от того, каким способом достигается выделение жировых шариков молока и концентрирование жира молока до желаемого содержания его в масле, различают два способа производства сливочного масла: способ сбивания сливок и способ преобразования высокожирных сливок.

При выработке масла способом сбивания сливок концентрирование жира молока до желаемого содержания его в масле достигается путем сепарирования молока и последующего сбивания полученных сливок, а также во время механической обработки масляного зерна, полученного при сбивании сливок. При производстве масла способом преобразования высокожирных сливок концентрирование жира молока до желаемого содержания в сливочном масле достигается путем одно- или двукратного сепарирования молока.

При выработке масла способом сбивания сливок применяют маслоизготовители периодического или непрерывного действия, а способом преобразования высокожирных сливок – маслообразователи цилиндрического или пластинчатого типа либо вакуум - маслообразователи.

Особенности технологического процесса производства масла различными способами следующие.

СМ способом сбивания сливок можно выработать только при условии предварительного превращения сливок из эмульсии в суспензию, содержащую отвердевшие жировые шарики. При выработке масла способом преобразования высокожирных сливок требуется предварительное концентрирование жира молока до желаемого содержания его в масле; при концентрировании жир должен находиться в жидком состоянии.

При изготовлении масла способом сбивания сливок нормализация по содержанию влаги осуществляется во время механической обработки его, а при выработке масла способом преобразования высокожирных сливок - до начала термомеханической обработки высокожирных сливок. При производстве масла способом сбивания сливок механическая обработка масла осуществляется после завершения процесса кристаллизации глицеридов молочного жира, во время физического созревания сливок и достижения желаемой степени отвердевания жира. При изготовлении масла способом преобразования высокожирных сливок в маслообразователях цилиндрического и пластинчатого типов механическая обработка

высокожирных сливок осуществляется одновременно с кристаллизацией глицеридов молочного жира, которая, однако, не завершается в период механической обработки.

При выработке масла способом преобразования высокожирных сливок выделяют пять стадий, из которых первые три протекают во время термомеханической обработки высокожирных сливок. Первая стадия представляет собой момент начала кристаллизации высокоплавких глицеридов в периферийных слоях еще неразрушенных жировых шариков, вторая - смену фаз, а третья - стадию первичного структурообразования. После завершения механического воздействия начинается четвертая стадия - стадия вторичного структурообразования, продолжительность которой 1,5...3 ч, и пятая стадия - стадия окончательного формирования структуры масла в процессе хранения [16].

В Литовском филиале ВНИИМСа была создана технология дополнительной механической обработки (гомогенизации) свежесвыработанного масла. Гомогенизацию свежесвыработанного СМ можно считать продолжением механической обработки, осуществляемой в маслоизготовителе. Гомогенизация масла является одной из стадий образования вторичной структуры в готовом продукте, цель которой состоит в том, чтобы обеспечить в масле превалирование коагуляционной структуры, обладающей выраженными тиксотропными свойствами, и таким образом улучшить консистенцию масла, его структурно-механические свойства: эластичность, пластичность и др. Гомогенизация способствует ускоренному тиксотропному восстановлению структуры.

Во время термостатирования свежесвыработанного масла (пятая стадия) создаются условия, благоприятные для завершения фазовых превращений молочного жира и формирования его структуры. Различают две стадии формирования структуры СМ после выхода его из маслообразователя: стадию вторичного структурообразования и стадию окончательного формирования структуры СМ [17]. Стадия вторичного структурообразования

продолжается около 1,5...3 ч, стадия окончательного формирования структуры масла - три-четыре недели при $+5\div-10^{\circ}\text{C}$. На этой стадии происходит в основном кристаллизация низкоплавких глицеридов и упрочнение структуры масла [17,18].

От условий термостатирования в значительной степени зависят консистенция продукта и его товарные свойства. Термостатирование масла в течение первых пяти дней при 5°C способствует значительному дополнительному отвердеванию жира, а также тиксотропному восстановлению коагуляционной структуры. Термостатирование свежеработанного масла при $-10\div+5^{\circ}\text{C}$ в течение 3...5 дней приводит к дополнительной кристаллизации и образованию дополнительных легкоплавких и высокоплавких групп смешанных кристаллов. В последующие три-четыре недели образуются новые самостоятельные группы смешанных кристаллов глицеридов в результате перераспределения глицеридов между группами по плавкости.

Таким образом, стадия окончательного формирования структуры масла продолжается довольно длительное время. При нарушении требований на условиях термостатирования могут возникнуть пороки консистенции масла [19].

Имеется ряд работ о влиянии способа производства на дисперсность плазмы сладкосливочного масла [13,10,20...23]. Наиболее высокая степень дисперсности плазмы имеет место в масле, выработанным способом преобразования высокожирных сливок, и наиболее низкая - в масле, выработанным способом сбивания сливок в маслоизготовителях периодического действия. Объем плазмы в масле, изготовленном способами преобразования высокожирных сливок, составляет в каплях размером 1...5 мкм соответственно 61,5...38,5%, в каплях размером 9..10 мкм 9,6...15,0 %, степень дисперсности плазмы $1,61...1,28 \text{ м}^2/\text{см}^3$. Масло, полученное способом преобразования высокожирных сливок, содержит до 1,0 мл/100 г газовой фазы.

1.3. Показатели качества СМ и методики их контроля

Учитывая сложность СМ, как объекта исследования, и непостоянство его свойств на различных этапах его существования, для всесторонней оценки его качества в настоящее время используется более 30 показателей, характеризующих его консистенцию, структуру и дисперсность, комплекс физико-механических показателей, комплекс химических показателей, включающий ряд химических чисел, теплофизические характеристики, органолептические, включающие вкус, запах, аромат, показатели микробиологической стерильности и безопасности и т.д.

Под консистенцией СМ понимают совокупность структурно-механических свойств, зависящих от строения самого продукта, взаимосвязи его компонентов и их физического и агрегатного состояний [6].

К консистенции СМ предъявляют требования, сформулированные академиком П. А. Ребиндером [24,25]. Консистенция СМ зависит от его структуры. В зависимости от степени дисперсности структурных элементов различают три типа структур в сливочном масле: макро-, микро - и наноструктуру.

В состав макроструктуры входят капли свободной влаги и свободного жира, а также воздушные пустоты. Эти структурные элементы можно видеть невооруженным глазом или при небольшом увеличении. Микроструктура состоит из капелек влаги, кристаллов жира и их сростков, частиц белка и других элементов, размеры которых колеблются от 5 до 20 мкм.

В работе [26] впервые предложена стройная схема микроструктуры СМ. Из нее следует, что водная и жировая фазы, входящие в состав масла, являются непрерывными. Жировая фаза количественно преобладает, а поэтому ее свойства проявляются внешне более рельефно. Эта фаза пронизана сквозными и замкнутыми капиллярами плазмы и содержит кристаллический и гелеподобный молочный жир, отдельные капли плазмы и воды, частично соединенные мельчайшей сетью капилляров. В каплях плазмы могут находиться отдельные жировые шарики с неразрушенной

оболочкой. В масле содержатся также мельчайшие пузырьки воздуха, механически захваченного при сбивании сливок и обработке масла. Часть воздуха растворена в плазме.

В состав ультрамикроструктуры входят структурные элементы размером менее 10^{-3} и 10^{-4} мкм, обнаружить которые можно под электронным микроскопом. С помощью электронного микроскопа Е. Кноп выявил два типа структур СМ: зернистую и гомогенную [27]. Зернистая структура состоит из микрозерен отвердевшего жира, образующихся при слипании жировых шариков молока, из которых удалена жидкая часть жира во время физического созревания сливок и механической обработки масла в маслоизготовителе [27]. Микрозерна представляют собой конгломерат мельчайших кристаллов. Существует мнение, что зернистая структура соответствует коагуляционно-кристаллизационной, а гомогенная - кристаллизационно - коагуляционной структуре СМ [28].

В СМ содержится молочный жир в виде кристаллов отвердевших глицеридов, а также в аморфном и жидком состояниях. Кристаллы глицеридов молочного жира, соприкасаясь между собой, образуют пространственную структуру сливочного масла - кристаллический каркас. В зависимости от характера связей между кристаллами глицеридов молочного жира, которые составляют основу пространственной структуры СМ, различают два типа структур: коагуляционную и кристаллизационную.

Коагуляционная структура образуется в результате броуновского соударения частиц за счет Ван-дер-Ваальсовых сил сцепления, когда между ними остается весьма тонкая прослойка жидкой дисперсионной среды (свободного жидкого жира). Коагуляционная структура характеризуется низкой механической прочностью. Структуры такого рода образуют пространственный трехмерный каркас, и их подразделяют на компактные и рыхлые дисперсные системы [29]. Для коагуляционных структур, обладающих низкой прочностью, характерны ползучесть, эластичность,

пластичность, релаксационная способность и полная тиксотропная восстанавливаемость во времени после механического разрушения [29].

В коагуляционных структурах контакты между частицами твердой фазы - коагуляционные контакты - характеризуются слабыми силами взаимодействия вследствие наличия прослоек свободного жидкого жира. Прочность этих контактов определяется Ван-дер-Ваальсовыми молекулярными силами сцепления. Признаками коагуляционной структуры в масле являются выраженные пластические свойства.

Кристаллизационная структура масла представляет собой структурный каркас из сросшихся кристаллов глицеридов молочного жира, преимущественно высокоплавких. Признаками кристаллизационной структуры в масле являются упругая эластичность, избыточная твердость, хрупкость и ломкость. Структура разрушается необратимо при механическом воздействии и превращается в коагуляционную [29].

В настоящее время считается, что СМ должно иметь структуру смешанного типа - кристаллизационно - коагуляционную с преобладанием коагуляционной [30].

При формировании структуры СМ пространственный каркас образуется в результате взаимодействия не только кристаллов глицеридов молочного жира, но и белков, оболочечного вещества жировых шариков, содержащихся в капельках плазмы и водных капиллярах. Образующаяся при этом структура получила название вторичной структуры СМ [31].

Состояние консистенции СМ оценивают органолептически. Согласно действующим нормативным документам, СМ при 10...12°C должно быть однородным, поверхность масла на разрезе - слабоблестящей и сухой на вид или с наличием одиночных мельчайших капелек влаги.

Структурно-механические (реологические) характеристики используют для оценки прочности и долговечности структуры СМ, количественной оценки соотношения между двумя типами структур СМ: коагуляционной и кристаллизационной.

Прочность структуры СМ на практике наиболее часто характеризуют предельным напряжением сдвига θ_0 , или напряжением сдвига σ , определяемым с использованием конического пластометра КП-3 системы Воляровича-Ребиндера.

Долговечность структуры τ_d может характеризоваться временем с начала действия деформирующей силы до разрушения структуры. Логарифм долговечности структуры СМ находится в линейной зависимости от напряжения сдвига σ [32].

Для оценки соотношения между двумя типами структур СМ - коагуляционной и кристаллизационной (конденсационной) - можно использовать отношение эластичности к пластичности, а также величину, характеризующую степень тиксотропного восстановления структуры масла после ее разрушения. Степень тиксотропного восстановления структуры после ее механического разрушения можно определить методом снятия петли гистерезиса [33] или другими методами [34].

Прочность и степень однородности структуры масла характеризуются сопротивлением масла разрезанию проволокой, а также погружению конуса гладкой или ребристой поверхности [34], шарика или пенетрометров различной конструкции [34]. Сопротивление СМ разрезанию проволокой определяют методом Осьминина с помощью тонкой проволоки или на твердомере Каминского [34]. Способность СМ к намазыванию характеризуют величиной $tg \alpha$ (α - угол изгиба бруска масла, который во время испытания находится под воздействием нагрузки).

Методика определения $tg \alpha$ была предложена в работе [35] и уточнена в работе [36]. Наблюдается корреляционная зависимость между $tg \alpha$ и напряжением сдвига σ . Величину $tg \alpha$ можно использовать для характеристики эластичности продукта.

Для оценки соотношения между двумя типами структур в масле используют количество вытекаемого из масла жидкого жира и формоустойчивость, которая характеризуется коэффициентом деформации

масла k_T при 30°C . Формоустойчивость и количество жидкого жира связаны между собой. Чем больше количество вытекаемого из масла жидкого жира, тем в большей степени ухудшаются показатели формоустойчивости.

Для характеристики микроструктуры СМ используют такие показатели, как величина капель влаги и равномерность распределения влаги в масле. Для определения этих показателей наиболее приемлемым и распространенным является индикаторный метод с использованием индикаторных бумажек.

В соответствии с эталоном, по величине капель влаги и их распределению масло относят к одному из четырех классов: хорошее распределение влаги - на индикаторной бумажке отпечатков не видно; удовлетворительное - на индикаторной бумажке видно незначительное количество (3...5) равномерно распределенных точек диаметром 0,3...1,0 мм; неудовлетворительное - более пяти точек различной величины диаметром больше 1,0 мм; плохое - много точек и пятен диаметром более 3 мм.

Для характеристики непрерывности водной фазы масла используют такие показатели, как степень испарения влаги из масла, проникновение радиоактивных веществ (Ca^{45} , Cl) в глубинные слои масла [38].

Корреляционная связь между отдельными структурно-механическими характеристиками и физико-химическими показателями масла изучена в работе [39]. Консистенция СМ может быть мягкой, недостаточно мягкой, твердой, излишне твердой.

СМ представляет собой полидисперсную, многофазную и многокомпонентную систему переменного состава [40,41]. Полидисперсность СМ обусловлена тем, что твердая фаза молочного жира, водная и газовая фаза находятся в виде раздробленных частиц, размеры которых меняются в определенных пределах: кристаллы молочного жира имеют размеры 0,01...2 мкм, капельки влаги 1...15 мкм, пузырьки воздуха до 20 мкм [41].

Многофазность СМ проявляется в том, что компоненты масла находятся в твердом, жидком и газообразном состоянии. При этом фазу масла определяли как совокупность всех гомогенных частиц системы, одинаковых во всех точках по составу и по всем химическим и физическим свойствам и ограниченных от других частей некоторой видимой поверхностью (поверхность раздела). Твердая фаза масла представлена смешанными кристаллами молочного жира, белками оболочек жировых шариков и белками плазмы молока. Жидкая фаза состоит из жидких фракций молочного жира, свободной воды, находящейся в виде капель, и вязанной воды в капиллярах, пронизывающих непрерывную жировую фазу. Газообразная фаза представлена пузырьками воздуха и растворенным воздухом [40,41].

Физические свойства СМ определяются преимущественно его структурой и степенью дисперсности его компонентов. С последней тесным образом связаны консистенция, вкус, цвет, стойкость масла при хранении и другие потребительские свойства.

Свойства структуры СМ зависят от содержания и характера взаимосвязей отдельных компонентов, находящихся в различном физическом состоянии, а также от степени дисперсности. Основная роль в создании дисперсной структуры масла принадлежит жировой фазе.

В непрерывной жидкой жировой фазе масла диспергированы отдельные кристаллики молочного жира, которые за счет сил взаимодействия образуют пространственную структуру. В процессе маслообразования жировая эмульсия разрушается не полностью, поэтому часть жира переходит в масло в виде жировых шариков, полностью или частично сохранивших свои адсорбционные оболочки. Такие жировые глобулы сферической формы, с частично отвердевшим жиром, также диспергированы в непрерывной фазе жидкого жира.

На основании электронно-микроскопических снимков Кноп различает масло с зернистой и гомогенной структурой.

Зернистая структура создается отдельными зернами, или гранулами твердого жира, диспергированными в жидкой фракции. Такие зерна представляют собой крупные агрегаты жировых кристаллов, каждый из которых сформировался в пределах жирового шарика и сохранил свою индивидуальность после разрушения оболочки и выделения низкоплавких триглицеридов в непрерывную жидкую фазу. В гомогенной структуре такие жировые зерна отсутствуют, структурными элементами являются более мелкие кристаллические частицы.

Явление тиксотропии СМ состоит в способности его структуры размягчаться или разжижаться под влиянием механического воздействия и вновь упрочняться после прекращения воздействия. В соответствии с классическими представлениями структуру СМ можно трактовать как трехмерную решетку, образованную обратимыми (тиксотропными) и необратимыми (кристаллизационными) связями. Кристаллизационные связи - это контакты непосредственно между кристаллами молочного жира, образованные прочными химическими связями. Тиксотропные (коагуляционные) связи - это контакты между кристаллическими частицами и другими структурными элементами масла через прослойки жидкого жира. В образовании этих связей участвуют более слабые силы Ван-дер-Ваальса.

Исследование механических свойств образцов СМ с различными пороками консистенции показало, что образцы масла ломкой, слоистой или крошливой консистенции имели структуру преимущественно кристаллизационного характера, так как исходное масло обладало довольно высокой прочностью и после ее разрушения восстановившаяся структура имела прочность на 30 ... 40% ниже исходной. Пластичное же масло имеет невысокую прочность и его структура носит преимущественно коагуляционный характер, так как после разрушения прочность структуры восстанавливается до 80 ... 90%. Полное отсутствие кристаллизационных элементов обуславливает получение масел со слабой, мажущейся консистенцией [40,41].

Массовая доля основных компонентов, включая содержание жира и плазмы изменяется в широком диапазоне: жира от 52 до 82,5%, плазмы – от 49 до 17,5%. В работах [44] приведены следующие характеристики структуры СМ: диаметр капель плазмы в масле - от 0,5 до 11 мкм и более; массовая доля влаги, -87,8...90,6%; СОМО: 9,4...12,2; в том числе лактозы 4,6...4,9; белков 3,2 ... 3,4; минеральных веществ 0,5...0,7; жира 0,34...3,95.

Газовая фаза СМ количественно непостоянная, колеблется в диапазоне от 0,5 до 10 ... 12 мл/100г. В основном газовая фаза находится в масле в виде мелкодиспергированных пузырьков, меньшая часть ее растворена в жидком жире и плазме. Повышение содержание воздуха до 8...10% лишь незначительно улучшает намазываемость [21,45]; в то же время присутствие газа повышает липкость масла [46,60].

По классификации П. А. Ребиндера и Н. В. Михайлова [47], развитой для пищевых продуктов Б. А. Николаевым [48], СМ можно отнести к твердожидким структурам. При пониженных температурах масло приближается к твердообразным и твердым телам, а при температурах, близких к точке плавления жира, - к жидкообразным.

Важнейшими структурно-механическими показателями, определяющими консистенцию СМ, являются прочность (на сдвиг, растяжение, изгиб), вязкость, эластичность, пластичность, упругость, связность и термоустойчивость [35,48,49]. Впервые процессы структурообразования в СМ были исследованы в работах [15,30,50...54].

Способность структуры масла удерживать жидкую фракцию триглицеридов зависит от типа пространственной структуры и концентрации в масле твердого жира. Из масла с хорошей консистенцией при 25°С выделяется около 38 - 49% жидкой фракции [55]. Если в продукте при 25°С содержится менее 15% твердого жира, то количество выделяющейся жидкой фракции возрастает. У такого масла обычно излишне мягкая консистенция и пониженная термоустойчивость.

Чтобы оценить кристаллизационно-коагуляционные структуры СМ используют степень разрушения структуры, которая определяется как отношение разности прочности неразрушенной и разрушенной структур к прочности первой. У масла с пластичной консистенцией и хорошей термоустойчивостью степень разрушения структуры равна 70..75% при 12...18°C и 60...65% при 20°C [56].

Эластические свойства структуры масла характеризует связность. Чем выше показатель связности структуры масла, тем лучше оно намазывается на хлеб. Связность структуры масла, выработанного в трехцилиндровых маслообразователях, колеблется от 0,2 до 0,35 зимой, а максимальные значения ее - 0,55, достигаются летом [57]. Связность структуры масла, полученного в пластинчатых маслообразователях зависит от технологического режима и у масла с хорошей консистенцией и термоустойчивостью при 10°C колеблется от 0,26 до 0,46.

Многие свойства СМ в значительной степени определяются его физической структурой. Стойкость масла при хранении тесно связана с водной фазой, а именно со степенью ее дисперсности и относительным количеством капсулированной влаги. Установлено наличие тесной зависимости между стойкостью масла при хранении при минусовых температурах и повышением степени дисперсности водной фазы, а также увеличением содержания капсулированной влаги. Степень дисперсности водной фазы показала выраженную корреляцию с органолептической оценкой после двух недель хранения масла при 14⁰C [58].

В зависимости от режима и способа производства в масле может содержаться 10...35% жира в виде жировых шариков со средним диаметром 3,6...4,2 мкм [46]. По мере нагревания масла и плавления жира количество индивидуальных жировых шариков постепенно уменьшается в результате их слияния и образования более крупных вторичных жировых шариков с диаметром выше 15 мкм и выделения жидкой фракции в непрерывную фазу.

В непрерывной жировой фазе диспергированы капельки плазмы, которые соединяется сетью тончайших каналов, что позволяет рассматривать водную фазу масла как непрерывную [49].

Средний диаметр капель плазмы в масле из высокожирных сливок составляет 1,98...2,53 мкм [41,43,59]. По данным работы [5] в этом масле большинство капель плазмы имеет диаметр 1...3 мкм и только незначительное количество их - диаметр 9...10 мкм. Часть влаги удерживается на поверхности жировых частиц и связана с сохранившимися оболочками жировых шариков, незначительное количество ее (около 0,25%) растворено в жировой фазе. По данным [45], повышение содержания влаги с 15 до 18% на консистенцию и намазываемость масла влияет незначительно.

Чем лучше диспергированы компоненты масла (жир, влага, пузырьки воздуха), тем выраженнее вкус масла [40,43,59].

Основной характеристикой дисперсных систем является дисперсность. Более полное представление о дисперсности даёт кривая распределения объёма или массы дисперсной фазы по размерам частиц. Степень дисперсности, т.е. преобладающий размер частиц, даже при постоянной концентрации фазы оказывает влияние на состояние системы и ее прочность [61...63].

В работах [64,65] изучена наноструктура СМ и получены изображения наночастиц влаги, их квазиодномерных цепочек, водных нанодорожек и нанокапилляров в наноструктуре масла и предложен механизм их формирования, что позволило предложить модель и механизм самоорганизации наноструктуры СМ (рис.1). В результате термодинамических расчетов электронных снимков наноструктуры масла идентифицированы наночастицы влаги изотропной сферической и анизотропной форм, центрами формирования которых являются дефекты типа произвольного объема в жировой фазе масла, а именно – нанопоры; наночастицы влаги образуют квазиодномерные цепочки в рамках распределения аморфных и кристаллических слоев, нанозерен и фаз

молочного жира и многогранных ячеек, которые формируются при самоорганизации наноструктуры аморфных слоев.

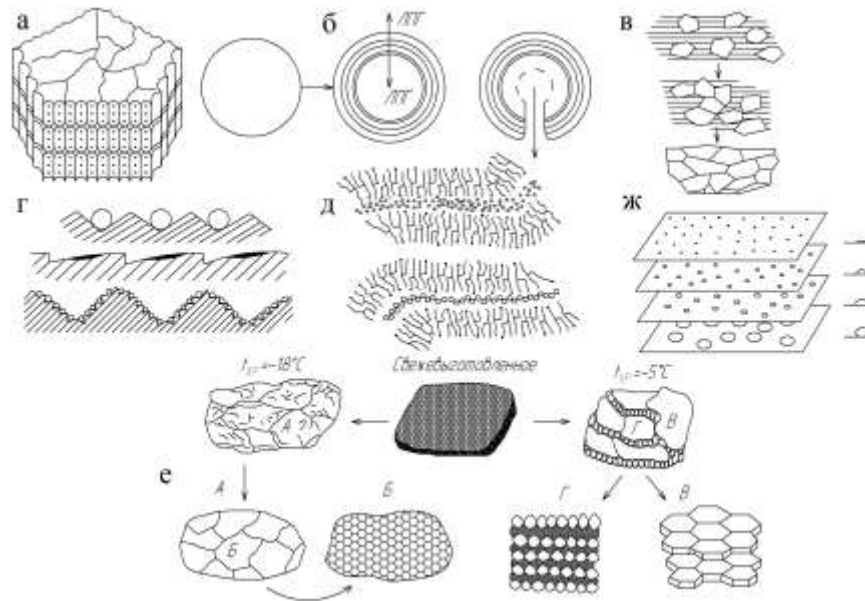


Рис.1 Модель и механизм самоорганизации наноструктуры СМ [64,65]

Механизм самоорганизации элементов наноструктуры: а – многогранного слоистого наноблока, б – кристаллических слоев жирового шарика, в – аморфного твердого слоя, г – межфазные выступы шероховатости с наночастицами и пленками водной фазы, д – моно – и полислоев наночастиц влаги между ламелями глицеридов, ж – фракционирование глицеридов в процессе формирования кристаллических слоев. Модель надмолекулярной самоорганизации наноструктуры межглобулярной области (е): А – поверхностный аморфный слой, Б – кристаллический слой под аморфным слоем, В – многогранный слоистый кристаллический наноблок, Г – ламелярная структура кристаллического слоя.

Нанопоры - важные структурные элементы кристаллического и твердого аморфного жира, которые играют важную роль в процессах диффузии, внутренней адсорбции воды, кислорода, металлов и других примесей, окисления, кристаллизации и структурной релаксации. Методами электронно-позитронной аннигиляции [64,65] установлено наличие нанопор в молочном жире и фракциях, радиус их изменяется в пределах 0,22...0,44 нм, что приближается к величинам малых интервалов глицеридов, которые определяются типом кристаллической полиморфной формы - α , β^1 , β .

Выявлено два типа нанопор. Первый образуется около глицеринового остатка между одинаково направленными жирнокислотными цепочками в случае нарушения правила чередования углеводных цепочек. Другой тип - одномерные нанопоры около конечных групп CH_3 углеводных цепочек меньшей длины, чем цепочки соседних молекул. Радиус нанопор колеблется от 0,2 до 0,56 нм, однако наиболее статистически вероятный и стабильный радиус нанопоры равен 0,35 нм.

Доказана непрерывность водной фазы в масле, которая существует на наноуровне. Водная фаза диффундирует по нанокапиллярам, образованным нанопорами параллельных мономолекулярных слоев, водных нанодорожек и наноканалов, которые пронизывают наноструктуру кристаллических и аморфных слоев. Микроструктура СМ содержит единичные частично поврежденные и разрушенные жировые шарики, а в межглобулярной области – множество плоских и вогнутых кристаллических слоев, которые содержат ламелярную наноструктуру, в которой ламели из кристаллических нанозерен $d \sim 1-10$ нм разделены прослойками из наночастиц влаги $d \sim 3 \dots 10$ нм.

В работах [67,68] впервые были изучены структурно-механические свойства СМ на приборе Вейлера - Ребиндера методом исследования ползучести. Под ползучестью понимают явление возрастания деформации при постоянном напряжении. Анализ кривой изменения деформации сдвига во времени показал, что в СМ имеют место условно-мгновенная упругая деформация сдвига γ_0 и запаздывающая, или эластическая, упругая деформация сдвига. Условно-мгновенная упругая деформация сдвига характеризуется условно-мгновенным модулем сдвига, а запаздывающая упругая деформация сдвига - модулем сдвига. Доля эластической деформации в общей величине деформации сдвига характеризует эластичность СМ. Общая упругая деформация сдвига γ_m , состоящая из суммы мгновенной упругой деформации и запаздывающей упругой деформации, характеризуется равновесным модулем упругости, который соответствует полному развитию высокоупругой деформации.

Через некоторое время после начала процесса деформирования (10...15 мин) возникает пластическое течение при величине напряжения; равной пределу текучести (Шведова) θ_k с постоянным градиентом скорости сдвига. Кривая «деформация-время» переходит в прямую с постоянным наклоном, по которой можно определить истинную (релаксационную) вязкость пластического течения η_1 , являющуюся вполне инвариантной. Это свидетельствует о том, что структура масла при медленном течении успевает восстанавливаться, т. е. масло обладает тиксотропными свойствами. Полная деформация СМ равна сумме упругой и пластической деформаций.

После снятия нагрузки условно-мгновенная упругая деформация γ_0 исчезает, запаздывающая упругая деформация (высокоэластическая) исчезает медленно.

Деформация вязкого течения (пластическая деформация) развивается во времени и является необратимой (остаточной) деформацией $\gamma_{ост.}$. Это явление свидетельствует о том, что СМ обладает пластичностью.

Для количественной оценки тиксотропных свойств СМ в работе [66] предложено пользоваться коэффициентом тиксотропности, который представляет собой отношение вязкостей при возрастании и убывании нагрузок, или, что то же самое, отношение напряжений сдвига при тех же условиях. Коэффициент тиксотропности характеризует глубину процессов структурообразования в масле. Относительной мерой тиксотропных свойств СМ может быть площадь гистерезисных петель, получаемых при исследовании тиксотропных свойств методом снятия петли гистерезиса. Тиксотропные свойства неразрывно связаны с явлением релаксации напряжений, которые являются следствием перераспределения упругой и пластической деформаций. В результате релаксации напряжений снижаются упругие и повышаются пластические свойства продуктов [66].

Релаксационные свойства масла изучали в работах [68,69]. Показано, что характер релаксации напряжений СМ можно описать обобщенной моделью Максвелла, состоящей из трех параллельно соединенных элементов

Максвелла, каждый из которых характеризуется своим значением модуля и периодом релаксации.

В области напряжений сдвига выше предельного θ_0 от начала течения до предельного разрушения структуры структурно-механические свойства масла характеризуются эффективной $\eta_{\text{эф}}$ и пластической η_1 вязкостью, а также предельным напряжением сдвига θ_0 .

Зависимость эффективной вязкости от напряжения τ или градиента скорости сдвига $\dot{\gamma}$ считают основной характеристикой структурно-механических свойств дисперсных систем, так как эффективная вязкость является итоговой характеристикой, описывающей равновесное состояние между процессами восстановления и разрушения структуры в установившемся потоке [66]. Математическая зависимость, описывающая кривые течения, т.е. зависимость между любыми двумя реологическими характеристиками из трех (τ , $\dot{\gamma}$, η), получена в работе [66].

Для количественного описания процессов деформации и течения СМ используют реологические механические модели, состоящие из идеальных механических элементов. Реологические модели СМ предложили Д. Качераускис, Динер и Хельдман [70], а также Эллиот и Грин [71].

Реологические модели СМ качественно и достоверно характеризуют поведение его при различных режимах деформирования и являются исходной основой для составления уравнений, пользуясь которыми, однако, не всегда можно достаточно точно описать кривую течения продукта. Поэтому для более точного описания кривых течения СМ применяют уравнения состояния. Уравнения состояния для описания кривых течения СМ были предложены в работах [68,72,73,74]. Использование уравнений состояния для практических целей не всегда удобно. Поэтому для инженерных расчетов применяют метод структурно-инвариантных характеристик вязкости [72].

В отличие от истинно-вязких систем СМ можно рассматривать как типичную неньютоновскую систему, для которой характерными являются

проявление истинной упругости и высокопластические свойства структурированных систем. СМ как неньютоновскую систему можно отнести к третьей группе пищевых продуктов по классификации пищевых продуктов [66]. В таких системах изменение основных структурно-механических свойств достигается путем сдвиговой деформации во всем объеме.

К поверхностным структурно-механическим свойствам сливочного масла относят адгезию. Различают давление прилипания адгезионное по границе раздела продукта и твердого тела и аутогезионное по слою продукта. От липкости зависит поведение поверхности СМ под воздействием касательных напряжений, а также способность СМ к намазыванию и смачиванию. Применяемые для исследования структурно-механических свойств масла методы подробно описаны в литературе [66].

Наиболее достоверные и сравнимые реологические характеристики готового масла можно получить только после 5-7 дней предварительной выдержки. Измерение реологических характеристик продукта желательно осуществлять непосредственно внутри аппарата в процессе образования структуры.

Органолептические показатели СМ определяются наличием в нем ароматических и вкусовых веществ. Сульфгидрильные группы - SH образуются в результате частичного восстановления серосодержащих аминокислот, входящих в белковую оболочку жировых шариков [75]. В нативных белках сульфгидрильные группы находятся в неактивном состоянии. Во время пастеризации они освобождаются при разворачивании полипептидных цепей белков и становятся реакционноспособными. Аминокислоты являются одним из основных поставщиков веществ, обуславливающих вкус и запах СМ.

В непастеризованных сливках содержится аминокислот 12,2 мг/100 г. По отношению к первоначальному количеству, принятому за 100%, содержание их составляет при нагревании сливок до 85-90, 115 и 135 °С соответственно 109; 77,6 и 93 %. При сравнительно невысоких температурах пастеризации

(85 - 90 °С) количество свободных аминокислот увеличивается в результате разрушения белков, чувствительных к воздействию высоких температур.

По данным [76,77], содержание свободных высокомолекулярных жирных кислот увеличивается по мере повышения температуры нагревания и достигает 69,4; 73 и 89,3 мг в 100 г молочного жира при нагревании сливок соответственно до 60, 90 и 120°С. В результате изменения содержания ароматических и вкусовых веществ под влиянием высоких температур пастеризации в сливках появляется вкус пастеризации. Наиболее выраженный вкус пастеризации отмечен при максимальном содержании сульфгидрильных групп и цистеина, минимальном количестве глюкозы, при повышении содержания карбонильных соединений (до 33,2 % по сравнению с сырыми сливками).

1.5. Изменение потребительских и физико-механических Показателей СМ в процессе его хранения

1.4.1. Снижение качества СМ в процессе его хранения

Наиболее распространенным типом порчи жиров в процессе их хранения является прогоркание. Прогоркание жиров СМ является результатом сложных химических и биохимических реакций. В зависимости от механизма превращений жиров различают два типа прогоркания - окислительное и гидролитическое. Оба типа прогоркания в зависимости от факторов, каталитически воздействующих на процессы превращения жиров, подразделяют на автокаталитическое (неферментативное) и ферментативное (биохимическое) [78].

Окислительному автокаталитическому прогорканию подвержены все пищевые жиры. В основе этого типа прогоркания лежат цепные радикальные процессы с вырожденным разветвлением между кислородом воздуха и ненасыщенными жирными кислотами жира. Первичными продуктами этого процесса являются гидроперекиси, из которых путем сложных реакций образуется разнообразная смесь различных соединений, насыщенных и

ненасыщенных альдегидов, кетонов, моно- и дикарбоновых кислот, альдегидокислот, кетокислот и их эфиров, гидроксисоединений, эпоксидов, полимеров и т.д. Большинство этих веществ принимает решающее участие в развитии привкуса прогоркания и обуславливает ухудшение запаха [78].

Окислительное ферментативное прогоркание, обычно называемое кетонным, типично для жиров, триглицериды которых содержат средне и низкомолекулярные предельные жирные кислоты, а также значительное количество влаги. Этот тип прогоркания обычно встречается при поражении плесеньями (*Aspergillus*, *Penicillium* и др.) СМ и маргарина. В основе кетонного прогоркания лежит процесс гидролитического расщепления жира с выделением свободных жирных кислот, последующим β - окислением и декарбоксилированием этих кислот. В результате накапливаются алкилметилкетоны, имеющие характерный неприятный запах [78].

Гидролитическое прогоркание заключается в расщеплении жиров и масел с выделением свободных жирных кислот. Гидролиз жиров, как и любых сложных эфиров, всегда может иметь место, если в системе имеется вода.

Автокаталитический процесс гидролиза происходит в жировой фазе и только растворенная в ней вода вступает в реакцию, т.е. протекает в гомогенной среде. При ферментативном расщеплении гидролиз происходит исключительно на поверхности соприкосновения жира и воды. Скорость ферментативного гидролиза сильно увеличивается в эмульсии и тем больше, чем выше степень дисперсности последней [79].

Таким образом, наиболее распространенным видом порчи жиров является окислительное прогоркание. Поэтому, помимо поражения микрофлорой, основным процессом, снижающим качество пищевых жиров при хранении, является окислительное автокаталитическое прогорание, т. е. процесс автоокисления жиров [78,79].

При автоокислении в пищевых жирах в зависимости от образующихся специфических продуктов окисления триглицеридов появляются разнообразные нежелательные привкусы и запахи — олеистый, салистый, окисленный, металлический, рыбный, прогорклый [80].

Ответственными за развитие нежелательных привкусов и запахов являются в первую очередь карбонильные соединения. Кроме того, ухудшение вкуса и запаха пищевых жиров является лишь внешним проявлением ряда сложных химических превращений жиров в процессе окисления, в результате чего они в значительной степени утрачивают свою пищевую ценность, а зачастую становятся и непригодными для пищевого использования [78...81].

Одним из наиболее распространенных последствий автоокисления жиров является утрата ими витаминных свойств как вследствие окислительной деструкции высоконепредельных жирных кислот, так и в результате разрушения витаминов продуктами окисления, накапливающихся в жирах. В частности, разрушаются как жирорастворимые витамины групп E, A, D, K, β -каротин [81], так и водорастворимые витамины групп B и C. При этом разрушение α -токоферола, являющегося биоантиоксидантом, и аскорбиновой кислоты - промотора антиокислителей в свою очередь способствует снижению устойчивости в хранении пищевых жиров.

Установлено [78], что продукты окисления жиров инактивируют ферменты. Автоокисление жиров является не только основным наиболее типичным для этой группы пищевых продуктов процессом, снижающим их качество, но и процессом, в результате которого в жирах могут накапливаться весьма нежелательные для живого организма вещества.

1.4.2. Современные представления о процессе автоокисления жиров

Обычно реакция окисления рассматривается как одна из составных стадий окислительно-восстановительного процесса. Сущность этого

процесса состоит в изменении числа электронов во внешней электронной оболочке атома или группы атомов.

Каталитическое влияние температуры и других факторов в отношении окисления углеводов и липидов приводит к ускорению процесса, но не изменяет существенно его механизма.

Все жирные кислоты, входящие в состав жиров, способны реагировать с молекулярным кислородом в условиях обычных температур, т.е. подвергаться автоокислению. В то же время скорость автоокисления различных жирных кислот (или их остатков в составе липидов) существенно зависит от строения жирной кислоты и, в частности, от степени ее непредельности [82].

Инициирование цепных реакций автоокисления, т.е. начало процесса автоокисления заключается в окислительном превращении одной-двух молекул окисляемого субстрата с образованием свободных радикалов.

Дальнейшее развитие процесса автоокисления особенно в условиях достаточного количества кислорода, в том числе и инициирование цепей в процессе окислительных превращений, определяется скоростью накопления в системе промежуточных продуктов реакции - гидроперекисей.

Применительно к процессу автоокисления липидов показано [83], что накопление перекисных соединений при окислении жиров происходит в две стадии. В первой стадии идет сравнительно медленная реакция со слабо выраженным автоускорением. Во второй стадии процесс идет с большой скоростью, пока концентрация перекиси не достигает максимума. Введение антиоксиданта значительно удлиняет первую стадию окисления, не влияя на энергию активации этой стадии. Введение антиоксиданта на второй стадии резко тормозит процесс. Наличие двух стадий автоокисления жиров объясняется возможным наличием природного антиокислителя, по израсходованию которого начинается быстрое окисление.

1.4.3. Образование вторичных продуктов окисления в процессе автоокисления жиров

Развитие автоокисления жиров заключается в протекании ряда реакций по механизму цепного радикального процесса с вырожденным разветвлением. При наличии достаточного количества атмосферного кислорода и умеренных температур хранения жиров основными промежуточными продуктами автоокисления в них являются перекисные радикалы (RO_2^{\cdot}), а первичными молекулярными продуктами окисления – гидроперекиси - нестойкие вещества, которые по существу являются промежуточным молекулярным продуктом автоокисления жиров [78].

Накопление в жирах свободных радикалов и гидроперекисей свидетельствует о наличии в них процесса автоокисления. Однако наличие их в жирах не обуславливает изменения вкуса и запаха последних. Превращения перекисных радикалов, и особенно гидроперекисей, в силу их нестойкости приводят к образованию и накоплению в жирах различных веществ, в первую очередь карбонильных, которые и обуславливают изменение вкуса и запаха жиров, т.е. развивается типичный признак прогорклости [78].

В окисленных жирах происходит накопление альдегидов. Установлено, что в процессе окисления жиров продуцируются самые различные альдегиды, в том числе предельные и непредельные, высокомолекулярные и низкомолекулярные, растворимые и нерастворимые в водной среде, летучие и нелетучие [84,85].

Таким образом, в процессе автоокисления в жирах образуются и накапливаются продукты распада и сложных превращений их глицеридов и сопутствующих им веществ. В итоге происходит не только приобретение жирами неприятных привкусов и запахов (прогоркание), но и заметное снижение их биологической ценности.

Скорость процесса автоокисления, а также в некоторой степени и избирательность накопления в жирах различных вторичных продуктов

окисления в значительной степени зависят от факторов, воздействующих на этот процесс.

1.4.4. Факторы, воздействующие на скорость автоокисления жиров

На скорость окисления оказывают влияние содержащиеся в жирах ионы и соединения переходных металлов, а также естественно находящиеся в жирах про- и антиоксиданты. Каталитическое воздействие на автоокисление оказывают повышенные температуры, лучистая энергия. Наконец, скорость автоокисления зависит также и от парциального давления кислорода в среде, окружающей жир, а также от физического состояния последнего. Каталитическое влияние на процесс автоокисления оказывают и свободные жирные кислоты [86,87].

Зависимость скорости автоокисления жиров от количества (точнее, парциального давления) кислорода в окружающей среде изучена в работе [88]. В частности, при низких давлениях кислорода (до 200 мм рт. ст.) скорость окисления примерно пропорциональна давлению. Область значений давления, в которой еще наблюдается отчетливая зависимость скорости окисления от парциального давления кислорода, может колебаться в широких пределах при окислении различных соединений [89].

Общеизвестно влияние температуры на скорость химических реакций. Показано [90], что при повышении температуры увеличивается количество образующихся перекисных соединений. Повышенные температуры [91] выше 40...45°C резко увеличивают скорость распада гидроперекисей.

Чем больше поверхность контакта жиров с воздухом (кислородом) при прочих равных условиях, тем выше скорость автоокисления. Последняя также в значительной степени зависит от толщины окисляемого субстрата. Максимальная скорость автоокисления [92] достигается при мономолекулярном слое автоокисляемого жира. Скорость автоокисления диспергированных жиров (эмульсий, суспензий) значительно зависит от

степени их дисперсности, а, следовательно, от суммарной площади раздела фаз [93].

1.4.5. Влияние качества сырья и технологии производства СМ на его устойчивость в хранении

Установлено, что более высокой устойчивостью в хранении обладает СМ, выработанное в летние и ранние осенние месяцы года. Это объясняется главным образом большим содержанием в нем естественных антиокислителей.

Район производства молока, перерабатываемого в масло и время года в большой степени влияют на жирнокислотный состав молочного жира [94] и содержание фосфолипидов в молоке [95]. Оба эти фактора тесно связаны со стабильностью масла в хранении.

Жировые шарики в сливках состоят в основном из триглицеридов с различными температурами плавления. Шарики молочного жира сливок покрыты сплошными оболочками, представляющими собой сложный комплекс веществ протеино-фосфатидного состава.

Масло, выработанное способом преобразования высокожирных сливок, имеет гомогенную структуру. В процессе изготовления масла не образуется зерен, а происходит полное смешение фракций.

Структура масла, распределение поврежденных оболочек жировых шариков, их связь с молочным жиром оказывают немаловажное влияние на устойчивость масла при длительном хранении. Большое значение для устойчивости масла имеет его водная фаза (16...20% в масле разных видов). Водная фаза образуется частично из плазмы сливок, а частично из промывной воды. Чем меньше размеры отдельных частиц и чем более равномерно они распределены в масле, тем лучше структура масла и выше его устойчивость в микробиологическом отношении [96].

Микробиологические процессы оказывают существенное влияние при температурах до 00С, однако при температурах ниже -12...-15° С не играют существенной роли в образовании дефектов вкуса и запаха масла. При низкотемпературном хранении преобладает химический вид порчи масла, характеризующийся главным образом окислением молочного жира или фосфолипидов. Большинство возбудителей порчи биологического характера при минусовых температурах инактивируется, за исключением только некоторых видов плесеней.

Значительное различие при хранении масла выявлено в органолептической оценке вкуса и запаха. Во всех образцах масла, хранившихся при -18°С, к 12 месяцам хранения наблюдалось лишь ослабление аромата, но не ощущалось пороков вкуса и запаха. В образцах, хранившихся при -15°С, зафиксирован недостаточно чистый вкус и запах.

По результатам определения степени окисления масла по пробе с тиобарбитуровой кислотой после 12 месяцев хранения стало очевидным, что при хранении сливочного несоленого масла при -15°С по сравнению с хранением при -18°С заметно возрастает количество продуктов реакций, образовавшихся в результате глубоких окислительных превращений (в 1,1-1,2 раза), т. е. при длительном хранении несоленого СМ даже сравнительно небольшое понижение температурного режима (на 3°С) оказывает существенное влияние на замедление окислительных процессов, а следовательно, и устойчивость масла.

В процессе хранения СМ его поверхность подвергается окислению в большей степени по сравнению с глубинными слоями ввиду постоянного воздействия окружающего кислорода воздуха, контакта с упаковочным материалом, а в некоторых случаях - влияния света. При плюсовых низких температурах (4...8°С) параллельно с образованием штаффа, толщина которого может постепенно увеличиться до 1...2 мм (в течение 0,5...1 месяца, в зависимости от условий хранения), снижается содержание воды и возрастает кислотность плазмы масла и молочного жира. Причем в

поверхностных слоях масла эти процессы происходят в значительно большей степени, чем в глубинных слоях. Так, при 5...7°C слой штаффа в сладкосливочном несоленом масле, завернутом в обычный растительный пергамент, за 6 месяцев опытного хранения увеличился до 3,5мм. Содержание воды в этом слое к указанному сроку хранения составляло всего 5,7...7% (исходная влажность 16%), тогда как внутри монолита оно понизилось только на 0,8...1,4%. Кислотность плазмы на поверхности масла по сравнению с глубинными слоями была выше почти в 2 раза, кислотность жира - почти в 4 раза [97].

1.5. Пороки СМ микробиологической природы

СМ, вырабатываемому в настоящее время присущи определенные пороки, снижающие потребительские качества, пищевую и энергетическую ценность, наличие которых регламентировано соответствующими нормативными документами [41,43].

СМ является нестойким в хранении пищевым продуктом [78,80]. Нестойкость жиров при хранении проявляется в прогоркании, т.е. ухудшении вкуса и запаха, а, следовательно, и качества, что приводит даже к их непригодности для пищевого использования. Под пороками масла понимают отклонения его органолептических показателей от предусмотренных стандартом. Пороки могут быть обнаружены уже в свежем масле, но могут возникнуть и в результате хранения продукта.

Пороки масла классифицируют на пороки вкуса и запаха, консистенции, обработки и внешнего вида, цвета, посолки, упаковки и маркировки [8,9]. Значительная часть пороков СМ является результатом микробиологических процессов в нем, которые являются результатом жизнедеятельности различных микроорганизмов (микрококки, флюоресцирующие, споровые, бесспорные бактерии, дрожжи, плесени и др.) и окислительной деструкции.

Окислению в первую очередь подвергаются незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и некоторые жирорастворимые витамины. Первичными продуктами окисления являются гидропероксиды и пероксиды, которые, не оказывая существенного влияния на органолептические свойства СМ, являются токсичными. Вторичные продукты окисления (кетоны, альдегиды, кислоты) придают маслу специфические посторонние привкусы и запахи.

Нечистый, затхлый, сырный, гнилостный привкусы - это пороки микробиологического происхождения, чаще встречаются в сладкосливочном масле. Появляются в результате накопления в масле продуктов расщепления белков плазмы под влиянием развития посторонней и гнилостной микрофлоры. Белки масла легко расщепляются протеазами, после чего становятся еще более доступными для разложения в связи с переходом в растворимую форму. Гнилостная микрофлора разлагает аминокислоты с отщеплением углекислоты и выделением аминов, сернистого водорода и других промежуточных продуктов.

Прогоркание - этот порок микробиологического происхождения возникает при развитии в масле бактерий, выделяющих фермент липазу. Активно участвуют в прогоркании продукта плесени *Oidiumlactis*, *Cladosporium buturi*, а также *B. prodigiosum*, *B. Fluorescens* (в несоленом масле) и др. Процесс начинается с поверхности и проникает постепенно внутрь монолита; масло приобретает ярко-желтый оттенок. В прогоркании жира может участвовать липаза не только бактериального происхождения, но и перешедшая из вымени в молоко, а затем в масло. Развитие порока связано также с действием кислорода воздуха, света, тепла и других катализаторов процесса окисления жира.

Прогоркание наблюдается более часто в несоленом сладкосливочном масле, что говорит о доминирующем значении микроорганизмов в его развитии. Под действием липазы происходит омыление или гидролитическое расщепление молочного жира. В результате омыления в масле

накапливаются свободные жирные кислоты, общая кислотность его повышается. Установлено, что при хранении масла в негерметичной таре, особенно при положительной температуре, гидролиз жира может наступить через 2-3 мес.

Дальнейшая порча связана с окислением продуктов омыления. Образование перекисных соединений (с жирными кислотами, выделившимися при омылении жира, а также с кислотными группами, находящимися в жирах) является первой стадией прогоркания. Оно характеризуется появлением перекисей, альдегидных и кетонных групп. В первую очередь кислород окисляет ненасыщенные жирные кислоты по месту углеродного атома, смежного с двойной связью; в результате реакции углерода с активированным кислородом образуются гидроперекиси. Ненасыщенные жирные кислоты также могут образовывать гидроперекиси, но значительно медленнее.

Во время порчи жира в масле, кроме альдегидов, образуются кетоны вследствие перегруппировки атомов в перекисях или разложения гидроперекисей. В СМ под воздействием ферментов микроорганизмов жирные кислоты, выделившиеся при омылении, могут окисляться по типу β -окисления, в результате чего появляются кетокислоты. Кетонному прогорканию предшествует процесс образования аммонийных солей низкомолекулярных насыщенных жирных кислот. В результате распада перекисей жирных кислот выделяется атомарный кислород, который окисляет жирную кислоту до оксикислоты, а затем до кетокислоты; последняя расщепляется до кетона и углекислоты. В прогорклом СМ содержатся свободная масляная кислота, ее эфиры, энантивый альдегид и метилкетон. Прогоркание - сложный процесс, он может протекать в масле без выделения жирных кислот, т.е. без гидролиза жира. Характерный вкус и запах прогорклого жира придают продукту альдегиды совместно с другими веществами.

Штафф – порок, который поражает поверхностные слои монолита масла, при этом наблюдается изменение его цвета и вкуса. Изменение окраски является следствием накопления в поверхностном слое продуктов разложения жира и белков. Этот слой становится более прозрачным по сравнению с внутренними, имеет более интенсивный желтый оттенок. Порок вызывается действием анаэробной поверхностной микрофлоры, а также окислительными процессами порчи жира. Штафф представляет собой начальную стадию прогоркания, вызванную не плесенями, а флуоресцирующими бактериями. Кроме них, в развитии порока участвуют гнилостные анаэробные бактерии, дрожжи, плесени, особенно *Oidium lactis*. Под действием ферментов, выделяемых микроорганизмами, в поверхностном слое масла происходят разложение жира, пептонизация белка, под действием кислорода воздуха - окисление жира. Изменение вкуса вызывает накопление продуктов полимеризации и окисления молочного жира и растворимых азотистых соединений в поверхностном слое, а также повышение кислотности жира, а в процессе развития порока - и перекисного числа.

Плесневение – порок, который появляется в результате развития плесени на поверхности масла, в воздушных пустотах внутри монолита, а также в пустотах, образуемых при неплотном прилегании пергамента к монолиту. Поверхностное плесневение часто вызывают *Penecillium glaucum*, *Oidium lactis*. При развитии порока продукт приобретает плесневелый привкус. Обычно свежеработанное масло всегда содержит некоторое количество спор плесеней.

Основными источниками микрофлоры СМ является микрофлора молока и сливок, микрофлора технологического оборудования, вода, соль, воздух, упаковочный материал, вкусовые наполнители.

Молочный жир, как основная составляющими СМ, для большинства микроорганизмов, которые не имеют липолитической активности (глицерин и жирные кислоты) не является жизненной средой т.к. они не способны его рщеплять и усваивать. Липолитические микроорганизмы (плесневые грибы,

флуоресцирующие бактерии, микрококки и некоторые другие микроорганизмы, обладающие липолитической активностью) начинают расщеплять жир только в том случае, если они размножаются в огромных количествах.

Микроорганизмы проявляют свою жизнедеятельность главным образом в жидкой составляющей масла (в плазме), которая представляет собой водный раствор белков, молочного сахара, молочной кислоты (в кисломолочном масле), солей.

Плазма составляет небольшую часть масла (около 15%) и распределена в нем в виде капель микроскопического размера от 1 до 10 мкм. В 2 г масла содержится несколько миллиардов капель плазмы. Задержка развития бактерий в мелких каплях плазмы обусловлена тем, что вода в них большей частью связана с веществами оболочек жировых шариков и не может быть использована микроорганизмами. Кроме того, в мелких каплях воды мало питательных веществ и их площадь ограничена.

Микробиологические процессы могут протекать лишь в каплях большого размера (более чем 10 мкм), количество таких больших капель в масле значительно меньше, чем мелких. Чем больше мелких стерильных капель, т.е. чем лучше влага распределена в масле, тем медленнее развиваются микроорганизмы и тем выше стойкость масла.

Интенсивность развития микроорганизмов в масле зависит не только от дисперсности водно-жировой эмульсии, но и от других факторов: рН масла и наличия в СМ соли, т.к. добавление соли в масло также сдерживает развитие в нем микроорганизмов.

Кисломолочное масло получают с использованием культур молочнокислых бактерий, которые обогащают вкус масла, повышают его стойкость. Посторонняя (немолочнокислая) микрофлора составляет незначительное количество, поскольку ее развитие сдерживается молочной кислотой, которая образуется в результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий.

Вышеперечисленные обстоятельства были определяющими при выборе объекта исследования - масло сладкосливочное, как наиболее подверженное воздействию патогенной микрофлоры. Посторонняя микрофлора в основном представлена плесневыми грибами и бактериями группы кишечная палочка (БГКП). Плесневение масла является одним из распространенных пороков масла при длительном его хранении и обусловлено развитием плесневых грибов рода *Penicillium* (*Penicillium glaucum*), молочной плесени (*Oidium lactis*) и реже плесневых грибов рода *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor*.

Действующими в настоящее время нормативными документами регламентируются следующие микробиологические показатели сладкосливочного масла (табл 1.1 [98]).

Таблица 1.1

Микробиологические показатели для сливочного масла (ДСТУ 4399:2005 «Масло сливочное. Технические условия») [98]

Показатель	Норма для групп масла			
	сливочного экстрата и крестьянского		сливочного бутербродного	
	сладкосливочного и соленого сладкосливочного	кислосливочного и соленого кислосливочного	сладкосливочного и соленого сладкосливочного	кислосливочного и соленого кислосливочного
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, не более, КОЕ /г	1,0×10 ⁵	-	5,0×10 ⁵	-
Бактерии групп кишечная палочка, в 0,01 г продукта	не допускается		не допускается	
<i>St. aureus</i> , в 1 г продукта	1,0	0,1	0,1	
Дрожжи, КОЕ в 1 г, не более	100 в сумме		100 в сумме	
Плесневые грибы, КОЕ в 1 г, не более	100 в сумме		100 в сумме	
Патогенные микроорганизмы, в частности бактерии рода <i>Salmonella</i> , в 25 г продукта	не допускается		не допускается	
<i>Listeria monocytogenes</i> , в 25 г продукта	не допускается		не допускается	

С микробиологической безопасностью продуктов питания тесно связано понятие "активность воды" (англ. "water activity" - A_w), которое впервые ввел Скотт в 1952 г., доказав, что существует зависимость между состоянием воды в продукте и ростом микроорганизмов в нем. С этого времени A_w стала важнейшим параметром в консервной промышленности.

Классификацию форм связи воды в материалах с учетом природы образования связи и энергии взаимодействия предложил П.А. Ребиндер [99]. Все формы связи воды были разделены на три группы: химическая, физико-химическая и физико-механическая. В соответствии с этой классификацией различают следующие виды связанной воды: химически связанная, адсорбционно связанная, вода макро- и микрокапилляров; осмотически связанная вода, свободно удерживаемая каркасом тела (иммобилизационная) [100].

Активность воды играет немаловажную роль в физиологии живых организмов, в том числе и микробов. Вода в СМ, как и в любом биологическом материале, также удерживается всеми формами связи и выступает наравне с другими как обычная составная часть ткани или продукта. Однако характер и прочность форм ее связи неодинаковы. Наиболее прочно связана адсорбционная влага, наименее прочно в продукте связана влага, дополнительно поглощенная белковыми системами в процессах их гидратирования (слабосвязанная влага).

С помощью этого показателя производят оценку степени участия воды в различных химических, биохимических и микробиологических реакциях, протекающих в продукте как в процессе изготовления, так и в процессе его хранения: окисление липидов, ферментативную и неферментативную активность, гидролитические реакции, развитие микроорганизмов.

Из общего количества воды, содержащейся в пищевом продукте, микроорганизмы, например, могут использовать для своей жизнедеятельности лишь определенную – активную” ее часть. И для каждого вида микроорганизмов существуют максимальное, минимальное и

оптимальное значения активности воды. Отклонение значения A_w от оптимального приводит к торможению процессов жизнедеятельности микроорганизмов, а иногда и к их гибели.

Однако интенсивность развития микроорганизмов в масле зависит не только от дисперсности водно-жировой эмульсии, а и от других факторов. Обработка микроорганизмов ВЦД приводит к морфологическим, цитологическим и химическим изменениям в клетках, влияет на их обмен веществ [101]. Исследованиями целого ряда ученых показано [114], что устойчивость микроорганизмов к ВД и способность к размножению под давлением зависит от целого ряда факторов, среди которых – температура и кислотность продукта, активность воды.

Учитывая важность и большую информационность показателя «активность воды» A_w , в странах ЕС его определение наряду с показателями «влажность» W и «концентрация водородных ионов» pH является обязательным при экспертизе целого ряда продуктов, а в США определение A_w включено в инструкцию по контролю качества пищевых продуктов и лекарственных препаратов [102].

Этот показатель используется и в некоторых странах СНГ для подтверждения правильности установления сроков годности (хранения) пищевых продуктов. Так, с 2005 года в Беларуси действуют Санитарные правила 2.3.4. 15-18-2005 «Государственная санитарно-гигиеническая экспертиза и подтверждение правильности установления сроков годности (хранения), условий хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов», где одним из основных показателей качества и безопасности продуктов, выпускаемых на потребительский рынок, является «активная вода» A_w .

Поэтому, одной из важных задач при проведении технологических процессов производства продуктов питания является определение барьеров (факторов), которые помогут регулировать активность воды в продуктах. За рубежом с этой целью уже разработаны так называемые барьерные

технологии [101] на производство целого ряда продуктов, призванные с помощью определенных барьеров сохранить безопасность и качество продуктов с увеличенным сроком хранения. В настоящее время выпускается большое разнообразие измерительного оборудования для контроля показателя «активность воды» A_w [103].

В научных публикациях [104...108] приведены значения величины A_w некоторых молочных продуктов: молоко цельное - 0,990...0,995; сгущенное стерилизованное молоко: 0,960...0,970; сливки 40 %-ной жирности - 0,980.

На стойкость СМ и изделий на его основе оказывает влияние и липолитическая активность. Липаза разлагает жир на глицерин и жирные кислоты, но некоторые виды липазы приводят к разложению не только собственно жиров, но и других соединений жирного ряда и водорастворимых сложных эфиров. Липолитическая активность может начаться также во время приготовления или хранения продукции, под действием плесени. Чтобы предотвратить вызываемое реакцией гидролиза омыление жиров (которое может возникать в кондитерских изделиях, содержащих лауриновые жиры), особенно важно разрушить липазу [109].

Исследования влияния активности воды на ферментативные реакции показали, что наиболее распространенные ферменты (амилаза, феноксидаза и пероксидаза) при активности воды менее 0,85 находятся в неактивном состоянии. В отличие от них липаза оставалась активной при показателях ниже 0,3 и даже при активности воды, составлявшей 0,1. И в таких условиях она демонстрировала необыкновенную устойчивость к тепловому разрушению. При низкой активности воды реакции с участием липазы происходят очень медленно, но все равно происходят.

Показатель «активность воды» по своему физическому смыслу равноценен показателю «равновесной относительной влажности» (РОВ) или удельной упругости паров: оба показателя характеризуют свойство любого пищевого продукта поглощать или терять влагу. РОВ и A_w - два термина,

которые обозначают одно и то же явление, но активность воды A_w выражается в долях от единицы (1,0), а равновесная относительная влажность (РОВ) - в процентах (100%), причем A_w при 100%-ной РОВ равно единице: $A_w = 1,0 = 100\% \text{ РОВ}$. Само определение активности рассматривается как отношение фугитивности f (летучести) вещества в некотором состоянии к его фугитивности f_s в каком-либо состоянии, принятом за стандартное. Так как мы рассматриваем водные пищевые среды, то под фугитивностью вещества понимается некоторая величина парциального давления пара над продуктом.

Если за стандартное состояние принять давление пара над чистым растворителем (дистиллированная вода) отношение для A_w примет вид:

$$A_w = f / f_s = p / p_s, \quad (1.1)$$

где: p - парциальное давление водяного пара над поверхностью продукта;

p_s - давление насыщенного пара над чистой водой при температуре продукта.

Так как величина A_w носит термодинамический характер [117,119,120], т. е. характеризует равновесное давление паров воды при определенной температуре, она может быть определена как равновесная относительная влажность ($R_h, \%$), деленная на 100.

$$A_w = R_h / 100, \quad (1.2)$$

Отношение парциальных давлений паров над продуктом и чистым растворителем входит в основную термодинамическую формулу количественного определения энергии связи влаги с материалом [110].

$$*F = L = RT \ln p / p_s = RT \ln A_w, \text{ (Дж / моль)}, \quad (1.3)$$

где: *F - уменьшение свободной энергии системы;

L - работа отрыва 1 моля воды от материала (без изменения состава);

R- газовая постоянная;

T- абсолютная температура.

Активность воды характеризует форму связи влаги в продукте. Энергия связи влаги с материалом зависит от универсальной газовой постоянной (R), температуры (T) и равна:

$$E = -RT \ln (p/P_s) = -RT \ln A_w \quad (1.4)$$

Активность воды A_w в продукте можно изменять. Для этого существует масса способов: добавление растворимых солей, сахаров и других ингредиентов, высушивание, повышение осмотического давления, превращение части воды в лед при замораживании. В пищевой технологии традиционно в качестве веществ, понижающих активность воды, используют соль, сахара и другие пищевые добавки, молекулы которых имеют большую или меньшую степень диссоциации. Активность воды может быть снижена в результате обработки продуктов питания высоким давлением, что объясняется физикой влияния давления на изменение термодинамических характеристик продуктов, конформацию и диссоциацию его молекул, изменением соотношения свободной и связанной влаги и рядом других факторов [106...108]. В работе [109] были определены минимальные значения активности воды, необходимые для развития бактерий, плесени и дрожжей.

Под сохранностью качества СМ, с одной стороны, подразумевают физическое состояние продукта (структура, консистенция и пр.), характеризующее его потребительские показатели на уровне соответствия

требованиям действующих нормативным документов, с другой - безусловно, сохранение характерного для каждого продукта вкусового букета, цвета и внешнего вида.

В настоящее время в инструкции по упаковке, приемке, холодильной обработке, хранению и реализации СМ на заводах-изготовителях, холодильниках и предприятиях торговли приведено множество разрозненных режимов хранения и сроков годности масла без обоснования их выбора, что является результатом отсутствия системы, позволяющей сформулировать научные основы для установления сроков годности сливочного масла [122].

В соответствии с ДСТУ 4399:2005 "Масло вершковое" [123] предусмотрено 3 режима хранения. Режим 1 - температура от 0°C до -5°C. Режим 2 - температура от -6°C до -11°C и режим 3 - температура от -12°C до -18°C. Согласно трем температурным режимам сроки годности в транспортной таре колеблются от 2 до 12 месяцев.

Сроки годности до потребления СМ в потребительской упаковке существенно зависят от массовой доли жира в масле, типа упаковки и колеблются для СМ разных сортов от 15 до 90 суток. Установлены сроки хранения СМ в торговой сети и на предприятиях ресторанного хозяйства: при температуре не выше чем 6°C для СМ в монолите - 10 суток, при хранении СМ порционно без упаковки - не более 3 суток.

В настоящее время нормативными документами регламентируются следующие режимы хранения несоленого СМ в картонных ящиках при относительной влажности воздуха не менее 85%: режим 2 (промышленное хранение) при температуре минус $(6\pm 3)^{\circ}\text{C}$. При этом, рекомендуемый сроку годности продукта составляет 9 месяцев и при 3-м режиме хранения (температура хранения не выше 25°C) - 15 месяцев.

1.6. Способы производства СМ длительного хранения

Существует несколько способов производства СМ длительного хранения: СМ стерилизованное, сухой концентрат СМ с натуральным составом жировой фазы и регулируемым жирнокислотным составом, молочные белково-жировые продукты-аналоги СМ - каймак и кремы с какао и кофе. Объединяющим фактором их является назначение: обеспечение полноценного питания людей, находящихся в экстремальных условиях (армия и флот, экспедиции, туристы и др.), снабжение труднодоступных районов, отдаленных регионов и др. Общие требования к этим продуктам: повышенная транспортабельность и продолжительная сохраняемость качества при нерегулируемых условиях температуры и влажности, т. е. при колебаниях температуры до 25°C и повышенной влажности (более 90%) воздуха.

Стерилизованное СМ вырабатывают по технологической схеме производства масла методом преобразования высокожирных сливок с использованием комплекса оборудования П8-ОЛУ, доукомплектованного автоматом для фасовки высокожирных сливок в жестяные банки и автоклавом для их стерилизации.

Отличительной особенностью технологии стерилизованного СМ является высокотемпературная обработка высокожирных сливок и отсутствие операции преобразования их в масло. После стерилизации для обеспечения достаточного преобразования фаз и формирования структуры, характерной для СМ, банки в автоклаве охлаждают в течение 20 мин холодной водой и направляют в холодильные камеры, где их выдерживают 12...14 ч при 8...10°C.

Срок хранения стерилизованного СМ до 3 мес. со дня выработки, в том числе на заводе до 30 суток при температуре не выше 10°C. У потребителя - при температуре не выше 25°C до 2 мес. Допускается хранение стерилизованного СМ до 12 мес. при температуре минус 13...15°C.

В органолептической оценке стерилизованного СМ допускается незначительная крошливость и рыхлость, частицы вытопленного жира на поверхности и коагуляция отдельных частиц белка.

Сухое масло - сыпучий порошок светло-желтого цвета с приятным сливочным вкусом, быстрорастворимый в теплой воде. Вырабатывается из натуральных высококачественных сливок с массовой долей жира не менее 30%. Для повышения устойчивости жировой дисперсии в сливки перед сушкой добавляют белковый концентрат, получаемый из обезжиренного молока, по оригинальной технологии. Сроки хранения сухого масла при температуре от 0 до 10°C и до 25°C и относительной влажности воздуха не более 85%, соответственно 12 и 9 месяцев, независимо от упаковки.

1.7. Обработка продуктов питания высоким давлением с целью стабилизации его качества в процессе хранения

Одной из особенностей технологии высокого давления является возможность как стерилизовать, так и изменять функциональные характеристики пищевых продуктов, поэтому аппараты высокого давления выполняют технологические функции по стерилизации и формированию новых качеств пищевых продуктов.

Об инактивации микроорганизмов высоким давлением известно уже давно, со времен пионерских работ Royer'a [124] и Hite'a [125], но лишь в начале 1990-х годов возник интерес к промышленному использованию этого явления [127]. Эта технология обработки продуктов питания использует давления в диапазоне 100...800 МПа, температуры 20...80°C, время выдержки до 30 минут для достижения стерилизации продуктов при сохранении текстуры и пищевкусовых качеств. Ее результаты существенно превосходят то, что дают традиционные методы консервации. Имеется множество данных [127] по комбинациям воздействия температуры и давления на *Escherichia coli* [128,129] и *Listeria monocytogenes* [130],

кинетика и механизм инактивации которых достаточно хорошо изучены многими исследователями, однако до сих пор отсутствуют четкие обоснования для выбора оптимального сочетания различных параметров обработки. Принято считать, что высокое гидростатическое давление приводит к инактивации микроорганизмов через изменения в морфологии клеток, нарушения клеточных мембран и биохимических реакций [131]. Обработка микроорганизмов высоким статическим и циклическим давлением приводит к морфологическим, цитологическим и химическим изменениям в клетках, влияет на их обмен веществ [132].

В настоящее время опубликовано бесчисленное количество работ, в которых представлены результаты исследований влияния высокого статического давления, и множество публикаций о влиянии ВЦД на микрофлору в пищевых продуктах [133...137].

В исследованиях [138,139,140] показано, что пульсирующее (импульсное, осциллирующее) высокое давление по воздействию на пищевые продукты более эффективно, чем статическое. Увеличение скорости инактивации при использовании импульсного давления наблюдается не только у дрожжевых и бактериальных клеток, но и у споровых форм.

В работе [141] приведены сравнительные данные по воздействию статического и пульсирующего давления на инактивацию бактерий *S. Cerevisiae* в ананасовом соке. Было найдено, что обработка пульсирующим давлением более эффективна, чем статическим при одинаковом времени экспозиции: сокращение численности *S. Cerevisiae* составило в 10^4 раз. Подобное уменьшение численности наблюдалось и при использовании статического давления, но при длительности воздействия в 15 минут. Было также найдено, что большое значение для успешной инактивации дрожжевых клеток играет профиль импульсов пульсирующего давления. Другие исследователи [142] сравнивали воздействие осциллирующего и статического давлений на бактерии *Z. Bailii*. Было найдено, что

использование осциллирующего давления значительно улучшает показатели процесса инактивации *Z.bailii*. Для обнаружения существенных отличий необходимо было осуществить не менее 5 циклов обработки. Так, при воздействии на питательную бактериальную среду 3-х циклов подъема давления (256 МПа, каждый длительностью в 5 минут) наблюдается различие всего в 10 раз по сравнению с процессом воздействия статического высокого давления длительностью в 15 минут. Использование 5 циклов (каждый длительностью в 3 минуты) увеличивает эту разницу в 10^3 раз. Предполагается, что увеличение скорости разрушения дрожжевых клеток осциллирующим высоким давлением происходит из-за скоростного изменения свойств внутренней и внешней поверхности клеточных мембран.

По данным исследования [143] наиболее губительным для бактерий является не столько величина давления, сколько его изменения. Так, при обработке сыра «Cauda» статическим давлением в 200 МПа в течение 15 минут бактериальная обсемененность конечного продукта была в 3 раза выше, чем у такового после обработки пульсирующим давлением частотой 3 раза по 5 минут.

Достаточно большое количество публикаций посвящено влиянию высокого статического и циклического (динамического) высокого давления на реологию продуктов питания [144...146]. Было отмечено, что обработка продуктов ВД приводит к улучшению консистенции продуктов и улучшению их органолептических показателей [147], повышению нежности и однородности и пластичности продукта [148], снижению усилий, необходимых для его разрезания, что является результатом изменения структуры продуктов на макро- и микроуровнях, изменениях их дисперсности, термодинамических и компрессионных показателей [149].

Выводы по разделу 1

Анализ публикаций по проблеме исследования позволил констатировать, что СМ, вырабатываемое в настоящее время, может иметь

определенные пороки, приводящие к необходимости обеспечения специальных условий для его длительного хранения, при несоблюдении которых существенно снижается его пищевая ценность и показатели его безопасности. Существует потребность выработки СМ длительного срока хранения, в течение которого были бы обеспечены ингибирование микробиологических процессов и высокие потребительские качества.

СМ, удовлетворяющее вышеперечисленным требованиям, может быть выработано на основе использования технологии ВЦД, для разработки которой необходимы исследования и научное обоснование процесса обработки СМ ВЦД.

В процессе исследований следует решить следующие задачи:

- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его микробиологическую безопасность;
- изучить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на активность воды;
- определить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на динамику его химических цифр во времени;
- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его термостойкость;
- оценить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на дисперсность его основных компонентов;
- определить влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его реологические свойства;
- исследовать влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его компрессионные характеристики;
- определить оптимальные параметры процесса обработки СМ ВЦД, обеспечивающие его высокое стабильное качество;
- создать аппаратную схему реализации разработанного процесса, соответствующую нормативную документацию и оценить ожидаемую социально-экономическую эффективность внедрения результатов работы.

Комплекс исследований представлен в виде программно-целевой модели исследований на рис. 1.1.

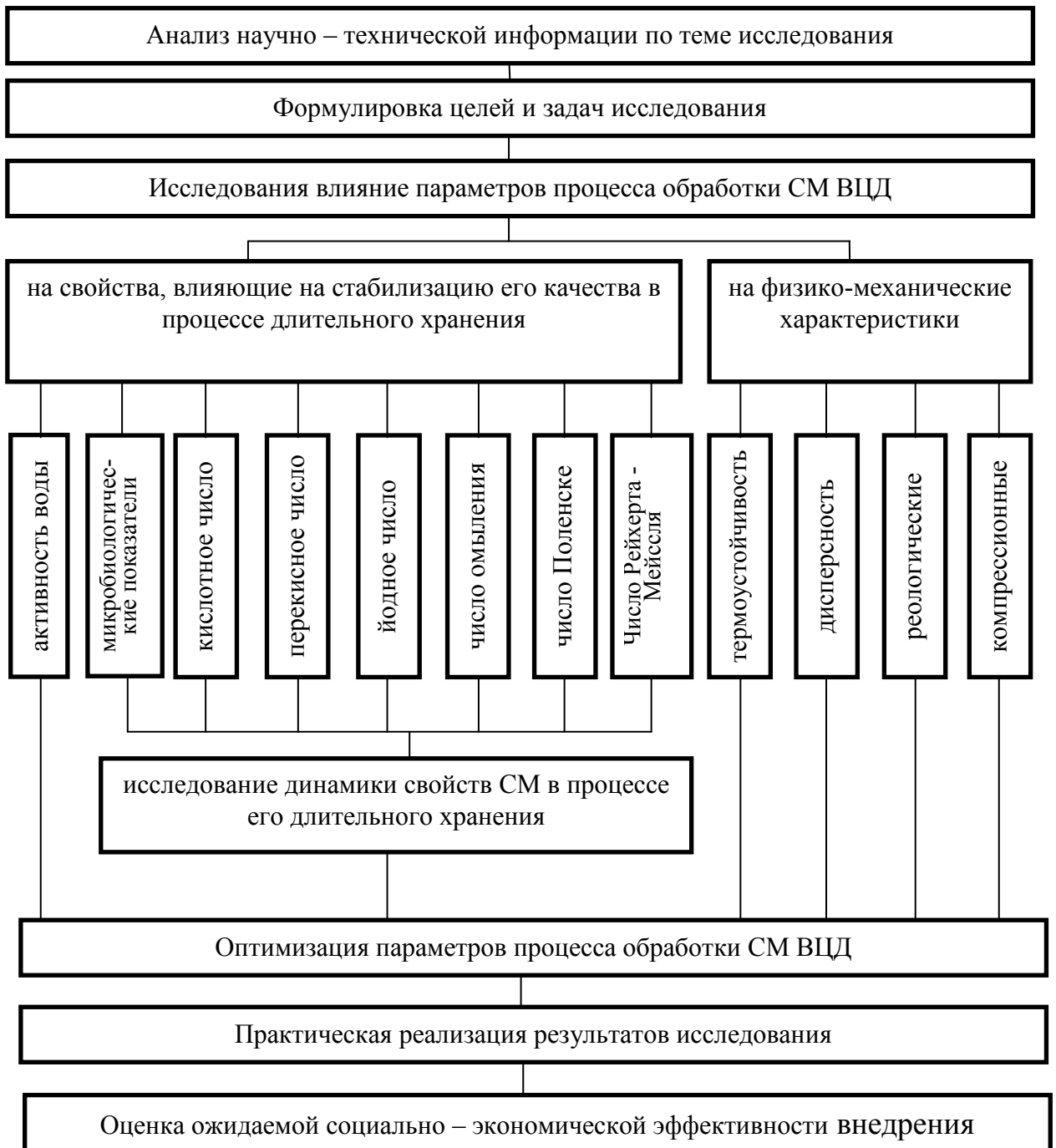


Рис. 1.1. Программно-целевая модель проведения исследований

РАЗДЕЛ 2

АППАРАТУРНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Выбор и обоснование объекта исследования

В качестве объекта исследования было принято масло сливочное пониженной жирности (72,5%) сладкосливочное «Крестьянское», выпускаемое на Марьинском молокозаводе ОАО «Лактис». Масло производится в соответствии с ДСТУ 4399:2005 «Масло сливочное. Технические условия» [176].

В связи с тем, что содержание сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), включающего все вещества плазмы, кроме жира, зависит как от метода производства, вида вырабатываемого масла, так и от периода года, в исследованиях использовалось масло, производимое в летний период года (июнь – август).

Масло сладкосливочное несоленое «Крестьянское», произведенное методом преобразования высокожирных сливок может иметь следующие пороки: микробиологическое загрязнение, предрасположенность к преждевременному плесневению, низкую термоустойчивость, повышенное содержание жира в плазме (5,5...12%), недостаточная пластичность при низких температурах (ломкость, слоистость, крошливость) и др.

2.2. Разработка циклограммы процесса и выбор диапазона значений ее характеристик

Анализ публикаций [90...92, 133...135] позволил нам сформулировать преимущества использования ВЦД по сравнению со статическим ВД:

- обработка СМ ВЦД позволяет существенно снизить максимальное давление, необходимое для обеспечения микробиологической чистоты продукта;

- эффективность антисептического эффекта при обработке СМ ВЦД зависит от количества импульсов, предельного значения давления в верхней точке цикла и возрастает во время увеличения скорости импульса при повышении и снижении давления;

- циклическое адиабатическое сжатие приводит к меньшим изменениям внутренней энергии продукта и, как следствие, снижает температурную неоднородность процесса обработки;

- температурные профили зависят от кинетических и динамических параметров процесса, геометрических размеров рабочей камеры высокого давления (КВД) и практически повторяют профили изменения давления в течение цикла;

- изменение температуры продукта в течение одного цикла не зависит от количества циклов нагружения, что свидетельствует об отсутствии кумулятивного эффекта серии циклов.

Анализ информации в работах [133...135] позволил нам определить область экспериментирования: значение максимального давления – 230, 260, 290, 320, 350 МПа; скорость импульса при возрастании давления $v_{и\uparrow} = 1, 5, 10$ МПа/с и скорость импульса при снижении давления $v_{и\downarrow} = 25, 10, 5$ МПа/с. и сформировать циклограмму процесса, приведенную на рисунке 2.1.

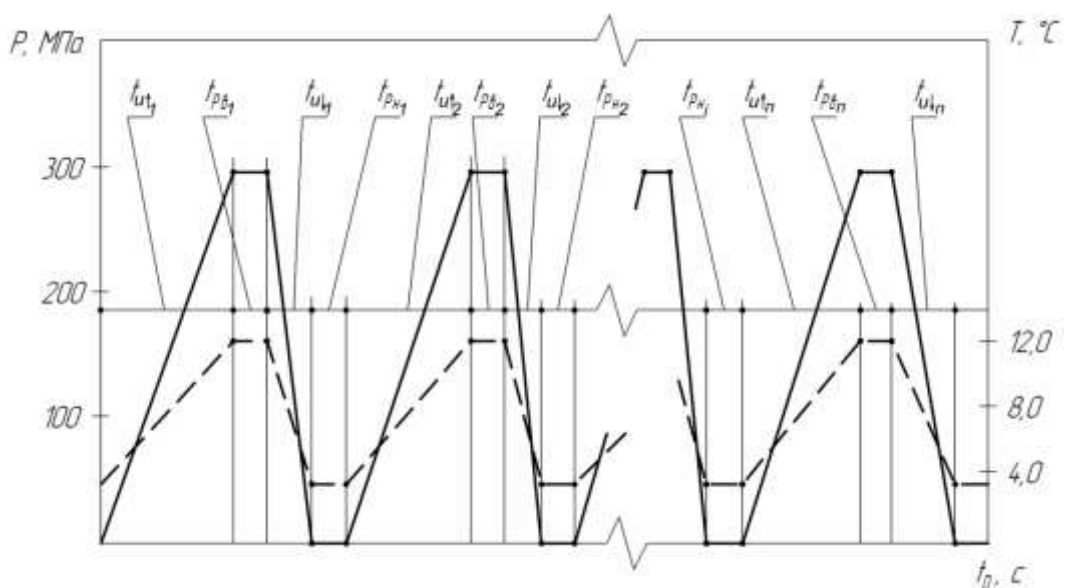


Рис.2.1. Циклограмма процесса обработки СМ ВЦД

$t_{u\uparrow 1}$, $t_{u\downarrow 1}$ - продолжительность первого импульса при увеличении и снижении давления; $t_{pв1}$, $t_{pн1}$ - длительность выдержки давления в первой верхней и нижней точке циклограммы; $t_{pни}$ - длительность выдержки давления в i -той ($i=1 \dots n$) верхней точки циклограммы; $t_{u\uparrow i}$, $t_{u\downarrow i}$ - продолжительность n -того импульса при увеличении и снижении давления.

Длительность выдержки давления в первой верхней и нижней точке циклограммы $t_{pв}$, $t_{pн}$ приняты равными 30 секунд. Температура СМ при обработке ВЦД - $15 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, что соответствует температуре СМ в момент его выхода из маслообразователя при производстве (в соответствии с ДСТУ 4399:2005 «Масло сливочное. Технические условия»). Количество циклов – от 1 до 5.

2.3. Аппаратурное обеспечение экспериментальных исследований по обработке СМ ВЦД

Для исследования влияния параметров процесса обработки ВЦД на физико-химические, микробиологические, компрессионные и реологические характеристики СМ и его дисперсность был использован исследовательский комплекс, созданный в проблемной научно-исследовательской лаборатории Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского «Использование сверхвысокого давления в пищевых технологиях». Работы на комплексе выполнялись согласно «Инструкции по эксплуатации установки высокого давления» [173]. Общий вид установки приведен на рис. 2.2.



Рис. 2.2. Общий вид исследовательского комплекса

Технико-эксплуатационные параметры исследовательского комплекса:

Рабочий диапазон давлений	от 0,1 до 1000 МПа;
Рабочий диапазон температур	от + 5 до + 90°С;
Объём рабочей камеры	5 см ³ ;
Чувствительность регистрации температуры	0,1°С;
Точность регистрации и поддержания температуры	± 0,5°С;
Чувствительность регистрации давления	1 МПа;
Точность регистрации и поддержания давления	± 10 МПа;
Количество циклов	не регламентируется
Продолжительность участков циклограммы в крайних нижней и верхней точках –	от 10 с.
Скорость перемещения поршня гидравлической системы	- от $67 \cdot 10^{-6}$ м/с до $67 \cdot 10^{-5}$ м/с.

Скорость подъема высокого давления	от 1 до 20 МПа/с
Скорость сброса высокого давления	от 1 до 30 МПа/с.

Процесс проведения экспериментальных исследований полностью автоматизирован, специально разработанная программа позволяет проводить компьютерный анализ получаемых результатов и определять некоторые параметры продуктов в нагруженном состоянии.

Обработку исследуемых образцов ВЦД производили в эластичных герметичных контейнерах, которые располагали в рабочей камере комплекса.

Температуру образцов, подлежащих исследованию, доводили до $15 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в лабораторном термостате. Программно задавали температуру камеры и необходимые параметры процесса обработки (P_{\max} , n , $v_{\text{и}\uparrow}$, $v_{\text{и}\downarrow}$). Все параметры процесса испытаний записывались в создаваемый программно текущий файл и автоматически сохранялись.

2.4. Методика определения активности воды в сливочном масле

Определение уровня показателя активности воды (A_w) в исследуемых образцах осуществляли с помощью портативного скоростного прибора AquaLab Серии 3 Модель ТЕ (США) в лаборатории института продовольственных ресурсов Национальной аграрной академии Украины (г.Киев). Точность измерения $\pm 0,003$. Повторность измерений – трехкратная, что обеспечило точность измерений не ниже 3%.

Принцип работы прибора AquaLab заключается в использовании метода зеркального охлаждаемого датчика точки росы для измерения активности воды образца. Последний находится в равновесии с воздушной прослойкой измерительной камеры, в которой находится зеркало и устройство, обнаруживающее конденсацию на зеркале. В равновесном состоянии относительная влажность воздуха в камере имеет такое же значение, как активность воды образца. В приборе температура зеркала

точно контролируется термоэлектрическим устройством Пельтье. Обнаружение точного значения, при котором появляется первая конденсация на зеркале, отмечается фотоэлементом. Пучок света направляется на зеркало и отражается в приемнике светового излучения (в фотоэлементе). Приемник распознает изменение в отражении при возникновении конденсации на зеркале. Затем термоэлемент, присоединенный к зеркалу, регистрирует температуру, при которой появилась конденсация. При этом на приборе срабатывает звуковая и световая индикация. Последнее значение активности воды и температуры образца также отображаются на дисплее [116...118].

2.5. Методики проведения микробиологических исследований

Процедура проведения экспериментальных исследований по изучению влияния параметров процесса обработки СМ ВЦД на его микробиологические показатели состояла из следующих этапов:

1. Формирование банка микробиологических культур для последующего внесения их в обрабатываемые образцы;
2. Отбор молока после его пастеризации, его анализ на микробиологическую чистоту и внесение заранее подготовленной микробиологической культуры;
3. Производство СМ по традиционной технологии;
4. Упаковку образцов СМ в стерильные контейнеры и обработку на установке высокого давления (УВД);
5. Микробиологический анализ обработанных и контрольных образцов масла, как непосредственно после обработки ВЦД, так и в процессе его длительного хранения при $+4\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Микробиологический анализ исследуемых образцов масла выполняли по стандартным методикам согласно ISO-4833:2003 (Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод подсчета микроорганизмов. Метод подсчета колоний при температуре 300C (ISO 4833:2003, IDT) Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal

method for the enumeration of microorganisms - Colony-count technique at 30 degrees C), ISO-21528-2004 (ISO 21528-1:2004 «Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae - Part 1: Detection and enumeration by MPN technique with pre-enrichment), ISO 4833:1991 «Microbiology - General guidance for the enumeration of micro-organisms - Colony count technique at 30 degrees C», ISO-6579:2002-07, ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» [174] и ГОСТ 10444.12-88 «Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов» [175].

Исходя из медико-биологических требований и санитарных норм качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, в образцах СМ контролировали следующие микробиологические показатели [176]:

- мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы;
- бактерии группы кишечной палочки (БГКП);
- патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонелла.

Кроме вышеперечисленных показателей было исследовано влияние ВЦД на три вида психрофильных бактерий: *Listeria seeligeri* (*Listeria innocua*);- *Pseudomonas fluorescens*; - *Paenibacillus polymyxa*, которые часто являются причиной порчи продуктов питания при их хранении в охлажденном состоянии [97].

Показатель «бактерии группы кишечной палочки» (БГКП) выбран в соответствии с принятой международной номенклатурой, он практически идентичен показателю «колиформные бактерии». К бактериям группы кишечной палочки относятся грамм-отрицательные не образующие спор палочки, сбразживающие лактозу с образованием кислоты и газа при $36 \pm 1^\circ\text{C}$. При исследовании учитывали как цитрат-отрицательные, так и цитрат-

положительные варианты БГКП, включая следующие роды – *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Citrobacter* и *Serratia*.

Все вышеперечисленные образцы культур были получены как результат посева и последующего разведения до требуемой концентрации образцов микрофлоры, обнаруженных в непастеризованном молоке при проведении различных микробиологических анализов и идентифицированных.

Начальная концентрация микрофлоры перед ее внесением в молоко составляла:

- БГКП в 1 г продукта - 25×10^8 КОЕ;
- КМАФАНМ, КОЕ, - 25×10^5 КОЕ /г;
- *St. aureus* в 1 г продукта – 2,5 КОЕ;
- дрожжи, КОЕ в 1 г – 250 в сумме;
- плесневые грибы, КОЕ в 1 г – 250 в сумме;
- патогенные микроорганизмы, в частности бактерии рода *Salmonella* в 1г продукта – 50 КОЕ;
- *Listeria monocytogenes* в 1г продукта – 50 КОЕ.

Контрольный образец масла и образцы, подвергаемые обработке ВЦД и последующему анализу по микробиологическим показателям, произведен согласно действующих на Марьинском молокозаводе ОАО «Лактис» ТУ. Микробиологические исследования производились в сертифицированных лабораториях СЭС г. Донецка.

2.6. Методика анализа дисперсности основных компонентов СМ

Для анализа микроизображений структуры образцов СМ была использована компьютерная программа, разработанная в Берлинском техническом университете и адаптированная для решения поставленных задач [177]. Для обработки полученных изображений в программе использованы дискретные цепи Маркова - наиболее удобные и эффективные математические модели бинарных изображений [178...182].

Анализ фотографий микроструктуры образцов СМ состоял в следующем:

- на первом этапе распознавания объектов была использована селекция объектов по принадлежности к одному из структурных элементов, составляющих СМ: жировые шарики, частицы влаги и пузырьки воздуха [181,182]. Для визуальной идентификации жировых шариков был использован краситель «судан 4». Частицы влаги и пузырьки воздуха различались между собой по преобладанию серых и желтоватых оттенков. Использование соответствующих цветовых фильтров позволило разделить анализируемые частицы СМ с высокой степенью достоверности.

- на втором этапе была осуществлена селекция объектов по площади. При этом отбирались только те объекты, которые выделены в соответствии с принятым делением объектов, и площадь которых находится в пределах от S_{min} до S_{max} [180,182]. Учитывая, что площадь на бинарных изображениях подсчитывается как число единиц, «занимаемых» сегментированным объектом, работа алгоритма селекции была представлена следующим образом: задавалось окно размером $N=n_{cmp} \times n_{cm}$; $n_{cmp}(n_{cm})$ – число пикселей по горизонтали (вертикали), а также два числа S_{min} , S_{max} , $S_{min} \leq S_{max} \leq N$. Затем в окне заданного размера производится подсчет числа единиц N_j . При $S_{min} \leq N_j \leq S_{max}$ анализируемые объекты селективируются для дальнейшей обработки (принимается решение «да»). В противном случае принимается решение «нет». Аналогичным образом производится анализ выделенных объектов по всем принятым показателям.

При расчете величины поля зрения в цифровом микроскопе эталонному расстоянию в 50 мкм соответствует 242 пикселя в цифровом изображении. Тогда, полю зрения с размерами цифрового изображения в 1400 пк × 1400 пк соответствует поле зрения с размерами 290 мкм × 290 мкм, а это и составляет $84100 \text{ мкм}^2 = 0,0841 \text{ мм}^2 \approx 0,09 \text{ мм}^2 = 0,3 \text{ мм} \times 0,3 \text{ мм}$. Это

реальные размеры площади поля зрения в цифровой микроскоп с объективом 60X и окуляром 6,3X.

При обработке изображений считали, что минимальные размеры анализируемых объектов составляют $2 \text{ пк} \times 2 \text{ пк} = 0,4 \text{ мкм} \times 0,4 \text{ мкм} = 0,16 \text{ мкм}^2$, в результате чего в поле зрения попадало относительно большое число объектов.

Пространственная площадь была определена по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^N S_i \quad (2.1)$$

где N – количество единичных площадей; i – текущий номер единичной площади.

Пространственный периметр определяли по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^N P_i \quad (2.2)$$

где N – количество единичных длин по периметру;

P_i – текущий номер единицы длины по периметру.

Закругленность:
$$\alpha = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2}, \quad (2.3)$$

Удлиненность:
$$\beta = \frac{d_{\max}}{d_{\min}}, \quad (2.4)$$

где d_{\max} – наибольший размер; d_{\min} – наименьший размер.

Диаметр Фере, или эквивалентный диаметр частиц, под которым понимали диаметр условной сферической частицы, имеющей одинаковый объем с частицей сложной формы, определяли по формуле

$$D_F = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \quad (2.5)$$

где S – площадь проекций частиц в поле зрения микроскопа.

Компактность:
$$\gamma = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} / d_{\max} \quad (2.6)$$

Эквивалентный диаметр:
$$D_{Eq} = \sqrt{d_{\max} \cdot d_{\min}} \quad (2.7)$$

В качестве объектов исследования были приняты образцы СМ, обработанные ВЦД непосредственно после выхода масла из маслообразователя. При этом температура образцов составляла $12 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

2.7. Методика определения реологических показателей СМ

Исследования показателей «коэффициент пенетрации», «предельное напряжение среза» и «работа резания» были выполнены на электромеханической универсальной испытательной машине SANS CMT2503 производства "Shenzhen SANS Testing Co. Ltd." (Китай) в институте продовольственных ресурсов Национальной академии аграрных наук Украины (г. Киев), работающей по принципу постоянной скорости приложения усилий при срезе образцов продуктов (рис.2.3).



Рис. 2.3 - Универсальная испытательная машина SANS CMT2503

Техническая характеристика универсальной испытательной машины SANS CMT2503

Максимальное нагружение, кН	5
Класс точности	1
Диапазон усилий, % от максимального	0,2 - 100
Точность измерения нагружения, %	± 1
Ход макроэкстензометра, мм	10 – 800
Точность измерения перемещений, %	$\pm 0,5$
Разделение перемещений, мкм	0,03
Скорость перемещения, мм/мин.	0,001 - 500

Методика проведения измерений – в соответствии с Руководством по эксплуатации данного оборудования. Ошибка опытов во всех сериях не превышала 3%.

Для определения усилий среза образцы СМ определенной формы размещали на неподвижной раме и центрировали относительно ножа. Усилия резания определяли по формуле:

$$Q=P/F, \text{ Н/м}^2, \quad (2.8)$$

где: P – усилие резания, Н:

F – площадь среза, м²

2.8. Методика определения йодного числа СМ

Йодное число (ЙЧ) определяли методом Кауфмана по ГОСТ Р ИСО 3961-2010 «Жиры и масла животные и растительные. Определение йодного числа» [183].

2.9. Методика определения кислотного числа сливочного масла

Кислотное число (КЧ) СМ было определено согласно ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83) « Жиры и масла животные и растительные Определение кислотного числа и кислотности» [184]. Суть метода состоит в нейтрализации свободных жирных кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроксида калия.

2.10. Методика определения чисел Поленске и Рейхерта-Мейссля

Число Рейхерта-Мейссля ($Ч_{Р-М}$) - количество растворимых в воде летучих жирных кислот, содержащихся в масле или жире. Число Поленске ($Ч_{Пол}$) - количество нерастворимых в воде летучих жирных кислот, преимущественно каприловой, пеларгоновой, каприновой, содержащееся в 5 г жира; выражается в мг едкого калия. Значения чисел Рейхерта-Мейссля и Поленске увеличиваются при окислении жиров. С помощью

соответствующих анализов общее количество присутствующих летучих жирных кислот не определяется. В связи с чем, эти показатели имеют исключительно эмпирическое значение.

Сущность метода по определению числа Поленске заключалась в определении объема 0,1 моль/л раствора гидроксида натрия, пошедшего на нейтрализацию летучих нерастворимых в воде жирных кислот (каприловой, каприновой, капроновой), содержащихся в 5 г жира после его омыления. Числа Рейхерта-Мейссля и Поленске определяли согласно Приложений 2 и 3 ГОСТ 10766-64 «Масло кокосовое. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)» [185].

2.11. Методика определения числа омыления

Число омыления (ЧО) – отношение массы гидроксида калия, идущей на омыление глицеридов (связанных жирных кислот) и нейтрализацию свободных жирных кислот, содержащихся в масле, к массе пробы. Оно характеризует среднюю молекулярную массу смеси жирных кислот жира: чем больше в нем содержится низкомолекулярных кислот, тем оно выше.

ЧО определяли в соответствии с ГОСТ 5478-90 «Масла растительные и натуральные жирные кислоты. Метод определения числа омыления» [186].

2.12. Методика определения перекисного числа

Перекисного числа (ПЧ) определяли согласно ГОСТ Р 51487-99. «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа» основан на реакции взаимодействия продуктов окисления растительных масел и животных жиров (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в растворе уксусной кислоты и изookтана или хлороформа с последующим количественным определением выделившегося йода раствором тиосульфата натрия титрометрическим методом. При выполнении исследований был использован метод с применением хлороформа [187].

2.13. Методика определения термоустойчивости СМ

Измерение термоустойчивости сливочного масла было выполнено согласно ГОСТ 52253-2004 «Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические требования». Данный показатель в диапазоне от 0,86 до 1,00 усл. ед. считается приемлемым для СМ и включен в ГОСТ Р 52969-2008 как обязательный, требующий периодического контроля на производстве. Метод основан на определении способности продукта сохранять форму (не деформироваться под воздействием собственной массы).

В качестве объекта исследования при изучении термоустойчивости было использовано СМ после 3 месяцев его хранения, по истечении которых завершается формирование его структуры и влияние ВЦД на изменение его свойств, описываемых химическими числами максимально (п.3.3). Перед измерением исследуемые образцы выдерживали в течение 1 суток в морозильной камере при температуре не выше минус 5⁰С, а затем дефростировали при комнатной температуре до температуры образцов 10⁰С-14⁰С. Далее из подготовленного продукта пробоотборником вырезали пробы диаметром 20 и высотой 20 мм, которые помещали на стеклянной пластине в термостат и выдерживали 2 часа при заданной температуре (от 26 до 35⁰С), после чего образцы СМ располагали на масштабной-координатной бумаге и рассчитывали показатель термоустойчивости [188,189].

2.14. Методика определения компрессионных свойств СМ

Методика исследований включена в программное обеспечение исследовательского комплекса, которое регистрирует изменения абсолютного и относительного объемов объектом, а также их коэффициентов сжимаемости и модуля объемной упругости [173]. Термодинамический коэффициент χ сжимаемости системы из N компонентов (исследуемый объект, упаковочный материал, промежуточная жидкость) равен:

$$\sum_{i=1}^N (V_i \chi_i) = \left(-\frac{1}{\partial P} \sum_{i=1}^N (\partial V_i) \right)_T \quad (2.15)$$

Методика определения коэффициента сжимаемости исследуемых образцов включала 2 предварительных этапа: этап определения коэффициента сжимаемости рабочей жидкости и определение коэффициента сжимаемости упаковочного материала. Модуль объемной упругости β равен отношению величины нормального напряжения σ к величине относительного объемного сжатия Δ , вызванного этим напряжением:

$$\beta = \frac{\sigma}{\Delta}, \quad (2.16)$$

и связан с изотермическим коэффициентом сжимаемости χ соотношением:

$$\beta = \frac{1}{\chi} \quad (2.17)$$

Образцы помещали в одноразовые эластичные контейнеры, объемы которых «до» и «после» загрузки определяли методом вытеснения. Проведение экспериментальных исследований и обработку полученных результатов осуществляли согласно «Руководство по эксплуатации АУВД» [173].

Выводы по разделу 2

1. Сформированное аппаратурно-методическое обеспечение экспериментальных исследований позволит получить результаты экспериментальных исследований с высокой точностью и достоверностью.
2. Сформулированы преимущества использования ВЦД по сравнению со статическим ВД.
3. Разработаны циклограммы процесса и выбран диапазон значений его элементов: значение максимального давления – 200, 230, 260, 290, 320, 350 МПа; продолжительность обработки – 5, 10, 15 мин; скорость импульса при возрастании давления $v_{и\uparrow} = 1, 5, 10$ МПа/с и скорость импульса при снижении давления $v_{и\downarrow} = 25, 20, 5$ МПа/с. Длительность выдержки давления в первой верхней и нижней точках циклограммы приняты равными 30 секунд. Температура масла - $15 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Количество циклов – от 1 до 5.

РАЗДЕЛ 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ
ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД НА СВОЙСТВА,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТАБИЛЬНОСТЬ ЕГО КАЧЕСТВА В ПРОЦЕССЕ
ХРАНЕНИЯ

3.1. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД
на активность воды

Анализ априорной информации позволил выбрать область экспериментирования при изучении активности воды (табл.3.1).

Таблица 3.1

Параметры процесса при получении опытных образцов СМ,
обработанных ВЦД и условные обозначения экспериментальных
точек на рис. 3.3, 3.5 – 3.10, 5.1-5.6

Номер образца		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Условное обозначение		□	△	○	*	◇	■	▲	▼	●
Параметры процесса	P_{\max} , МПа	230	230	230	290	290	290	350	350	350
	$v_{и↑}$, МПа/с	1	5	10	1	5	10	1	5	10
	$v_{и↓}$, МПа/с	5	10	25	5	10	25	5	10	25

Результаты исследования динамики активности воды СМ в зависимости от величины максимального давления P_{\max} и количества циклов n представлены на рис. 3.1.

Анализ полученных данных показывает, что активность воды СМ, не обработанного ВЦД, составила 0,995. Активность воды существенно снижается после первых трех циклов нагружения: с 0,995 до 0,955 при $P_{\max} = 230$ МПа; до 0,940 при $P_{\max} = 290$ МПа и до 0,935 при $P_{\max} = 350$ МПа. При этом, увеличение значения P_{\max} с 230 МПа до 350 МПа снижает значение активности воды с 0,985 до 0,975 после 1-го цикла; с 0,975 до 0,950 после 2-го цикла; с 0,955 до 0,935 после 3-го цикла; с 0,950 до 0,930 и с 0,950 до 0,925 после 5-го цикла соответственно.

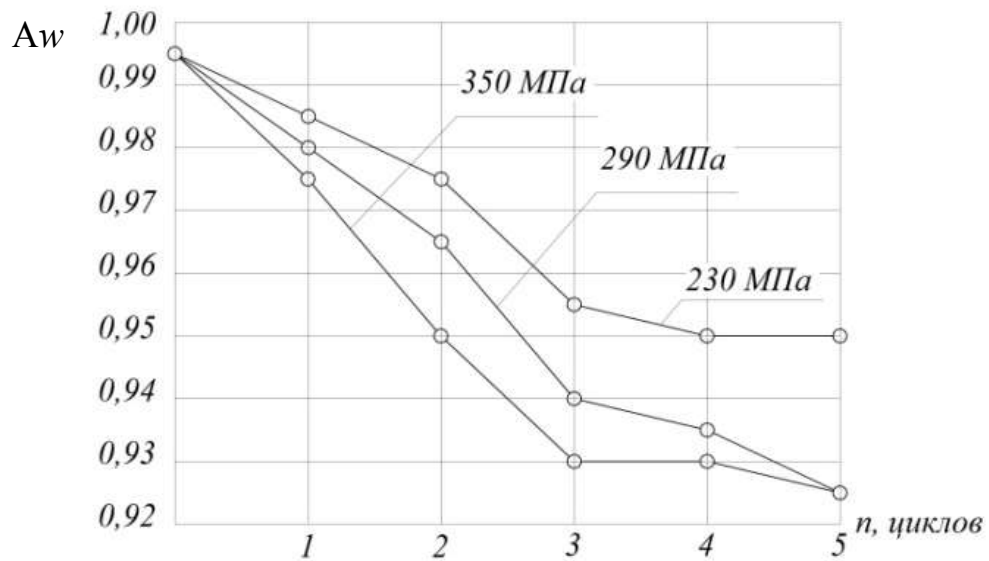


Рис.3.1. Зависимость активности воды СМ от величины максимального давления P_{\max} и количества циклов n при скорости импульса при возрастании давления $v_{и\uparrow} = 1$ МПа/с и скорости импульса при снижении давления $v_{и\downarrow} = 5$ МПа/с

Результаты исследования влияния скорости импульса на показатель A_w , при возрастании и снижении давления при различных значениях количества циклов n и величины максимального давления P_{\max} представлены на рис.3.2.

Проведенные экспериментальные исследования позволили нам констатировать, что обработка СМ ВЦД позволяет снизить активность воды. Наибольшее влияние на снижение значения активности воды оказывает количество циклов нагружения и величина максимального давления в каждом цикле. Анализ полученных результатов позволил констатировать, что варьирование скорости импульса изменения давления несущественно влияет на изменение активности воды у исследуемых образцов СМ.

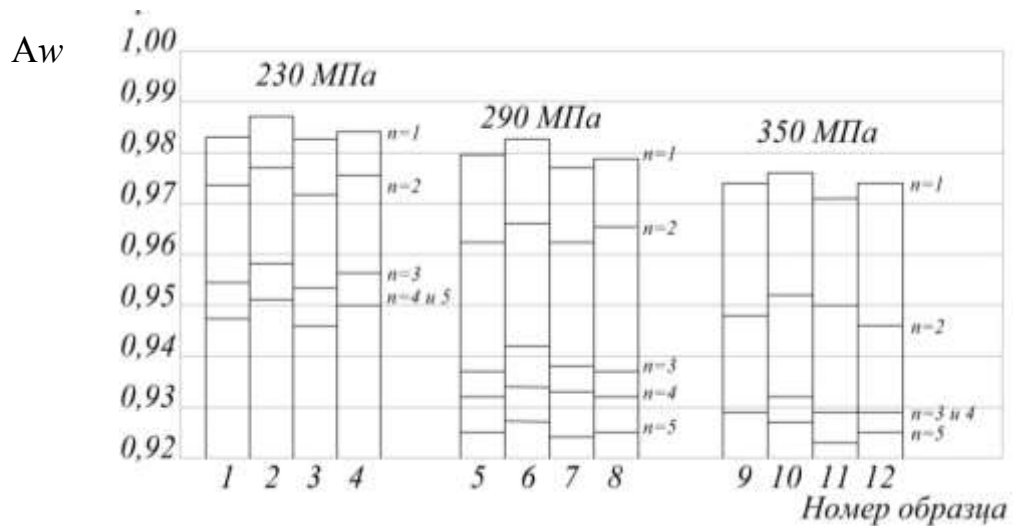


Рис. 3.2. Изменение активности воды образцов СМ, обработанного ВЦД при следующих параметрах скорости импульса изменения давления $v_{и\uparrow}$, и $v_{и\downarrow}$:

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение $v_{и\uparrow}$, МПа/с	1	1	10	10	1	1	10	10	1	1	10	10
Значение $v_{и\downarrow}$, МПа/с	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5	25	5

Снижение значения активности воды в результате обработки СМ ВЦД будет способствовать обеспечению его микробиологической безопасности, которая в комплексе с другими позитивными эффектами от воздействия ВЦД на СМ (уменьшение среднего диаметра частиц влаги и пузырьков воздуха, изменение соотношения свободной и связанной влаги) позволит стабилизировать качество СМ в процессе его длительного хранения [190].

3.2. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его микробиологические показатели

Следуя структурно-логической схеме исследований (раздел 1) и согласно методике (раздел 2) нами был проведен цикл экспериментов по изучению влияния параметров процесса обработки ВЦД на микробиологические показатели СМ. В таблице 3.2 и на рис. 3.3 приведены результаты экспериментальных исследований по инактивации БГКП в образцах СМ.

Таблица 3.2

Результаты экспериментальных исследований инактивации БГКП в образцах СМ, обработанного ВЦД при $t=15\pm0,5^{\circ}\text{C}$

P, МПа		230			290			350		
$v_{и\uparrow}$, МПа/с		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$v_{и\downarrow}$, МПа/с		5	10	25	5	10	25	5	10	25
логарифм относительной концентрации при количестве n циклов, $\lg(N/N_0)$	2	-0,3	-0,9	-2,0	-1,2	-2,5	-3,3	-2,3	-3,6	-4,4
	3	-0,9	-1,5	-3,0	-1,9	-3,3	-3,7	-2,8	-4,3	-4,7
	4	-1,1	-2,1	-3,2	-2,1	-3,7	-4,5	-4,1	-4,8	-5,0
	5	-1,3	-2,7	-3,6	-3,0	-3,9	-4,6	-4,7	-4,9	-

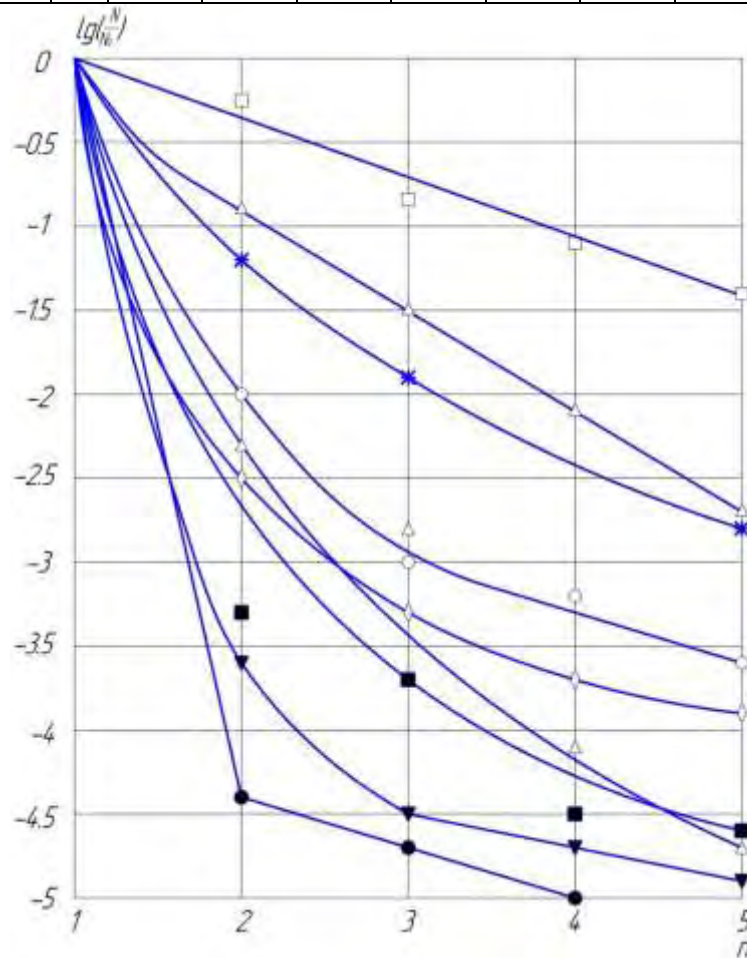


Рис. 3.3. Снижение относительной концентрации БГКП

Анализ полученных данных позволил нам констатировать, что при некоторых значениях параметров процесса зависимость скорости инактивации микроорганизмов группы кишечной палочки, может быть описана линейной зависимостью (точки \square на графике). Это подтверждает

тот факт, что инактивацию микроорганизмов под давлением можно описать кинетическим уравнением первого порядка [192...197], в результате чего логарифм концентрации выживших после обработки ВЦД микроорганизмов уменьшается линейно с ростом количества циклов обработки n как $-kn$, где k – константа скорости инаktivации

$$-\frac{dN}{dn} = kN \quad (3.1)$$

где N - число жизнеспособных организмов; k - константа скорости инаktivации.

Интегральное уравнение (3.1) с учетом начальных условий, $N=N_0$ в $n=0$ было представлено в виде:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -kn \quad (3.2)$$

Уравнение (3.2) предлагает линейную зависимость N от n в полулогарифмическом масштабе, выразив которую через десятичный логарифм получили:

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = 2.303 \cdot \log\left(\frac{N}{N_0}\right) \quad (3.3)$$

Константа скорости инаktivации (k) является наиболее часто используемым понятием для описания температурной инаktivации микроорганизмов.

В литературе встречаются данные со значительными отклонениями от линейности, которые обычно описываются степенными, логарифмическими зависимостями или комбинацией двух реакций первого порядка как

двухфазная кинетика с различными скоростями инактивации [192]. Двухфазная кинетика часто встречается как для вегетативных, так и для споровых форм бактерий. В таких случаях наблюдается замедление падения логарифма концентрации со временем, скорость падения при малых и больших n равна k_1 и k_2 соответственно, причем $k_1 > k_2$. Анализ данных (табл.3.2, рис. 3.3) показал, что скорость инактивации БГКП при определенных параметрах процесса целесообразно описать именно в виде двухфазной кинетики. Подобная форма инактивационной кривой свидетельствует о существовании небольшой части популяции с повышенной сопротивляемостью к воздействию высокого давления. В этом случае традиционная кинетическая модель не применима, и для описания кинетики инактивации кишечной палочки при данных параметрах процесса целесообразно применить двухфазную модель первого порядка. Эта модель состоит из двух частей, каждая из которых следует самостоятельной кинетике первого порядка (рис. 3.4).

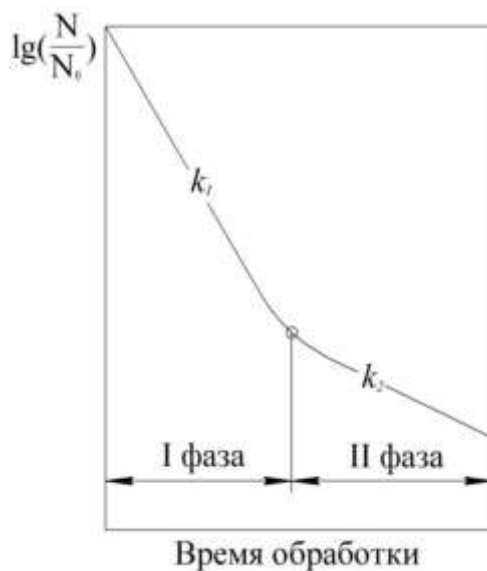


Рис. 3.4. Типичная кривая двухфазной инактивации

Каждая часть данной инактивационной модели выражена как:

$$\frac{dN_1}{dn} = -k_1 \cdot N_1(n), N_1(0) = N_{01} \quad (3.4)$$

$$\frac{dN_2}{dn} = -k_2 \cdot N_2(n), N_2(0) = N_{02} \quad (3.5)$$

где N_1 и N_2 - количество микроорганизмов в первой и второй части;

n - количество циклов;

k_1 и k_2 - константа скорости инактивации.

Зависимость константы скорости инактивации от давления была проанализирована моделью *Arrenius*-типа.

Выживающие микроорганизмы во время t являются суммой отдельных частей:

$$N(n) = N_1(n) + N_2(n) \quad (3.6)$$

Аналитическое решение упомянутого выше уравнения представлено в виде:

$$N(n) = N_0(f \cdot e^{-k_1 \cdot n} + (1 - f) \cdot e^{-k_2 \cdot n}) \quad (3.7)$$

где N_0 - начальное количество микроорганизмов и f - начальная пропорция первой части (N_1/N_0).

Зависимость давления и константы скорости инактивации k описывается уравнением (3.8):

$$\left(\frac{\partial \ln k}{\partial P} \right)_T = -\Delta V^* / RT \quad (3.8)$$

где k - константа скорости инактивации первого порядка в с^{-1} , P - давление в МПа, ΔV^* - видимый объем активации в $\text{м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$, R - газовая постоянная $8,314 \times 10^{-6} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{МПа} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$, T - температура, К.

Уравнение (3.8) показывает, что зависимость $\ln(k)$ от давления при постоянной температуре описывается прямой линией с наклоном $-\Delta V^*/RT$.

Для проведения кинетического анализа процесса инактивации БГКП была использована программа STATISTICA V5.5A.

При относительно невысокой интенсивности ($P_{\max} = 230$ МПа, $v_{\text{и}\uparrow} = 1$ и 5 МПа/с, $v_{\text{и}\downarrow} = 5$ МПа/с) воздействия ВЦД на СМ, скорость инактивации микрофлоры описывается линейной зависимостью, однако при увеличении интенсивности воздействия ВЦД на СМ ($P_{\max} = 290, 350$ МПа, $v_{\text{и}\uparrow} = 10$ МПа/с, $v_{\text{и}\downarrow} = 10$ и 25 МПа/с) линейная зависимость переходит в двухфазную модель.

Таблица 3.3

Результаты статистической обработки экспериментальных данных обеспечения микробиологической чистоты в отношении БГКП СМ после его обработки ВЦД при доверительном интервале 0,95

Параметры процесса		Вид функции	Коэффициенты уравнений	Точка разрыва	R ²	Критерий Фишера
Обознач.	P _{max} , МПа v _{и↑} , МПа/с v _{и↓} , МПа/с					
□	230-1-5	$y = 0,3 - 0,34 \cdot x$	$a=0,3; \epsilon=0,34$	-	0,942	66,692
△	230-5-10	$y = a + b \cdot x + c \cdot e^{-\frac{x}{d}}$	$a=0,299; \epsilon=0,6;$ $c=1653;$ $d=0,1161$	-	0,999	164606 6808
○	230-10-25	$y = a + b \cdot \lg(x - c)$	$a=1,289;$ $\epsilon=2,854; c=$ $0,722$	-	0,989	182,18
*	290-1-5	$y = a + b \cdot \lg(x - c)$	$a=0,9681;$ $\epsilon=5,088; c=$ $0,5682$	-	0,95	39,23
◇	290-5-10	$y = a \cdot e^{\frac{b}{x+c}}$	$a=4,595;$ $\epsilon=0,6818; c=$ $0,8884$	-	0,999	9106,03
■	290-10-25	$y = a \cdot e^{\frac{b}{x+c}}$	$a=5,188;$ $\epsilon=0,5428; c=$ $0,8909$	-	0,98	101,89
▲	350-1-5	$y = a + b \cdot \ln(x)$	$a=0,04808;$ $\epsilon=2,853$	-	0,976	166,58
▼	350-5-10	$\begin{cases} y = a + b \cdot e^{-c \cdot x}, & x < g \\ y = d + k \cdot x, & x > g \end{cases}$	$a=4,984;$ $\epsilon=17,944; c=$ $1,28; d=4,167;$ $k=0,15; g=3$	3	-	-
●	350-10-25	$\begin{cases} y = a + c \cdot (x - b), & x < b \\ y = a + d \cdot (x - b), & x > b \end{cases}$	$a=4,4; \epsilon=2; c=$ $4,4; d=0,3$	2	-	-

В таблице 3.4 приведены результаты экспериментальных исследований обеспечения микробиологической чистоты в отношении всех контролируемых микроорганизмов при различных режимах обработки СМ ВЦД и в процессе его длительного хранения.

Таблица 3.4

Микробиологические показатели СМ, обработанного ВЦД при различных значениях параметров процесса обработки при его длительном хранении ($t = 4 \pm 0,5^0\text{C}$)

Контролируемые образцы		Наличие микрофлоры: непосредственно после обработки ВЦД через 3 месяца хранения при $t = 4 \pm 0,5^0\text{C}$ и через 6, 9, 12 месяцев соответственно									
Обозначение	Параметры процесса:	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	<i>St. aureus</i> в 1 г продукта	Бактерии группы кишечной палочки, (не допускаются, в 1 г продукта)	Дрожжи, КОЕ в 1 г	Плесневые грибы, КОЕ в 1 г	Патогенные микроорганизмы, в частности бактерии рода <i>Salmonella</i> в 1 г продукта	<i>Listeria monocytogenes</i> в 1 г продукта			
□	230-1-5	-/-/1×10/2×10 ²	-/-/0,5/1,5	-/-/1×10 ⁻³ /2×10 ⁻²	-/-/100/130	-/-/100/130	-/-/25/40	-/-/25/35			
Δ	230-5-10	-/-/2×10 ²	-/-/0,5/1,5	-/-/2×10 ⁻²	-/-/100/110	-/-/100/110	-/-/25/35	-/-/25/35			
○	230-10-25	-/-/3×10	-/-/0,5/1,1	-/-/1×10 ⁻²	-/-/110	-/-/110	-/-/20/35	-/-/25			
*	290-1-5	-/-/1×10	-/-/0,8/1,1	-/-/1×10 ⁻³	-/-/100	-/-/100	-/-/25	-/-/25			
◇	290-5-10	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/100	-/-/100	-/-/1/-	-/-/1/-			
■	290-10-25	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-			
▲	350-1-5	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-			
▼	350-5-10	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-			
●	350-10-25	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-	-/-/1/-			

Следует подчеркнуть, что при параметрах процесса 350-5-10 ($P_{\max} - v_{и\uparrow} - v_{и\downarrow}$) точка излома в двухфазной модели соответствует количеству циклов $n=3$, но при параметрах цикла 350-10-25 точка излома перемещается к $n=2$, что говорит о том, что при равных значениях величины P_{\max} скорость инактивации БГКП зависит от скорости подъема и сброса P_{\max} . Двухфакторная модель описания процесса имеет меньшее значение давления ($P_{\max} = 290$ МПа), но аналогичные значения скоростей подъема и сброса давления, а именно - 290-5-10.

Таким образом, нами впервые получены функциональные зависимости изменения относительной концентрации БГКП при различных параметрах процесса обработки СМ ВЦД. Впервые экспериментально установлен и объяснён тот факт, что при разных параметрах процесса обработки могут быть использованы кинетические модели как первого, так и второго порядка. Получены значения микробиологических показателей СМ при различных значениях параметров процесса.

Стабилизация микробиологических показателей СМ в образцах, обработанных ВЦД, в течение длительного их хранения, по нашему мнению, является результатом как стерилизующего действия ВЦД на представителей патогенной микрофлоры, грибы и плесень.

3.3. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на динамику окислительных процессов

Структура масла продолжает формироваться после выхода масла из маслообразователя в течение нескольких суток. Обработка СМ ВЦД приводит к изменениям его свойств, которые описываются соответствующими химическими числами (перекисное, йодное, кислотное, число омыления, числа Поленске и Рейхерта-Мейссля), которые характеризуют стойкость продукта в процессе хранения.

Окислительные процессы в СМ протекают в присутствии кислорода, который присутствует в продукте в виде пузырьков воздуха и с которым

контактируют внешние слои продукта. Объем газовой фазы в свежеработанном сливочном масле составляет 1-13 мл в 100г. Газообразная фаза представлена пузырьками воздуха и растворенным воздухом. Состав газовой фазы в свежем масле такой же, как и воздуха, т. е. 78% азота, 20,9% кислорода, не более 0,5% углекислого газа. В процессе хранения содержание кислорода уменьшается.

Обработка СМ ВЦД приводит к уменьшению объема пузырьков воздуха, т.к. часть пузырьков воздуха разрушается, переходит в плазму и в дальнейшем не принимает участия в процессе окисления жира (п.4.2).

Герметичная упаковка контрольных образцов СМ и образцов, обработанных ВЦД (отсутствие контакта продукта с кислородом извне), приводит к тому, что количество кислорода, присутствующего в пузырьках воздуха в начальный период хранения СМ, в результате окислительных реакций стремится к нулю и в дальнейшем окислительные процессы затормаживаются и практически прекращаются, что подтверждается результатами экспериментальных исследований.

Вышеперечисленные обстоятельства приводят к необходимости на первом этапе исследований изучить характер влияния параметров процесса на химические числа, характеризующие окисление в процессе его длительного хранения. Данные исследования необходимы как для уточнения области варьирования значениями параметрами процесса, так и для обоснования времени отбора образцов для установления закономерностей влияния параметров процесса на стабилизацию его качества.

В процессе хранения образцов СМ в первые два месяца, кислотное число (*КЧ*) контрольных образцов растет более интенсивно (в 1,6 раза), чем у образцов, обработанных ВЦД. При этом его значения зависят от параметров процесса, обеспечивающих различное количество кислорода в масле (в диапазоне от 1,16 – 1,03 раза) (Рис. 3.5).

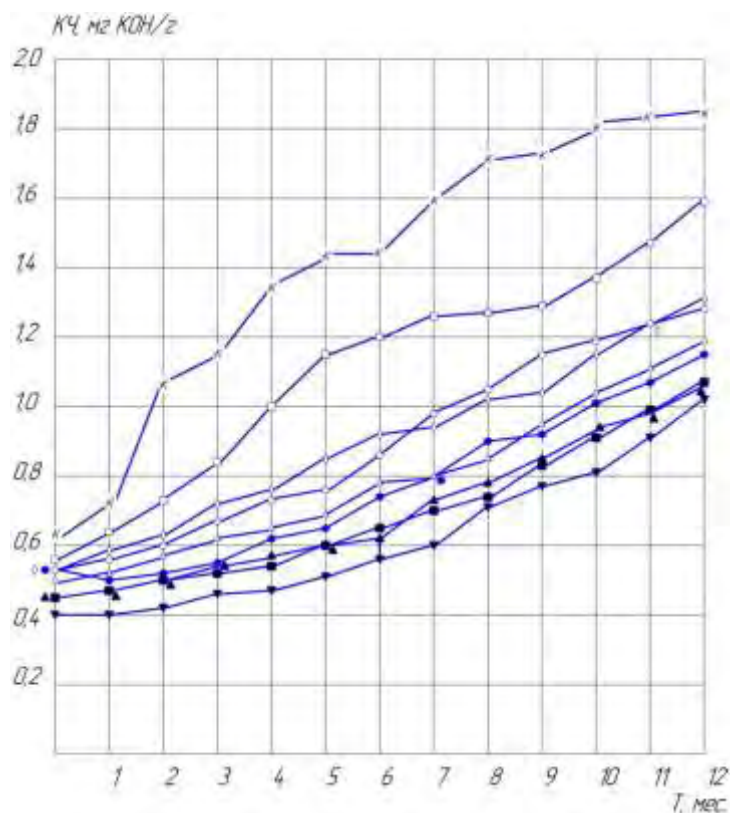


Рис. 3.5. Изменение $KЧ$ исследуемых образцов СМ в процессе его хранения при различных параметрах обработки ВЦД

Количество кислорода, которое обеспечивает окисление жира в процессе дальнейшего его хранения, в контрольных образцах выше; при этом, в образцах СМ, обработанных ВЦД, рост $KЧ$ происходит менее интенсивно при любых параметрах процесса. По истечении 12 месяцев хранения СМ значение $KЧ$ у контрольных образцов было равно 1,86 мг КОН/г и у образцов СМ, обработанных ВЦД – 1,59...1,02 мг КОН/г в зависимости от параметров процесса обработки.

Для математического описания и анализа зависимостей, приведенных на рис 3.5, была использована программа STATISTICA V5.5A, что позволило получить функцию (3.9), описывающую изменение значений $KЧ$ в процессе хранения при различных параметрах процесса его обработки ВЦД, приведенных в таблице 3.1. Доверительный интервал - 0,95.

$$KЧ_i = a_i + b_i \cdot \tau + c_i \cdot \tau^2, \quad (3.9)$$

где $KЧ_i$ - величина $KЧ$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i - коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Значения коэффициентов уравнений изменения $KЧ$ в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл. обознач. образца СМ	a	b	c	R^2	F-statistics
к	0,6205	0,1982	-0,008052	0,985	400,464
□	0,5345	0,1053	-0,002398	0,976	245,154
Δ	0,5019	0,02642	0,002592	0,995	1265,57
○	0,4963	0,05918	0,0008192	0,983	358,453
*	0,4857	0,02372	0,002762	0,985	405,419
◇	0,5302	0,05605	0,0006543	0,992	764,621
■	0,4548	0,01101	0,003382	0,998	3004,395
▲	0,4525	0,01764	0,002802	0,994	965,528
▼	0,3976	0,00397	0,003941	0,994	1068,514

Результаты экспериментальных исследований перекисного числа ($ПЧ$) СМ в процессе его хранения приведены на Рис 3.6.

существенно меньше, что приводит к существенному снижению значения *ПЧ*: в 1,71 и 1,73 раза для образцов 1 и 2. В дальнейшем скорость снижения *ПЧ* обработанных и контрольного образцов практически равны и через 5 месяцев хранения в контрольном образце *ПЧ* равно 0,0118(1/2 O₂)/кг и в образцах 1 и 2 0,013 и 0,014(1/2 O₂)/кг соответственно. В процессе дальнейшего хранения наблюдается некоторое колебание значений *ПЧ* с тенденцией на уменьшение, что может быть объяснено практическим отсутствием кислорода, необходимого для окисления триглицеридов.

Для математического описания и анализа зависимостей, приведенных на рис. 3.6, была использована функция (3.10), описывающая изменение значений *ПЧ* в процессе хранения при различных параметрах процесса его обработки ВЦД, приведенных в таблице 3.1. Доверительный интервал – 0,95.

$$ПЧ_i = a_i + \frac{e^{-b_i \tau}}{c_i + d_i \tau + g_i \tau^2}, \quad (3.10)$$

где $ПЧ_i$ - величина *ПЧ* СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i, d_i, g_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Значения коэффициентов уравнений изменения *ПЧ* в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл. обознач. образца СМ,	a	b	c	d	g	R ²	F-statistics
к	0,005143	0,3648	77,19	-42,88	7,601	0,958	69,008
□	-0,01242	-0,1987	35,44	-6,325	5,09	0,952	39,408
Δ	0,002912	0,3665	72,51	-44,57	9,635	0,980	146,084

Продолжение таблицы 3.6

○	-0,01325	-0,2137	34,42	-6,557	5,837	0,945	34,527
*	0,001485	0,1124	67,05	-31,55	8,178	0,984	185,253
◇	-0,01299	-0,1877	34,22	-5,234	4,734	0,973	107,581
■	0,002105	0,2247	67,36	-32,77	7,829	0,984	183,639
▲	-0,009721	-0,1963	38,91	-9,036	7,203	0,941	49,097
▼	0,001802	0,4929	70,26	-46,24	9,733	0,987	234,406

Результаты исследований йодного числа (*ЙЧ*) приведены на Рис. 3.7.

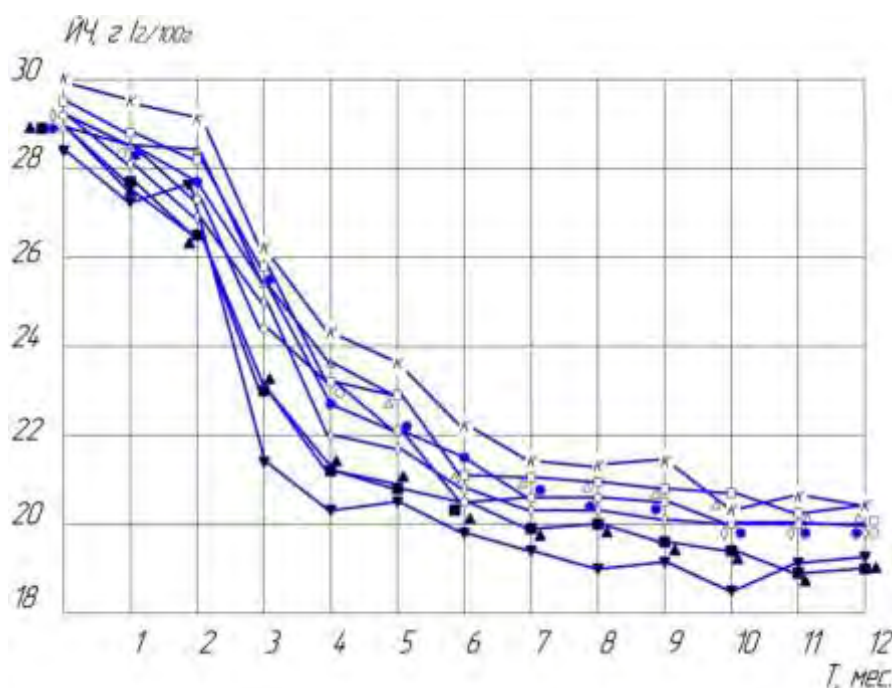


Рис. 3.7. Изменение величины йодного числа исследуемых образцов сливочного масла в процессе его хранения

Непосредственно после обработки СМ ВЦД значение его *ЙЧ* снизилось с 30 до 28,4. В дальнейшем, в процессе хранения имеет место снижение *ЙЧ* у всех образцов, однако за первые три месяца хранения в образцах 1 и 2 данный показатель снизился в 1,33 и 1,25 раза, в то время как в контроле данный показатель снизился лишь в 1,14 раза. Далее темпы снижения данного показателя в исследуемых образцах снижаются и через 12 месяцев хранения в контрольном образце *ЙЧ* было равно 20,5 г I₂/100 г; в образцах 1 и 2 *ЙЧ* было равно – 19,5 и 19,1 г I₂/100 г. таким образом обработка СМ ВЦД существенно влияет на количества непредельных соединений в процессе

хранения сливочного масла. Одной из возможных причин такого эффекта является более низкая способность к окислению сливочного масла после обработки ВЦД, и, следовательно, наличие меньшего числа радикалов, способных в результате рекомбинации образовывать кратные связи, количество которых и определяет величину йодного числа в образце.

Учитывая характер экспериментальных кривых (Рис. 3.7) они были описаны с использованием кусочной регрессии (3.11) и получены значения точки (c) разрыва кривых второго порядка (табл. 3.7) [206, 207].

$$\dot{Y}Ч_i = \begin{cases} a_i + b_i e^{\frac{\tau-c}{d_i}} & \tau < c \\ a_i + b_i e^{\frac{\tau-c}{g_i}} & \tau > c \end{cases}, \quad (3.11)$$

где $\dot{Y}Ч_i$ - величина $\dot{Y}Ч$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i, d_i, g_i - коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7

Значения коэффициентов уравнений изменения $\dot{Y}Ч$ в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл. обознач. образца СМ	a	b	c	d	g	R^2	F-statistics
к	20,21	8,806	2	18,81	2,769	0,993	444,786
□	20,28	8,008		14,46	2,504	0,990	302,146
Δ	20,06	8,212		28,39	2,273	0,997	1073,591
○	19,93	7,462		9,179	2,171	0,991	334,945
*	19,92	7,917		15,15	2,28	0,994	477,394
◇	19,9	7,228		8,222	2,035	0,989	282,349
■	19,36	6,433		5,659	1,791	0,976	120,746
▲	19,37	7,024		6,444	1,714	0,987	239,247
▼	19,25	8,183		23,33	0,901	0,975	119,462

Чем больше в молочном жире содержится низкомолекулярных кислот, тем выше число омыления ($ЧО$) (Рис. 3.8).



Рис. 3.8. Изменение величины числа омыления исследуемых образцов сливочного масла в процессе его хранения

Данный показатель в образцах 1 и 2 в течение 2-х месяцев хранения вырос незначительно: с 226 до 228 и 230 соответственно; в контрольном образце данный показатель составил 240. Далее, в контрольном образце в течение последующих двух месяцев имеет место снижение данного показателя до 238; в образце 1 данный показатель продолжал расти до значения 234 и в образце 2 – до 235. Далее имело место увеличение данного показателя у всех образцов, и через 12 месяцев в контрольном образце $ЧО$ было равно 263, в образце 1 – 256 и в образце 2 – 258.

Графические зависимости, приведенные на Рис 3.8, были представлены функцией (3.12), описывающей изменение значений $ЧО$ в процессе хранения при различных параметрах процесса его обработки ВЦД, приведенных в таблице 3.1. Доверительный интервал – 0,95.

$$\times \hat{I}_i = a_i + b_i \tau^2 + c_i \sqrt{\tau}, \quad (3.12)$$

где $ЧО_i$ - величина $ЧО$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Значения коэффициентов уравнений изменения $ЧО$ в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл. обознач. образца СМ	a	b	c	R^2	F-statistics
к	229,9	0,1029	4,97	0,953	121,729
□	225,4	0,1278	4,889	0,975	239,093
△	225,2	0,131	4,796	0,972	208,597
○	224,8	0,1304	4,839	0,971	199,826
*	224,6	0,1313	4,827	0,967	175,210
◇	223,8	0,1313	4,928	0,957	136,158
■	223,2	0,1221	5,257	0,961	123,404
▲	223,5	0,1273	4,821	0,951	97,572
▼	223,1	0,125	5,046	0,958	113,682

Количество растворимых в воде летучих жирных кислот, содержащихся в масле - число Рейхерта-Мейссля ($Ч_{Р-М}$), и количество нерастворимых в воде летучих жирных кислот, содержащихся в масле или жире - число Поленске ($Ч_{П}$) также более интенсивно возрастают у контрольных образцов СМ в первые 2 месяца после его выработки. Число Поленске в первые два месяца хранения в контрольном образце увеличилось в 1,4 раза и в образцах 1 и 2 – в 1,3 раза, после чего к третьему месяцу хранения в контрольном образце данный показатель снизился в 1,05 раза, в то время как в образцах 1 и 2 данный параметр снизился в 1,17 и 1,16 раза. В процессе дальнейшего хранения $Ч_{П}$ во всех образцах непрерывно возрастало

и через 12 месяцев хранения для контрольного образца оно было равно 5,3 и для образцов 1 и 2 – 4, 6 и 4,8 соответственно (Рис. 3.9).

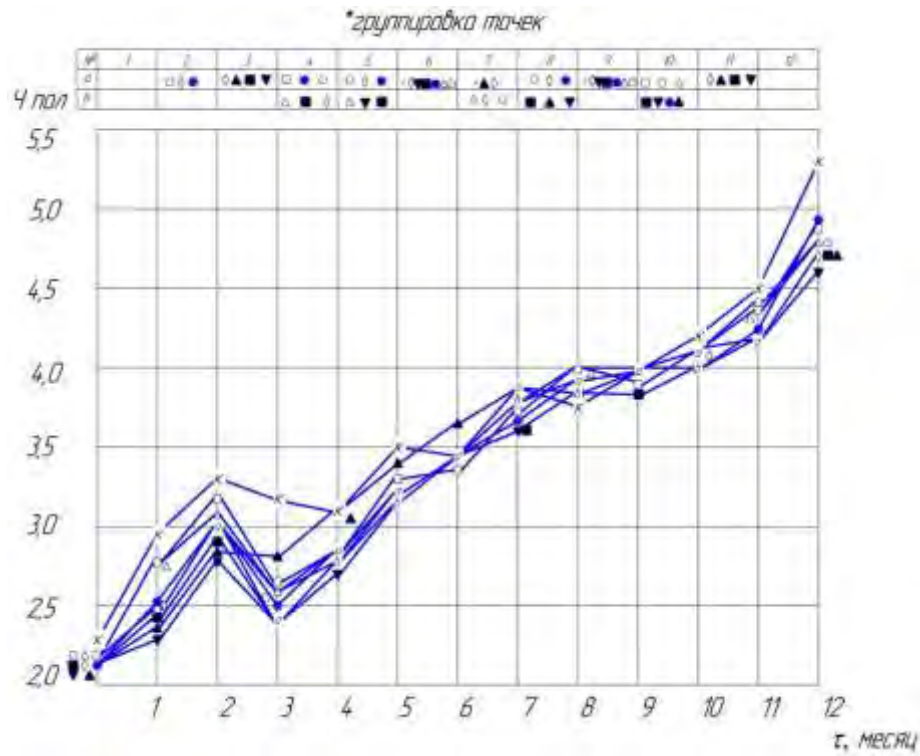


Рис. 3.9. Изменение величины числа Поленске исследуемых образцов сливочного масла в процессе его хранения

Графические зависимости, приведенные на Рис 3.9, были представлены функцией (3.13), описывающей изменение значений $Ч_{П}$ в процессе хранения при различных параметрах процесса его обработки ВЦД, приведенных в таблице 3.1. Доверительный интервал – 0,95.

$$\times_i = a_i + b_i \tau^2 + c_i \sqrt{\tau} \quad (3.13)$$

где $Ч_{Пi}$ - величина $Ч_{П}$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{i\uparrow}, v_{i\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{i\uparrow}, v_{i\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Значения коэффициентов уравнений изменения $Ч_{П}$ в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл, обознач. образца СМ	a	b	c	R^2	F-statistics
к	2,517	0,009564	0,2901	0,924	60,682
□	2,348	0,009376	0,303	0,923	73,331
△	2,292	0,009641	0,3067	0,933	84,919
○	2,172	0,009328	0,3531	0,953	122,088
*	2,178	0,009716	0,3332	0,934	85,932
◇	2,169	0,009059	0,3345	0,925	74,689
■	2,097	0,008833	0,3565	0,938	91,277
▲	2,056	0,008753	0,3703	0,944	102,767
▼	2,006	0,008523	0,3863	0,944	102,891

Аналогичная картина имела место при исследовании динамики числа Рейхерта-Мейссля. В первые два месяца хранения наиболее интенсивно возрастало в контрольном образце: с 26,5 до 40,5 (в 1,53 раза); увеличение данного показателя в образцах 1 и 2 составило 1,48 и 1,46 раза соответственно. В дальнейшем, к третьему месяцу хранения происходило снижение $Ч_{Р-М}$ до 38,5 в контрольном образце, 33,0 и 34,5 в образцах 1 и 2, после чего наступает период практически монотонного возрастания данного показателя как в контрольном, так и в образцах 1 и 2. Через 12 месяцев хранения в контрольном образце $Ч_{Р-М}$ было равно 62,0 и в образцах 1 и 2 – 57,5 и 59,0 соответственно (рис. 3.10).

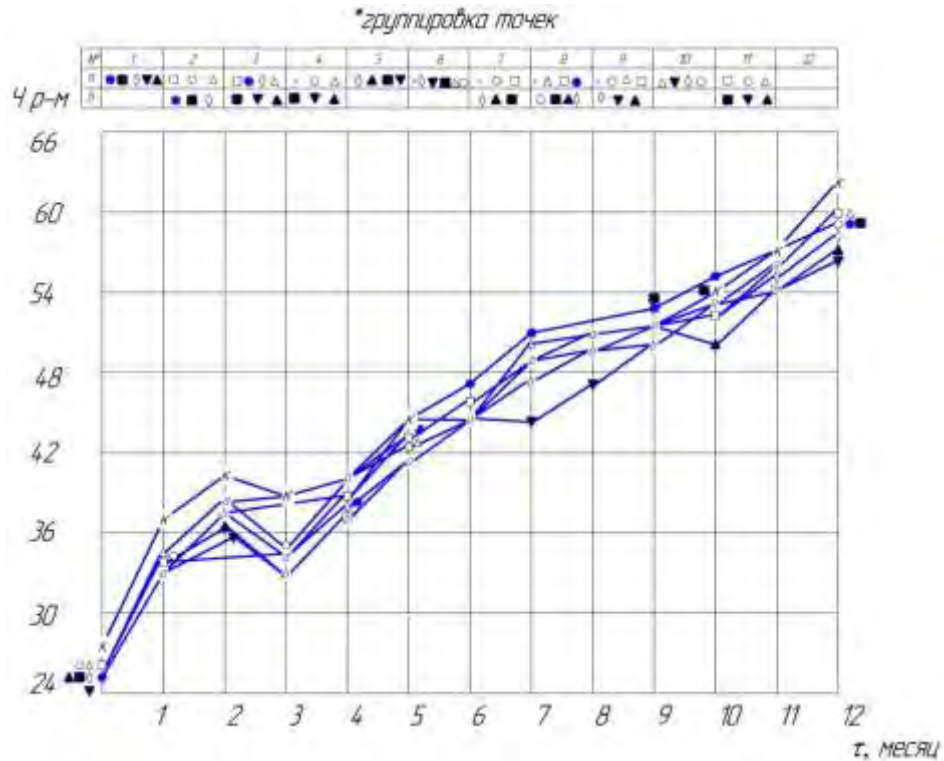


Рис. 3.10. Изменение величины числа Рейхерта-Мейссля исследуемых образцов сливочного масла в процессе его хранения

Графические зависимости, приведенные на рис 3.10, были представлены функцией (3.14), описывающая изменения значения $Ч_{р-м}$ в процессе хранения при различных параметрах процесса его обработки ВЦД, приведенных в таблице 3.1. Доверительный интервал – 0,95.

$$Ч_{р-м} = a_i + b_i \tau^2 + c_i \sqrt{\tau} \quad (3.14)$$

где $Ч_{р-ми}$ - величина $Ч_{р-м}$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Значения коэффициентов уравнений изменения \mathcal{C}_{p-m} в процессе хранения при соответствующих параметрах процесса и результаты статистического анализа полученных зависимостей

Усл. обознач. образца СМ	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	R ²	F-statistics
к	28,6	0,0761	6,004	0,966	171,634
□	26,67	0,07772	6,277	0,972	207,286
Δ	26,68	0,07786	6,199	0,973	217,683
○	26,47	0,07645	6,254	0,975	238,777
*	26,3	0,07419	6,264	0,976	249,141
◇	25,58	0,07257	6,432	0,966	171,631
■	25,39	0,07972	6,229	0,964	163,076
▲	25,1	0,07178	6,464	0,964	160,063
▼	25,01	0,07133	6,479	0,963	159,122

Выводы по разделу 3

1. Обработка СМ ВЦД позволяет снизить активность воды. Наибольшее влияние на снижение значения активности воды оказывает количество циклов нагружения и величина максимального давления в каждом цикле: активность воды существенно снижается после первых трех циклов нагружения: с 0,995 до 0,955 при $P_{max} = 230$ МПа; до 0,940 при $P_{max} = 290$ МПа и до 0,935 при $P_{max} = 350$ МПа. При этом, увеличение значения P_{max} с 230 МПа до 350 МПа снижает значение активности воды с 0,985 до 0,975 после 1-го цикла; с 0,975 до 0,950 после 2-го цикла; с 0,955 до 0,935 после 3-го цикла; с 0,950 до 0,930 и с 0,950 до 0,925 после 5-го цикла соответственно.

Влияние скорости импульса изменения давления на изменение активности воды у исследуемых образцов СМ незначительно.

Активность воды СМ после его обработки ВЦД снижается до порогового значения жизнедеятельности патогенной микрофлоры, что позволяет обеспечить его микробиологическую безопасность в процессе длительного хранения.

2. Впервые получены функциональные зависимости изменения значений относительной концентрации БГКП при обработке СМ ВЦД при различных параметрах процесса его обработки. Экспериментально установлено, что при разных параметрах процесса обработки могут быть использованы кинетические модели как первого, так и второго порядка. При относительно невысокой интенсивности ($P_{\max} = 230$ МПа, $v_{u\uparrow} = 1$ и 5 МПа/с, $v_{u\downarrow} = 5$ МПа/с) воздействия ВЦД на СМ скорость инактивации микрофлоры описывается линейной зависимостью, однако при увеличении интенсивности воздействия ВЦД на СМ интенсивности ($P_{\max} = 290, 350$ МПа, $v_{u\uparrow} = 10$ МПа/с, $v_{u\downarrow} = 10$ и 25 МПа/с) линейная зависимость переходит в двухфазовую модель. Микробиологическая стерильность СМ может быть обеспечена его обработкой ВЦД с параметрами процесса: $P_{\max} = 290-350$ МПа, $v_{u\uparrow} = 5-10$ МПа/с, $v_{u\downarrow} = 10-25$ МПа/с. При этом количество циклов варьируется от 2 до 5.

3. Увеличение параметров процесса обработки СМ ВЦД (P_{\max} , n , $v_{u\uparrow}$, $v_{u\downarrow}$) приводит к повышению его стойкости, сохранности, качественных характеристик в процессе хранения и улучшению его свойств, которые характеризуются соответствующими химическими числами.

4. Скорость увеличения КЧ в образцах СМ, обработанных ВЦД существенно ниже по сравнению с данным показателем в контрольном образце. За первые 2 месяца хранения СМ КЧ в образцах, обработанных ВЦД, возросло в 1,16 – 1,03 раза, в зависимости от параметров процесса, в то время как в контрольном образце данный показатель вырос в 1,6 раза, что может быть объяснено тем, что количество кислорода, которое обеспечивает окисление жира в процессе его хранения в контрольных образцах выше, чем в опытных. В образцах СМ, обработанных ВЦД, рост КЧ происходит менее интенсивно при любых параметрах процесса и по истечении 12 месяцев хранения СМ значение КЧ у контрольных образцов было равно 1,86 мг КОН/г и у образцов СМ, обработанных ВЦД – 1,49 – 1,02 мг КОН/г в зависимости от параметров процесса обработки.

5. Обработка СМ ВЦД способствует уменьшению в нем продуктов гидролиза и окисления. В первые 2 месяца хранения кислород, присутствующий как в контрольных образцах, так и в образцах, обработанных ВЦД, приводит к увеличению значений *ПЧ*, в контрольном образце в 1,5 раза, и в опытных образцах в 1,35 - 1,37 раза. В дальнейшем, в контрольном образце начинается незначительное снижение *ПЧ* т.к. в реакцию вступает оставшееся количество кислорода; в образцах СМ, обработанных ВЦД количество кислорода существенно меньше, что приводит к существенному снижению значения *ПЧ*: в 1,71 - 1,73 раза. В дальнейшем скорость снижения *ПЧ* обработанных и контрольного образцов практически равны и через 5 месяцев хранения в контрольном образце *ПЧ* равно 0,0118(1/2 O₂)/кг и в опытных образцах 0,013 - 0,014 (1/2 O₂)/кг. В процессе дальнейшего хранения наблюдается некоторое колебание значений *ПЧ* с тенденцией на уменьшение, что может быть объяснено практическим отсутствием кислорода, необходимого для окисления триглицеридов.

6. Непосредственно после обработки СМ ВЦД значение его *ЙЧ* снижается с 30 до 28,4. В дальнейшем, в процессе хранения имеет место снижение *ЙЧ* у всех образцов, однако за первые три месяца хранения, в опытных образцах данный показатель снизился в 1,33 - 1,25 раза, в то время как в контроле данный показатель снизился лишь в 1,14 раза. Далее темпы снижения данного показателя в исследуемых образцах снижаются и через 12 месяцев хранения в контрольном образце *ЙЧ* равно 20,5 г I₂/100 г, и в опытных образцах 19,5 - 19,1 г I₂/100 г. Учитывая характер экспериментальных кривых, они были описаны с использованием кусочно-линейной регрессии.

7. В опытных образцах в течение 2-х месяцев хранения *ЧО* выросло незначительно: с 226 до 228 и 230 соответственно; в контрольном образце данный показатель составил 240. Далее имело место увеличение данного показателя у всех образцов, и через 12 месяцев в контрольном образце *ЧО* было равно 263 и в опытных образцах 256 - 258.

8. Количество растворимых в воде летучих жирных кислот (число Рейхерта-Мейссля $-C_{P-M}$), и количество нерастворимых в воде летучих жирных кислот (число Поленске $-C_{II}$), содержащихся в масле возрастают в контрольных и опытных образцах СМ в первые 2 месяца после его выработки. Так, C_{II} в первые два месяца хранения в контрольном образце увеличилось в 1,4 раза и в опытных образцах в 1,3 раза, после чего к третьему месяцу хранения в контрольном образце данный показатель снизился в 1,05 раза, в то время как в опытных образцах данный параметр снизился в 1,17 - 1,16 раза. В процессе дальнейшего хранения C_{II} во всех образцах непрерывно возрастало, и через 12 месяцев хранения для контрольного образца оно было равно 5,3 и для опытных образцов 4, 6 - 4,8.

В первые два месяца хранения C_{P-M} наиболее интенсивно возрастало в контрольном образце: с 26,5 до 40,5 (в 1,53 раза); увеличение данного показателя в опытных образцах составило 1,48 - 1,46 раза. В дальнейшем, к третьему месяцу хранения происходило снижение C_{P-M} до 38,5 в контрольном образце и 33,0 - 34,5 в опытных образцах, после чего наступает период практически монотонного возрастания данного показателя, как в контрольном, так и в опытных образцах. Через 12 месяцев хранения в контрольном образце C_{P-M} было равно 62,0 и в контрольных обработанных образцах 57,5 - 59,0.

РАЗДЕЛ 4

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД НА ЕГО ФИЗИЧЕСКИЕ, СТРУКТУРНО- МЕХАНИЧЕСКИЕ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СВОЙСТВА

4.1. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его термоустойчивость

При выработке СМ методом ПВЖС масло чаще идентифицируют, как нетермостойкое. Причинами данного порока могут быть низкая производительность маслообразователя при нормальном охлаждении, занижение температуры охлаждения, увеличение частоты вращения вытеснительных барабанов и др. [122]. Образующаяся первичная кристаллизационная структура при этом необратимо разрушается, а дополнительное интенсивное перемешивание кристаллизирующейся массы продукта способствует активизации процесса кристаллизации глицеридов жира в аппарате. Скорость отвердевания масла на выходе из аппарата при этом снижается, и продукт постепенно теряет способность образовывать вторичную структуру. Доказательством этому является длительное отверждение масла на выходе из маслообразователя и незначительный прирост его температуры в монолите [199]. Порок «мягкое (нетермостойчивое) масло» обнаруживается, как правило, после завершения стабилизации структуры. При производстве СМ пониженной жирности дополнительным фактором, способствующим повышению термоустойчивости продукта, является применение эмульгаторов и стабилизаторов консистенции [199].

Анализ априорной информации позволил нам выдвинуть предположение, что в связи с тем, что обработка СМ ВЦД после его выхода из маслообразователя приводит к существенным изменениям его структуры и дисперсности, консистенции, изменениям физико-химических показателей, данные изменения потенциально могут повысить его термостойкость [200].

Отбор образцов СМ производился в летний период (июнь 2011г и повторные контрольные измерения - июнь 2012 г). В соответствии с методикой (п.2.13) была выполнена оценка термостойкости СМ в интервале температур 26 до 35⁰С (рис.4.1).



Рис. 4.1. Образцы СМ в процессе определения их термоустойчивости

В процессе измерений абсолютное расхождение между результатами двух параллельных измерений не превышало 0,025 при доверительной вероятности 0,95.

Результаты исследований приведены на рис. 4.2 и их статистический анализ – в табл. 4.1.

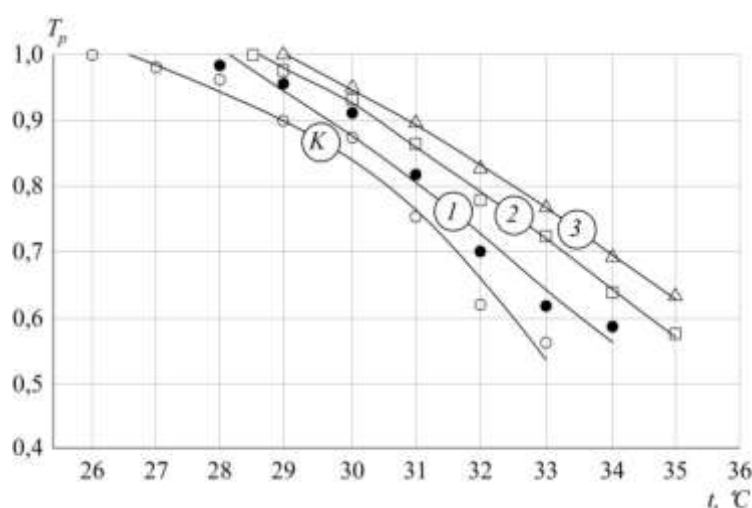


Рис. 4.2. Термоустойчивость СМ, контрольного образца -**К**, и обработанных ВЦД. 1: $P_{\max} = 230$ МПа, $n = 3$, $v_{и\uparrow} = 5$ МПа/с; $v_{и\downarrow} = 10$ МПа/с; 2: $P_{\max} = 290$ МПа, $n = 3$, $v_{и\uparrow} = 5$ МПа/с; $v_{и\downarrow} = 10$ МПа/с 3: $P_{\max} = 350$ МПа, $n = 3$, $v_{и\uparrow} = 5$ МПа/с; $v_{и\downarrow} = 10$ МПа/с

Таблица 4.1

Результаты статистической обработки исследований термоустойчивости образцов СМ контрольного и обработанного ВЦД

Образец	Вид функции	a	b	c	R ²	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F
К	$y = a + b \cdot e^{\frac{x}{c}}$	1,119	-0,000197	4,131	0,98	0,029	113
1		1,968	-0,1653	15,88	0,97	0,034	66,97
2		1,924	-0,1688	16,8	0,99	0,011	764
3		1,741	-0,1046	14,79	0,99	0,006	1398

Анализ полученных результатов позволил нам констатировать, что обработка СМ ВЦД приводит к улучшению показателя термоустойчивости [200]. Так, при стандартной температуре, предусмотренной ГОСТ 52253-2004 - $(30 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ терmostойкость контрольного образца составила 0,84, что соответствует «удовлетворительной» термоустойчивости (диапазон значений показателя $0,70 \div 0,85$) [188]. Плавление образца СМ началось при температуре 27°C и кривая, описывающая изменение показателя термоустойчивости при повышении температуры носит ярко выраженный степенной характер. Характер кривых, описывающих изменение данного показателя для образцов, обработанных ВЦД, имеет более прямолинейный характер (значения коэффициентов b и c существенно меньше). Температура начала плавления образца 1 равна 28°C , образца 2 - 29°C и образца 3 – $29,5^{\circ}\text{C}$. При температуре 30°C показатель термоустойчивости для вышеперечисленных образцов составил 0,88; 0,92 и 0,96 соответственно, что характеризует термоустойчивость данных образцов СМ как «хорошую».

Улучшение показателя термоустойчивости в образцах СМ, обработанных ВЦД, может быть результатом изменения его дисперсности на макро- и наноуровне и увеличением его плотности.

4.2. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на дисперсность СМ

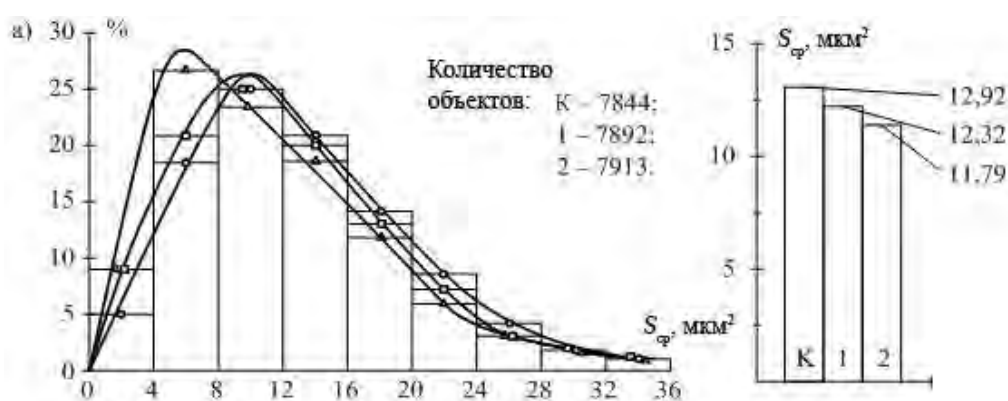
Дисперсность, являясь самостоятельным термодинамическим параметром состояния системы, оказывает существенное влияние и на физико-химические свойства и параметры, среди которых следует выделить такие, как реакционная способность, растворимость, равновесие химических реакций, температуры плавления и фазового перехода, реологические и органолептические свойства, микробиологическая безопасность в процессе хранения СМ [64,65].

Учитывая результаты ранее проведенных нами исследований (Раздел 3) по изучению влияния параметров процесса на микробиологические показатели масла, была изучена микроструктура масла, обработанного при следующих параметрах процесса:

- образец 1 – $P_{\max} = 320$ МПа, $n = 5$; $v_{и\uparrow} = 1$ МПа/с $v_{и\downarrow} = 5$ МПа/с;
- образец 2 – $P_{\max} = 320$ МПа, $n = 4$; $v_{и\uparrow} = 10$ МПа/с, $v_{и\downarrow} = 5$ МПа/с.

Гистограммы, сглаживающие функции распределения и средние значения исследуемых параметров представлены на рис.4.3 -4.8.

Для математического описания и анализа представленных гистограмм была использована программа «FindGraph» и получены функции (при доверительной вероятности 0,95), приведенные в таблице 4.2.



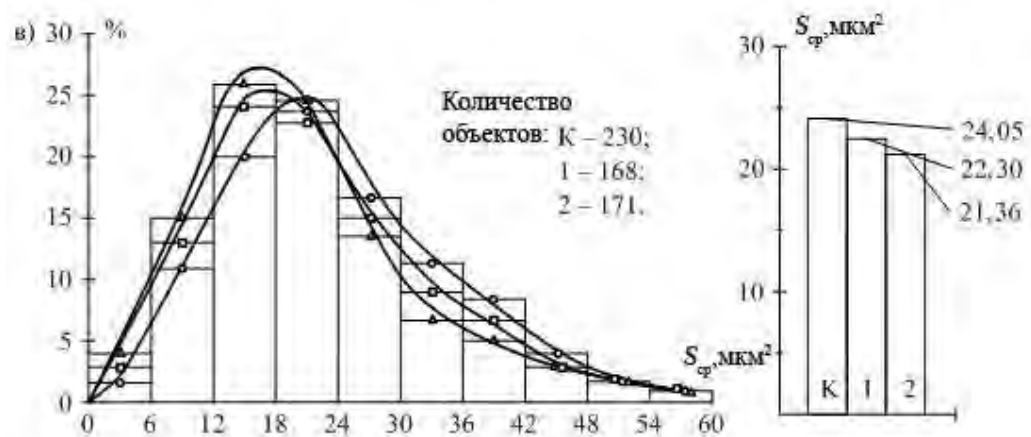
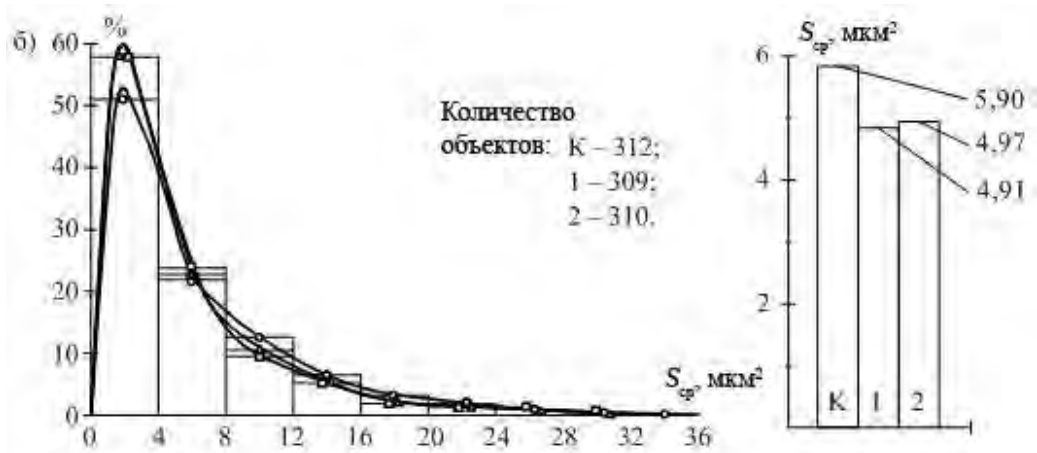
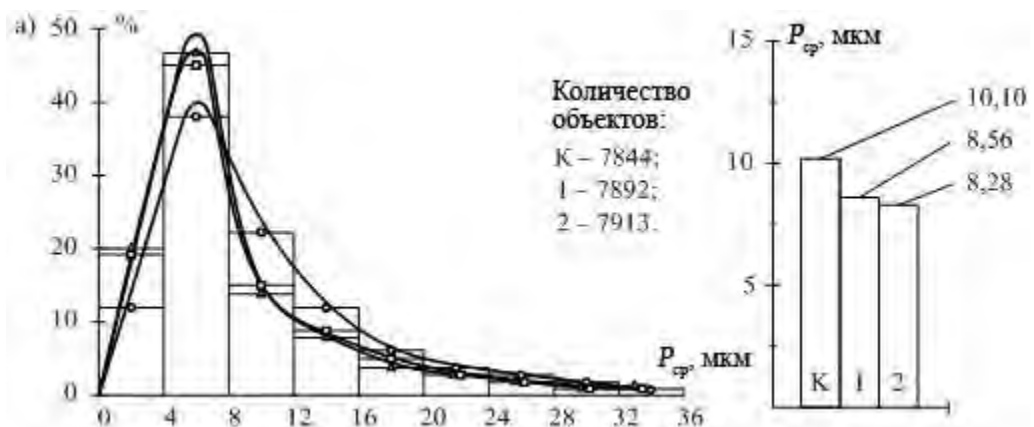


Рисунок 4.3 - Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра площади а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ обработанное ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 1мкм².



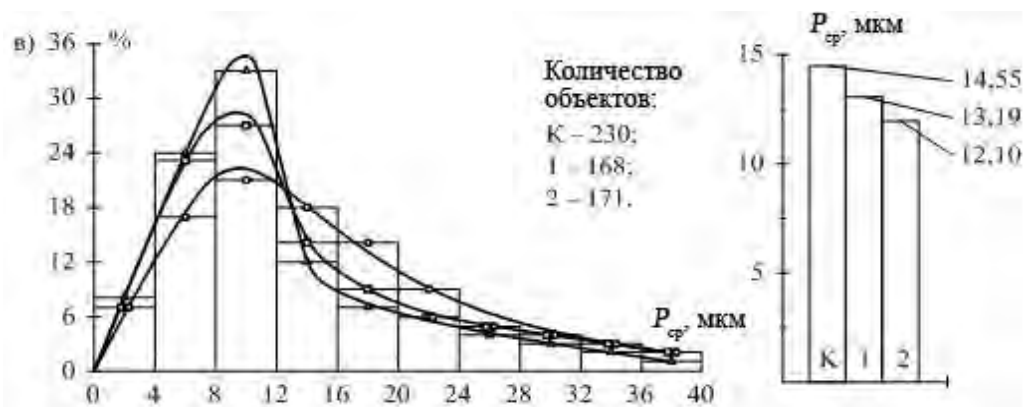
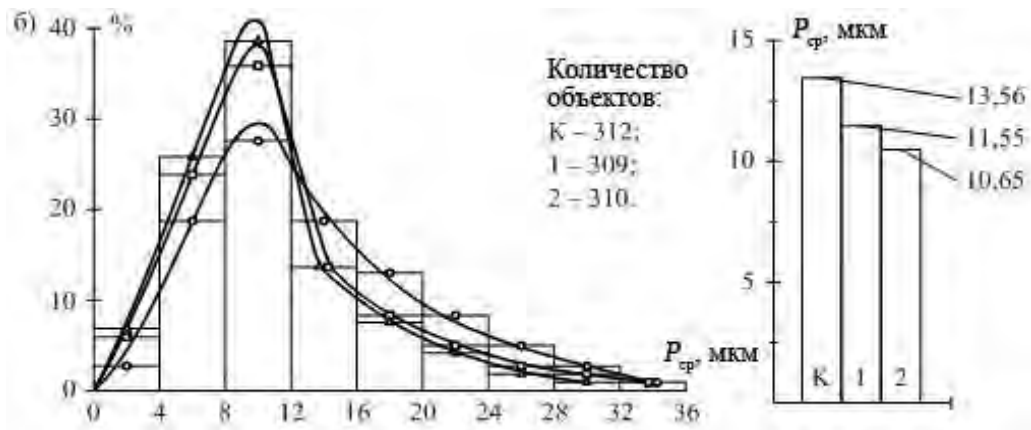


Рисунок 4.4 – Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра периметра а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ обработанного ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 0,5 мкм.



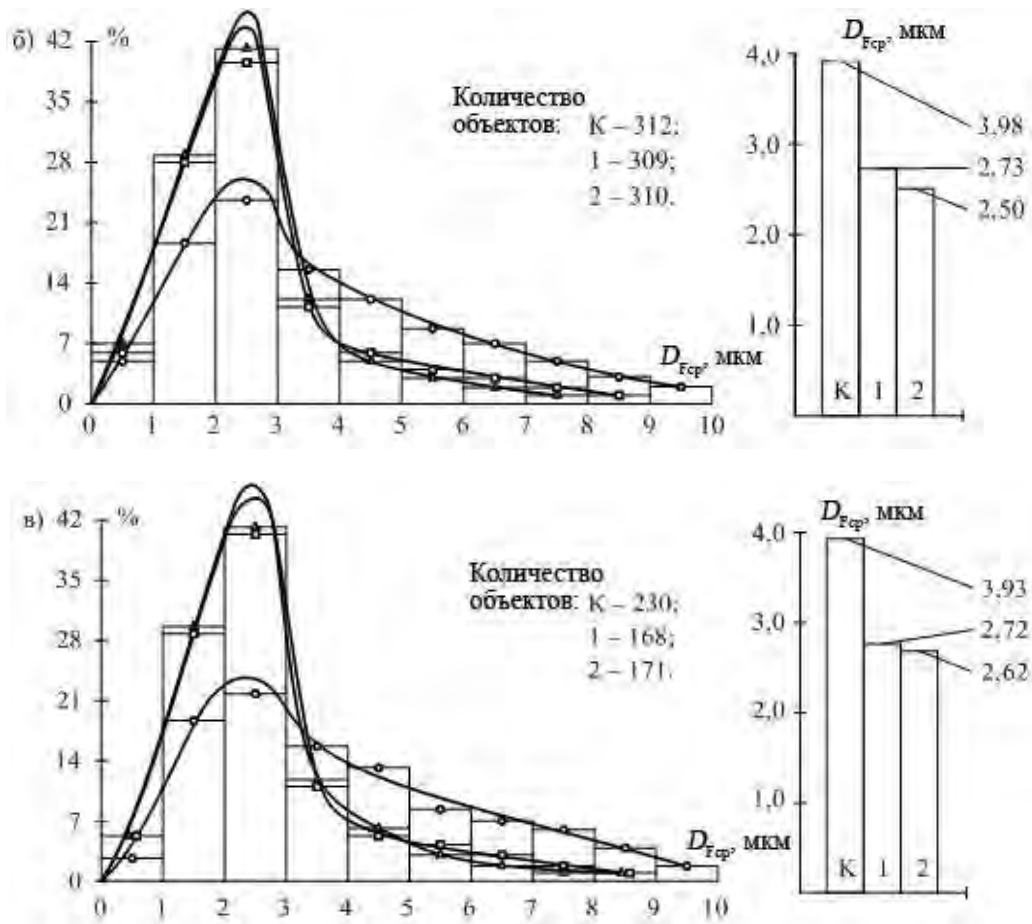


Рисунок 4.5 - Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра диаметра Фере а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ обработанного ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 0,1 мкм.



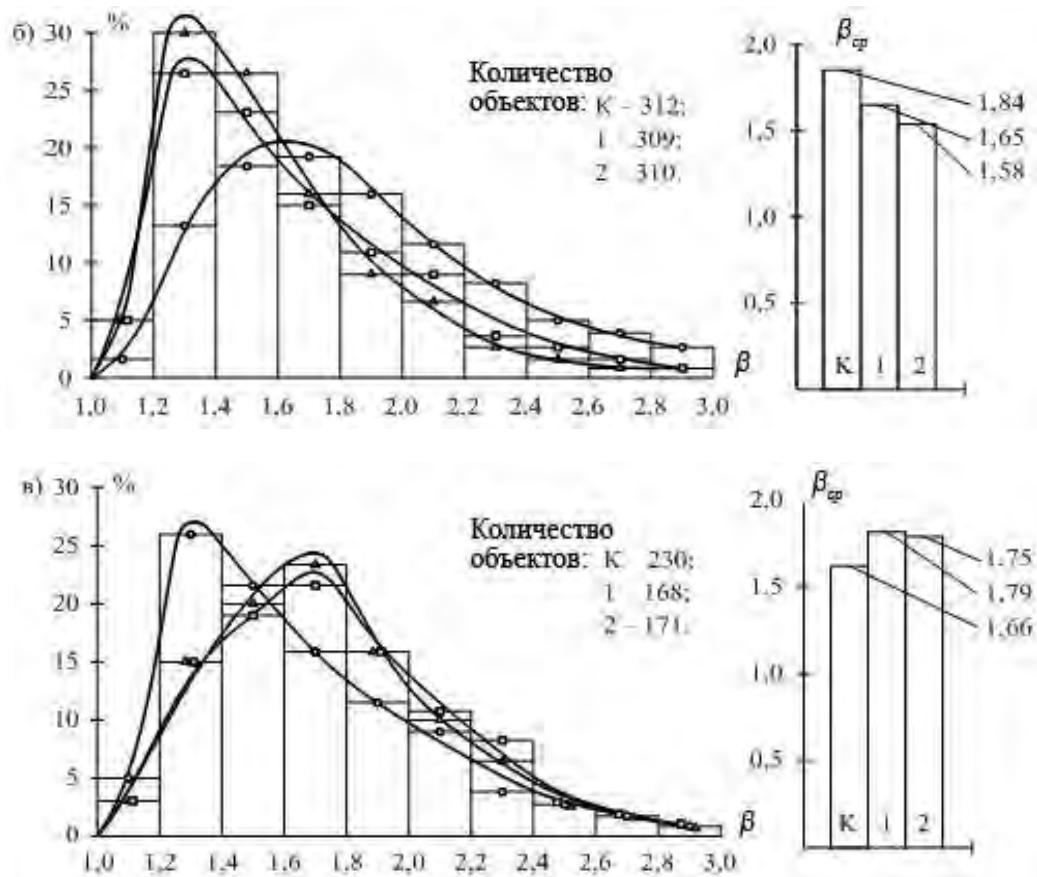
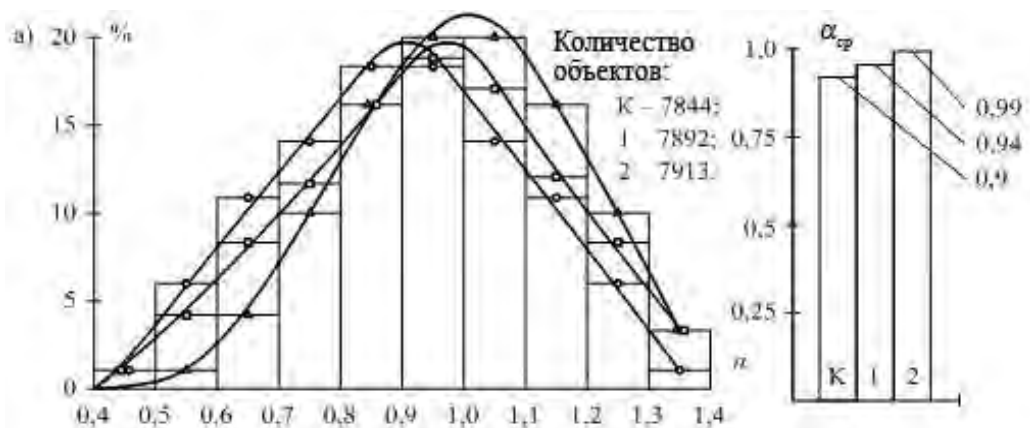


Рисунок 4.6 - Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра удлиненности а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ обработанного ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 0,05.



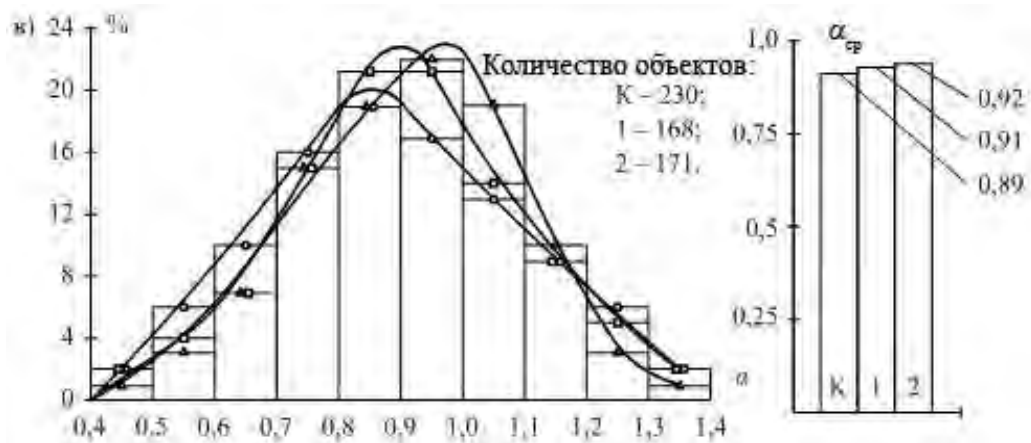


Рисунок 4.7 - Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра округлости а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ обработанного ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 0,01.



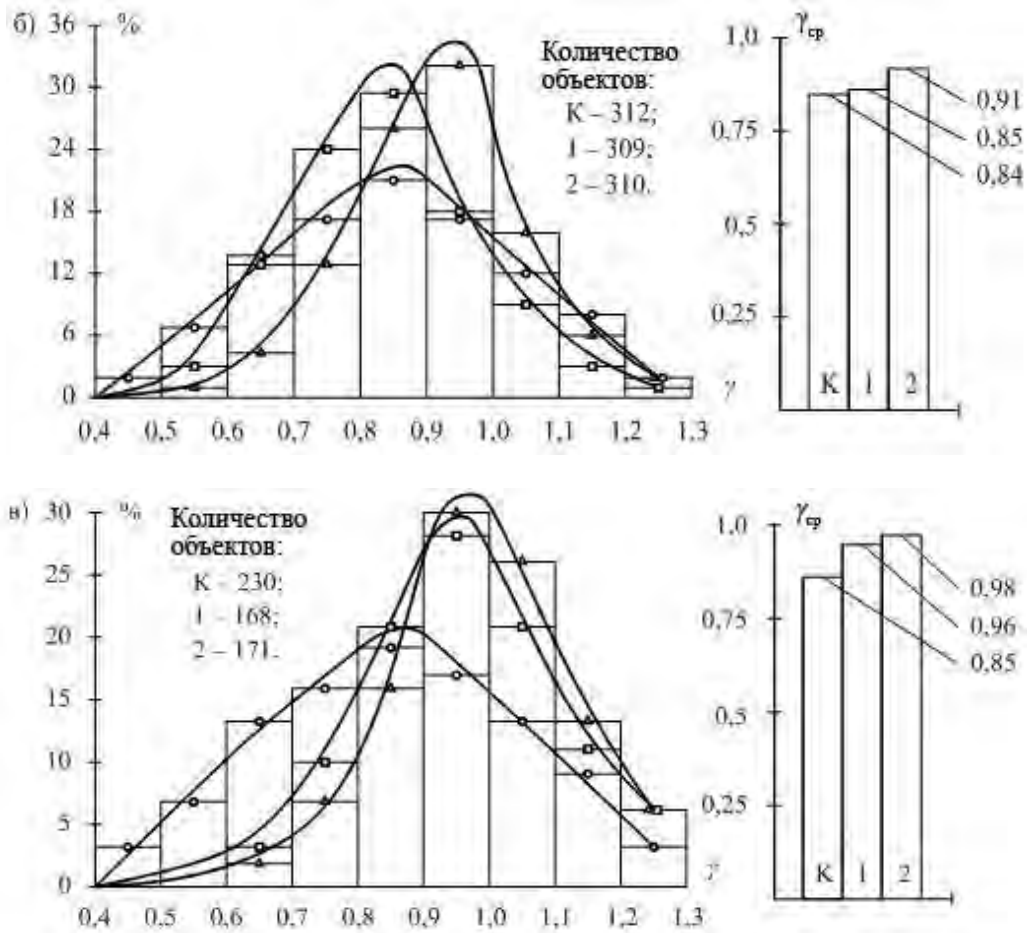


Рисунок 4.8 - Гистограммы, сглаживающие функции распределения и среднее значение параметра компактности а) жировых шариков, б) частиц влаги, в) пузырьков воздуха в образцах СМ: К (○) – контрольный образец, 1 (□) и 2 (Δ) – СМ, обработанного ВЦД.

Площадь поля зрения 114355,93 мкм²; интервал – 0,01.

Таблица 4.2

Сглаживающие функции распределения параметров дисперсности

площадь жировых шариков						
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2
		a	b	c	d	
$y = a + be^{-e^{-z} - z + 1}$, где $z = \frac{x - c}{d}$	Контрольный	-61,23	1985,52	10,04	6,36	0,99
	Образец 1	-37,86	2031,70	9,30	6,08	0,99
	Образец 2	-74,47	2067,71	8,19	5,20	0,96
площадь частиц влаги						

Продолжение таблицы 4.2

Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений					R^2
		a	b	c	d	g	
$y = a + \frac{b}{\left(1 + \left(\frac{x-c}{d}\right)^2\right)^g}$	Контрольный	-7,57	13329,2	-8,69	1,68	1,18	0,99
	Образец 1	-1,53	153153,2	-18,7	6,63	2,84	0,99
	Образец 2	-2,13	84792,9	-15,9	5,25	2,42	0,99
площадь пузырьков воздуха							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + be^{-e^{-z}-z+1},$ где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	-1,07	52,85	19,18	10,25	0,99	
	Образец 1	1,71	39,78	17,13	8,42	0,99	
	Образец 2	2,44	42,97	15,95	7,55	0,98	
периметр жировых шариков							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + be^{-e^{-z}-z+1},$ где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	204,83	2728,29	6,09	3,24	0,98	
	Образец 1	207,21	3628,79	4,87	2,48	0,98	
	Образец 2	196,16	3982,97	4,72	2,32	0,98	
периметр частиц влаги							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + be^{-e^{-z}-z+1},$ где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	5,80	80,05	9,97	4,67	0,94	
	Образец 1	9,42	111,26	8,55	2,92	0,97	
	Образец 2	5,31	123,08	8,32	3,12	0,97	
периметр пузырьков воздуха							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + be^{-e^{-z}-z+1},$ где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	3,84	45,34	10,31	6,11	0,98	
	Образец 1	6,01	41,63	8,38	3,66	0,97	
	Образец 2	6,40	58,70	8,28	2,64	0,95	
диаметр Фере жировых шариков							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + be^{-e^{-z}-z+1},$ где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	-30,41	1847,34	3,04	1,65	0,99	
	Образец 1	156,97	2401,50	2,14	0,97	0,99	
	Образец 2	129,98	2899,31	2,15	0,84	0,99	
диаметр Фере частиц влаги							

Продолжение таблицы 4.2

Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2		
		a	b	c	d			
$y = a + be^{-e^{-z} - z + 1}$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	9,69	61,32	2,43	1,29	0,96		
	Образец 1	8,57	144,51	2,03	0,57	0,97		
	Образец 2	6,86	153,21	2,04	0,58	0,97		
диаметр Фере пузырьков воздуха								
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений						R^2
		a	b	c	d	g	h	
$y = a + bz^g(1-z)^h$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	5,2 0	447·10 ⁵	0,4 5	48551	1,24	33495	0,97
	Образец 1	4,1 7	340,16	0,3 0	3,32	1,58	0,94	0,98
	Образец 2	3,6 7	350,14	0,3 0	3,34	1,54	0,95	0,97
удлиненность жировых частиц								
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2		
		a	b	c	d			
$y = a + be^{-e^{-z} - z + 1}$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	30,50	1670,82	1,60	0,34	0,98		
	Образец 1	240,43	2059,09	1,38	0,20	0,95		
	Образец 2	230,59	2315,46	1,38	0,18	0,96		
удлиненность частиц влаги								
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2		
		a	b	c	d			
$y = a + be^{-e^{-z} - z + 1}$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	1,88	59,45	1,63	0,37	0,97		
	Образец 1	8,61	77,64	1,40	0,21	0,91		
	Образец 2	5,07	94,47	1,39	0,20	0,97		
удлиненность пузырьков воздуха								
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2		
		a	b	c	d			
$y = a + be^{-e^{-z} - z + 1}$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	4,83	55,12	1,42	0,24	0,90		
	Образец 1	-2,11	39,49	1,60	0,37	0,97		
	Образец 2	-1,47	39,85	1,59	0,35	0,98		
округлость жировых шариков								
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений						R^2
		a	b	c	d	g	h	
$y = a + bz^g(1-z)^h$, где $z = \frac{x-c}{d}$	Контрольный	-496,7	439·10 ⁵	-0,26	2,3	7,25	7,2	0,98
	Образец 1	-50,38	196·10 ⁶	-0,34	2,2	12,3	8,5	0,988
	Образец 2	7,16	0,56·10 ⁵	0,46	1,0	2,78	2,3	0,99
округлость частиц влаги								

Продолжение таблицы 4.2

Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + \frac{bd}{4(x-c)^2 + d^2}$	Контрольный	-195,56	451,10	0,90	1,82	0,99	
	Образец 1	-30,80	61,85	0,94	0,64	0,98	
	Образец 2	-33,11	66,32	0,96	0,68	0,98	
округлость пузырьков воздуха							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений					R^2
		a	b	c	d	g	
$y = \begin{cases} a + b \cdot e^{-0,5\left(\frac{x-c}{d}\right)^2}, & x < c \\ a + b \cdot e^{-0,5\left(\frac{x-c}{g}\right)^2}, & x > c \end{cases}$	Контрольный	-2,67	45,80	0,85	0,20	0,26	0,98
	Образец 1	2,58	33,41	0,89	0,16	0,18	0,99
	Образец 2	-0,27	38,39	0,96	0,21	0,15	0,99
компактность жировых шариков							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + \frac{be^{-0,5\left(\frac{x-c}{d}\right)^2}}{d \cdot \sqrt{2\pi}}$	Контрольный	-118,64	905,20	0,85	0,19	0,95	
	Образец 1	-59,38	848,95	0,90	0,16	0,98	
	Образец 2	-101,82	890,43	0,91	0,16	0,99	
компактность частиц влаги							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + \frac{bd}{4(x-c)^2 + d^2}$	Контрольный	-57,97	103,37	0,84	0,86	0,97	
	Образец 1	-17,75	39,38	0,83	0,36	0,99	
	Образец 2	-11,44	32,78	0,92	0,28	0,99	
компактность пузырьков воздуха							
Общий вид функции	Образец	Коэффициенты уравнений				R^2	
		a	b	c	d		
$y = a + \frac{bd}{4(x-c)^2 + d^2}$	Контрольный	-45,55	85,98	0,86	0,98	0,98	
	Образец 1	-7,59	20,14	0,95	0,36	0,99	
	Образец 2	-5,33	17,82	0,98	0,30	0,99	

Анализ полученных результатов позволил нам констатировать следующие изменения в дисперсных характеристиках жировых шариков [201]. Количество жировых шариков в обработанных ВЦД образцах СМ несколько увеличилось (на 0,9 и 1,0% соответственно для образца 1 и 2 по сравнению с контрольным образцом), что свидетельствует о диспергировании (дроблении) жировых шариков под действием ВЦД.

Средняя площадь жировых шариков в образцах 1 и 2 уменьшилась на 4,6 и 8,7%, что свидетельствует об уменьшении объема жировых шариков под действием ВЦД. Однако, периметр жировых шариков у образцов 1 и 2 уменьшился на 18 и 21,9%. Для пояснения данного обстоятельства целесообразно использовать показатель «диаметр Фере» (эквивалентный диаметр), который у рассматриваемых образцов также уменьшился на 22 и 29%. Приведенные цифры могут быть объяснены тем, что ВЦД приводит к изменению формы жировых шариков, при которых они приобретают более правильную округлую форму. Это подтверждается параметром округлости жировых шариков, который в образцах 1 и 2 вырос соответственно на 5,3 и 9%. Увеличился также параметр компактности на 4,7 и 7,1% соответственно, и снизился параметр удлиненности на 13,0 и 10,1%. При этом мы учитывали, что при выходе из маслообразователя только 12% жира находится в отвердевшем состоянии и на микрофотографиях между частицами жира, влаги и воздушными пузырьками располагается еще не отвердевший жир.

Таким образом, обработка СМ ВЦД приводит к дроблению его жировых шариков, повышению их компактности, они приобретают более правильную округлую форму.

Под действием ВЦД произошли следующие изменения в характеристиках дисперсности частиц влаги. Среднее количество частиц влаги после обработки ВЦД образцов 1 и 2 уменьшилось на 1%, однако их средняя площадь уменьшилась на 16,8 и 15,% соответственно. При этом среднее значение их периметра уменьшилось на 14,8 и 21,5%, а диаметр Фере уменьшился на 21,4 и 25,7% соответственно. В контрольных образцах СМ среднее значение диаметра Фере (эквивалентный диаметр) равен 3,98 мкм (Для сравнения, в работах [21, 23, 24] среднее значение диаметра частиц влаги в СМ, произведенном методом сбивания при периодическом сбивании $D_{cp} = 3,26$ мкм и при непрерывном сбивании $D_{cp} = 3,2$ мкм и при способе преобразования высокожирных сливок $D_{cp} = 4$ мкм.) Параметр удлиненности

снизился на 10,3 и 14,1%; параметр округлости вырос на 28,3 и 27% соответственно, и компактность частиц влаги выросла на 1,2 и 8,3%.

Таким образом, обработка ВЦД приводит к повышению дисперсности СМ, что способствует улучшению его потребительских свойств и снижению скоростей окислительных процессов и развития патогенной микрофлоры в СМ.

Обработка ВЦД приводит к существенному уменьшению количества пузырьков воздуха: на 36,9 и 34,5% для образцов 1 и 2. При этом их средняя площадь уменьшилась на 7,8 и 12,6%. Среднее значение их периметра уменьшилось на 10,3 и 20,2% и среднее значение диаметра Фере – на 30,6 и 33,2% соответственно. Сравнительный анализ приведенных значений показывает, что объем пузырьков газовой фазы уменьшился, и пузырьки воздуха стремятся приобрести форму правильной сферы. Это подтверждает и увеличение параметра округлости на 2,4 и 3,4% и увеличение компактности пузырьков газовой фазы на 12,9 и 15,3%.

4.3. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его реологические свойства

Основываясь на анализе существующей нормативно-технической документации и соответствующих данной теме публикаций (раздел 1), мы сделали вывод, что для оценки потребительских и технологических свойств СМ, выработанного с использованием технологии ВЦД, целесообразно использовать следующие реологические показатели: коэффициент пенетрации, предельное напряжение среза, работа резания, плотность, относительный объем, коэффициент сжимаемости, модуль объемного сжатия (модуль объемной упругости) [202...204]. Анализ априорной информации позволил выбрать область экспериментирования (табл.4.3).

Таблица 4.3

**Параметры процесса при получении опытных образцов СМ,
обработанного ВЦД и условные обозначения экспериментальных
точек на рис 4.9**

Номер образца	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Условное обозначение	К	□	△	○	*	◇	■	▲	▼	●	
Параметры процесса	P_{max} , МПа	-	230	230	230	290	290	290	350	350	350
	$v_{и↑}$, МПа/с	-	1	5	10	1	5	10	1	5	10
	$v_{и↓}$, МПа/с	-	5	10	25	5	10	25	5	10	25

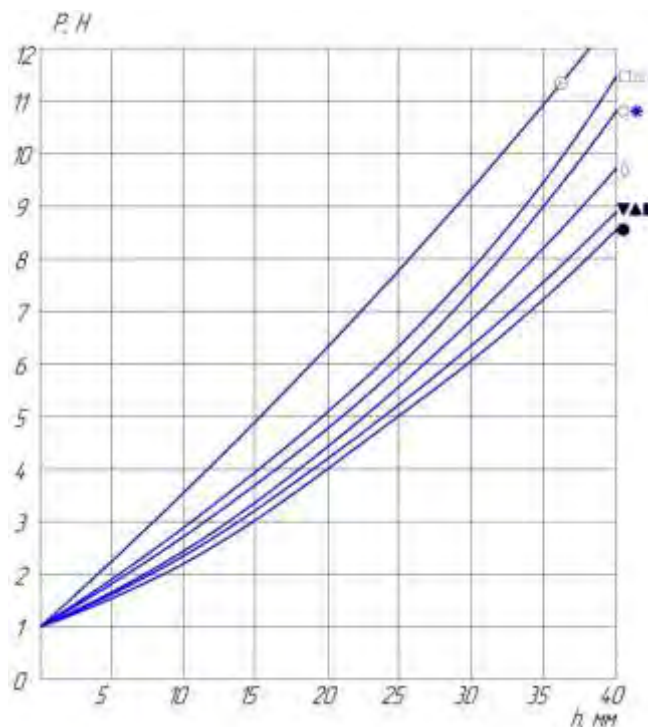


Рисунок 4.9 - Изменение усилий резания в зависимости от перемещения ножа
для контрольного и опытных образцов СМ

Согласно методике, описанной в разделе 2, нами был проведен цикл экспериментальных исследований. На рис. 4.9 представлены кривые

изменения усилий резания в зависимости от перемещения ножа, полученные для контрольного образца СМ, и образцов, произведенных с использованием технологии ВЦД. Скорость перемещения режущего органа – 20мм/мин.

Для того, чтобы полученные экспериментальные значения параметров возможно было использовать при прогнозировании состояния продукта при различных значениях параметров процесса, расчетах и проектировании технологического оборудования для выработки СМ, используя технологию ВЦД, экспериментальные кривые были описаны математическими функциями. Обработка экспериментальных данных в программе STATISTICA V5.5A позволила описать полученные зависимости функцией, представленной уравнением (4.1):

$$y = a + b \cdot e^{-c \cdot x} \quad (4.1)$$

Таблица 4.4

Результаты статистической обработки измерений усилий резания контрольных и опытных образцов СМ (при доверительной вероятности 0,95)

Кривая	a	b	c	R ²	Критерий Фишера
К	-21,69	22,71	-0,0103	0,999	6582,9
□, Δ	-5,989	7,076	-0,02219	0,999	4992,1
○, *	-4,989	6,035	-0,02378	0,999	8848,2
◇	-5,076	6,058	-0,02232	0,999	6429,7
■, ▲, ▼	-5,73	6,703	-0,0194	0,999	9267,0
●	-4,986	5,92	-0,02062	0,998	2801,7

Изменение усилий при перемещении конуса для определения коэффициента пенетрации при постоянной скорости его перемещения (20мм/мин и постоянной конуса 62,5мм²) представлено на рис. 4.10. В результате статистической обработки результатов экспериментов искомая зависимость была также описана уравнением (4.1):

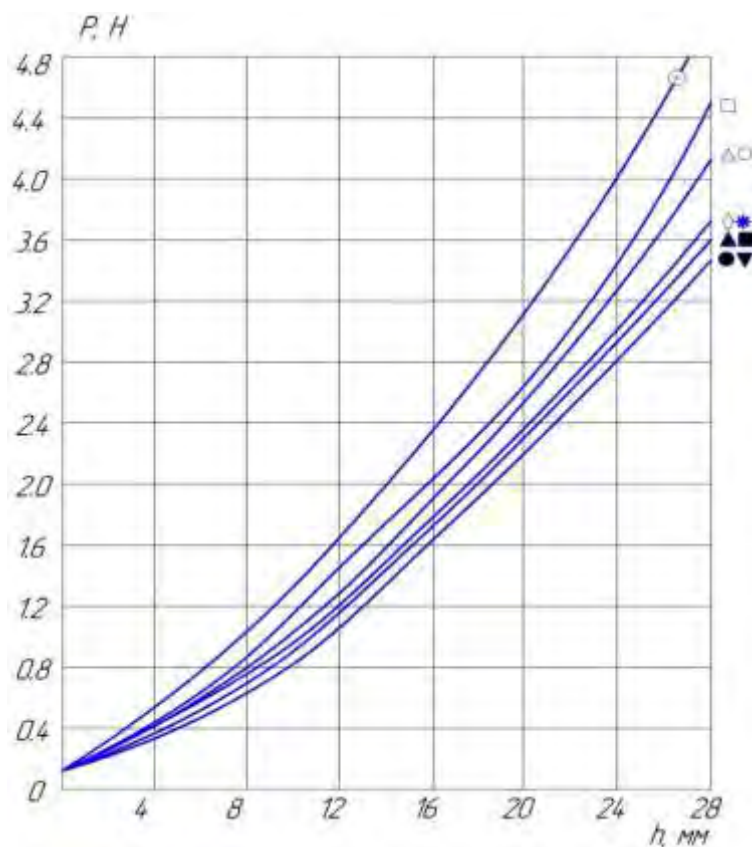


Рис. 4.10. Изменение усилий для перемещения конуса при определении коэффициента пенетрации контрольных и опытных образцов СМ

Таблица 4.5

Результаты статистической обработки измерения усилий при перемещении конуса для определения коэффициента пенетрации контрольных и опытных образцов СМ (при доверительном интервале 0,95)

Кривая	a	b	c	R ²	Критерий Фишера
К	-3,569	3,633	-0,03098	0,999	19912,2
□	-2,346	2,382	-0,03756	0,994	961,9

Продолжение таблицы 4.5

Δ, ○	-2,295	2,322	-0,03738	0,995	964,0
*, ◇	-3,426	3,413	-0,02669	0,999	7732,1
■, ▲	-6,001	5,82	-0,01793	0,998	3158,9
▼, ●	-4,568	4,39	-0,0219	0,997	1302,2

Сводная информация с результатами исследования реологических параметров СМ, обработанного ВЦД, полученных в результате компьютерной обработки данных универсальной испытательной машины SANS CMT2503 приведена в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Значения показателей «коэффициент пенетрации», «предельное напряжение среза», «работа резания» исследуемых образцов СМ

Значение показателей	Условное обозначение исследуемых образцов									
	К	□	Δ	○	*	◇	■	▲	▼	●
Коэффициент пенетрации, кН/м ²	15,86	11,52	10,56	10,56	10,56	9,32	8,54	8,54	8,54	7,95
Предельное напряжение среза, кН/м ²	36,78	37,14	37,14	37,99	37,99	38,12	39,04	39,04	39,04	39,97
Работа резания, Дж	216,89	199,97	199,97	197,07	197,07	194,52	186,75	186,75	186,75	182,65

4.4. Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на его компрессионные свойства

В связи с тем, что структура СМ, и, следовательно, его компрессионные характеристики продолжают формироваться после выхода его из маслообразователя в течение нескольких суток, в качестве объекта исследования было использовано СМ непосредственно после выхода его из маслообразователя, что в дальнейшем позволяет исключить из технологического процесса этап гомогенизации и термостатирование (на

данном этапе происходит образование вторичной коагуляционной структуры в готовом продукте, обладающей выраженными тиксотропными свойствами, улучшение консистенции масла, его структурно-механические свойства: эластичность, пластичность и др.), и заменить его обработкой ВЦД, которая оказывает на СМ аналогичное воздействие, но в более короткие сроки.

Точки на рис 4.11 соответствуют среднеарифметическому значению параметра при трехкратной повторности опыта. В связи с тем, что результаты экспериментальных исследований, полученные на измерительном комплексе, регистрируются на ПК как в цифровом виде (200 регистраций в секунду каждого из контролируемых параметров), так и в графическом виде, зависимости на рис. 4.11 получены как усредненные от 3-х зависимостей при исследовании каждого из образцов. На первом этапе экспериментальных исследований было исследовано влияние количества циклов нагружения на изменение относительного объема и плотности масла. Полученные в результате экспериментов результаты представлены на рисунке 4.11.

Анализ данных по изменению относительного объема и плотности СМ, в зависимости от количества циклов нагружения, показывает, что наибольшие изменения параметров происходят после 1 и 2-го циклов нагружения: относительный объем за первые 2 цикла уменьшается на 0,1 и за последующие 3 цикла – на 0,01 при $P_{\max}=230$ МПа и при $P_{\max}=350$ МПа уменьшение относительного объема составляет 0,13 и 0,01 соответственно. Плотность масла за первые 2 цикла увеличивается на 85 кг/м^3 за последующие 3 цикла – на 14 кг/м^3 при $P_{\max}=230$ МПа и при $P_{\max}=350$ МПа увеличение плотности происходит на 87 кг/м^3 и 16 кг/м^3 соответственно.

Выполнено нелинейное оценивание зависимостей с использованием кусочно-линейной регрессии и установлено, что точка разрыва функций соответствует 2-м циклам. Результаты математической обработки результатов эксперимента представлены в таблицах 4.7- 4.10. Доверительный интервал при этом составил 0,95.

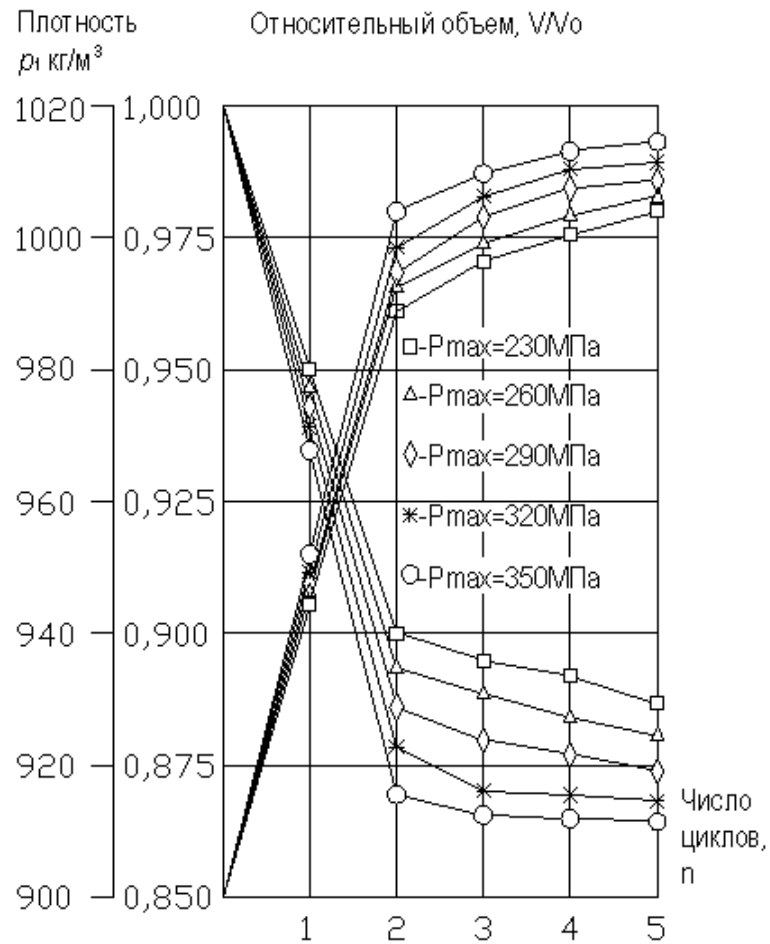


Рис. 4.11 Изменение относительного объема и плотности СМ в зависимости от количества циклов нагружения.

Таблица 4.7

Результаты математической обработки результатов эксперимента по изучению изменения относительного объема (до точки разрыва)

Давление, P _{max} , МПа	Вид функции до точки разрыва (n=2)	R ²	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F
230	$y = 0,852 + 0,056 \cdot x$	0,997	0,0003	1939
260	$y = 0,8532 + 0,058 \cdot x$	0,998	0,0002	2907
290	$y = 0,8533 + 0,06 \cdot x$	0,997	0,0003	1748
320	$y = 0,8537 + 0,0622 \cdot x$	0,995	0,0004	1048
350	$y = 0,8544 + 0,0646 \cdot x$	0,994	0,0003	922

Таблица.4.8

Результаты математической обработки результатов эксперимента по изучению изменения относительного объема (после точки разрыва)

Давление, P_{\max} , МПа	Вид функции после точки разрыва (n=2)	a	b	c	R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F
230	$y = a + b \cdot x + c \cdot x^2$	0,935	0,019	-0,001	0,997	0,0003	1939
260		0,946	0,013	-0,001	0,998	0,0002	2907
290		0,94	0,0182	-0,0018	0,997	0,0003	1748
320		0,942	0,019	-0,0019	0,995	0,0004	1048
350		0,956	0,014	-0,0014	0,994	0,0003	922

Таблица 4.9

Результаты математической обработки результатов эксперимента по изучению изменения плотности СМ в зависимости от количества циклов нагружения (до точки разрыва)

Давление, P_{\max} , МПа	Вид функции до точки разрыва (n=2)	R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F
230	$y = 1020,85 + 40,05 \cdot x$	0,968	0,66	137,8
260	$y = 1019,1 + 43,15 \cdot x$	0,99	0,35	398
290	$y = 1018,6 + 45,5 \cdot x$	0,98	0,4	272
320	$y = 1018,15 + 48,85 \cdot x$,97	0,52	150
350	$y = 1017,87 + 52 \cdot x$	0,922	0,53	154,9

Таблица 4.10

Результаты математической обработки результатов эксперимента по изучению изменения плотности СМ в зависимости от количества циклов нагружения (до точки разрыва)

Давление, P_{\max} , МПа	Вид функции после точки разрыва (n=2)	a	b	c	R^2	Стандартная ошибка	Критерий Фишера F
230	$y = a + b \cdot \sqrt{x} + c \cdot x$	974,4	-31,72	5,08	0,968	0,66	137,8
260		974,19	-38,92	7,33	0,99	0,35	398
290		988,3	-61,9	13,97	0,98	0,4	272
320		992,7	-74,67	17,6	,97	0,52	150
350		953,3	-39,6	9,1	0,922	0,53	154,9

Упругие свойства исследуемых образцов определяли в диапазоне давлений от 0,1 до 230 МПа и 350 МПа. В соответствии с методикой экспериментальных исследований, исследовали гистерезисные явления компрессионных показателей y исследуемых объектов; запись

контролируемых параметров осуществляли как в период увеличения давления от атмосферного до величины P_i , так и в обратном направлении, при уменьшении величины давления от значения P_i до атмосферного, где i – значение максимального давления при циклической обработке.

Исходными зависимостями, используемыми программным обеспечением исследовательского комплекса, являются зависимости изменения абсолютного и относительного объемов продукта.

Получены экспериментальные зависимости изменения абсолютного и относительного объемов продукта, плотности, модуля объемной упругости и коэффициента сжимаемости. Результаты исследований приведены на рис. 4.12-4.15.

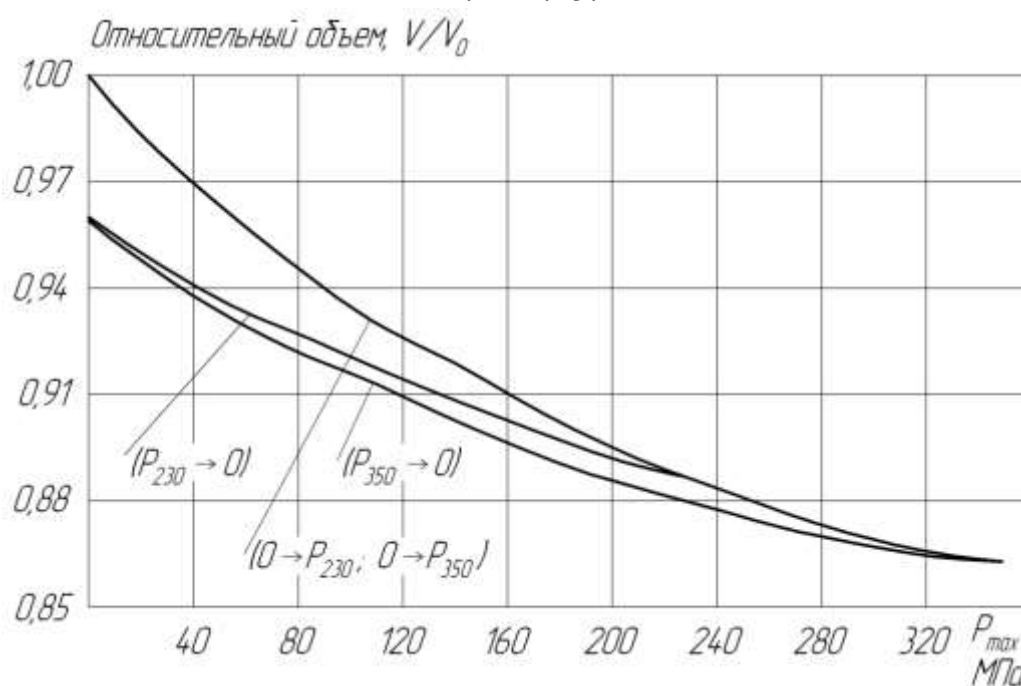


Рис. 4.12. Изменение относительного объема исследуемых образцов СМ при их обработке ВЦД

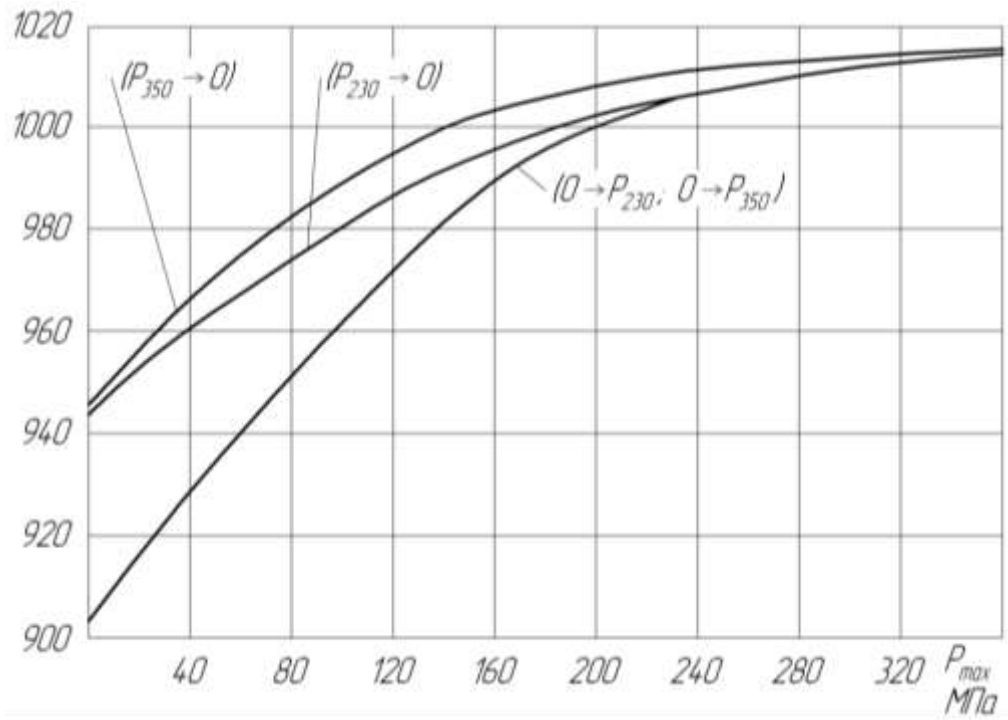


Рис. 4.13. Изменение плотности исследуемых образцов
СМ при их обработке ВЦД

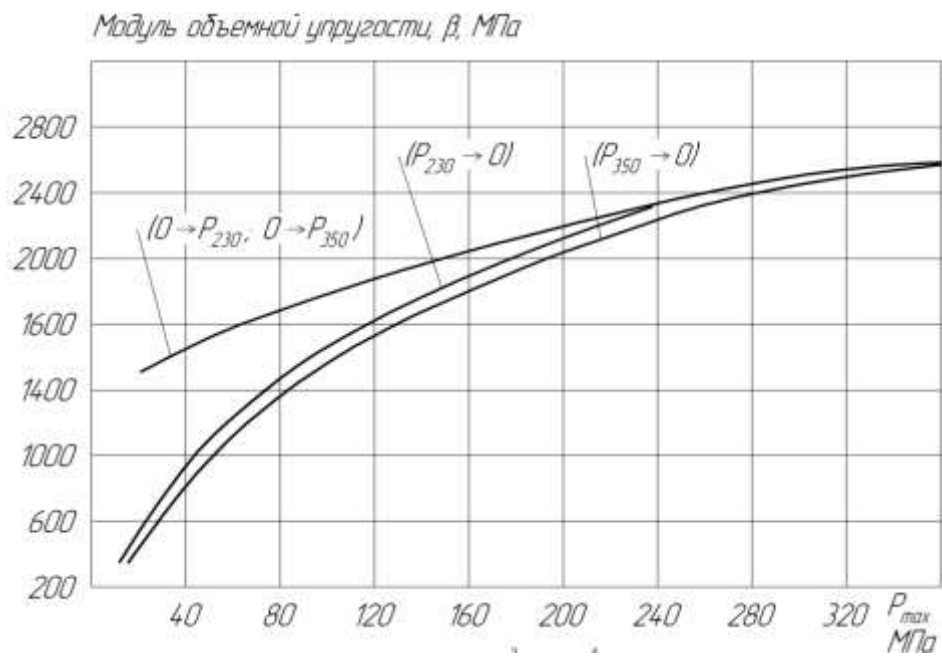


Рис. 4.14. Изменение модуля объемной упругости исследуемых
образцов СМ при их обработке ВЦД

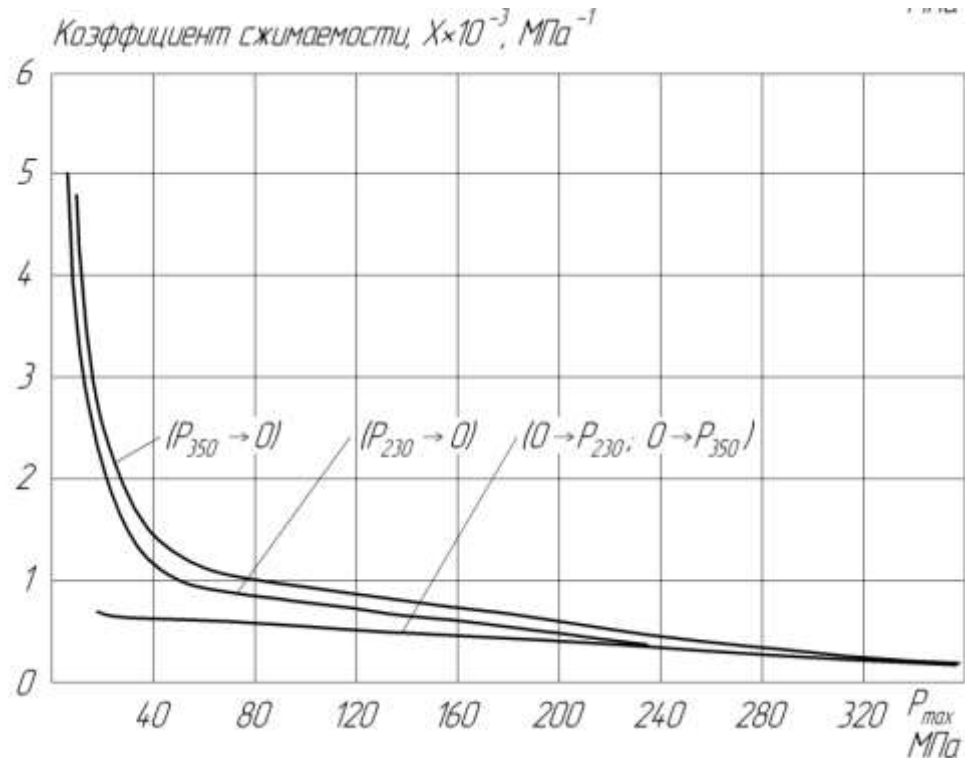


Рис. 4.15. Изменение коэффициента сжимаемости исследуемых образцов СМ при их обработке ВЦД

Результаты экспериментов были обработаны в программе STATISTICA V5.5A и получены функции (4.2) – (4.7):

$$V/V_0 = a + b P + c e^{-P/d} \quad (4.2)$$

$$\rho = a + b P + c e^{-P/d} \quad (4.3)$$

$$\beta = a + \frac{b \cdot (e^{cP} - 1)}{c} \quad \text{- при возрастании давления,} \quad (4.4)$$

$$\beta = a + b \cdot P + c \cdot e^{\frac{P}{d}} \quad \text{- при снижении давления,} \quad (4.5)$$

$$\chi = a + b \cdot P \quad \text{- при возрастании давления,} \quad (4.6)$$

$$\chi = a + b \cdot e^{\frac{P}{c}} + d \cdot e^{\frac{P}{g}} + h \cdot e^{\frac{P}{k}} \quad \text{- при снижении давления.} \quad (4.7)$$

Статистический анализ данных зависимостей представлен в таблице 4.11. Доверительный интервал для всех зависимостей составил 0,95 и коэффициент корреляции - 0,99.

Анализ полученных зависимостей показал, что в процессе обработки СМ ВЦД происходят следующие изменения его компрессионных показателей: относительный объем продукта при количестве циклов $n=5$ и максимальном давлении 230 МПа уменьшается до 0,88, и при максимальном давлении цикла 350 МПа – до 0,86; после снятия давления, как в первом, так и во втором случае данный параметр возрастает и составляет 0,96 от первоначального его значения; плотность продукта при тех же параметрах процесса ($n=5$, $P_{\max}=230$ МПа и 350 МПа) увеличивается на 10,9 % (с 905 кг/м³ до 1004 кг/м³) и на 12,5% (с 905 кг/м³ до 1018 кг/м³) соответственно; после снятия давления плотность снижается до значения 947 и 947 кг/м³, что составляет 4,4 и 4,6% от первоначального; значение модуля объемного сжатия при увеличении давления увеличивается практически в 17 раз (с $0,55 \times 10^{-3}$ МПа до $9,4 \times 10^{-3}$ МПа) и затем возвращается до величины $2,0 \times 10^{-3}$ МПа; изотермический коэффициент сжатия при подъеме давления снижается на 77,3 % (от $1,1 \times 10^{-3}$ до $0,25 \times 10^{-3}$ МПа⁻¹) и затем при снятии давления его значение превышает $4,5 \times 10^{-3}$ МПа⁻¹.

Таблица 4.11

Статистический анализ зависимостей изменения компрессионных показателей СМ под действием ВЦД

относительный объем						
Давление	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	Стандартная ошибка	Критерий Фишера <i>F</i>
0→P ₃₅₀	0,84	$-2,11 \cdot 10^{-5}$	0,157	206	$8,4 \cdot 10^{-4}$	29085
P ₂₃₀ →0	0,78	$7,77 \cdot 10^{-5}$	0,18	338	$7,6 \cdot 10^{-4}$	7170
P ₃₅₀ →0	0,49	$3,33 \cdot 10^{-4}$	0,46	579	$4,7 \cdot 10^{-4}$	39853
плотность						

Продолжение таблицы 4.11

Давление	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	Стандартная ошибка	Критерий Фишера <i>F</i>			
0→P ₃₅₀	1034,1	-0,005	-135,2	142,1	2,41	2390			
P ₂₃₀ →0	10359	-3,58	-9415,7	2317,3	0,38	21078			
P ₃₅₀ →0	1067,1	-0,1	-119,7	165,3	0,66	9904			
модуль объемной упругости									
Давление	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	Стандартная ошибка	Критерий Фишера <i>F</i>			
0→P ₃₅₀	1211	6,604	-0,004	-	9,15	17718			
P ₂₃₀ →0	1130	4,61	-1189	40,2	9,62	23421			
P ₃₅₀ →0	1556	2,61	-1591	75,7	17,7	10836			
коэффициент сжимаемости									
Давле ние	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>k</i>	Стандар тная ошибка	Крите- рий <i>F</i>
0→P ₃₅₀	$6,71 \cdot 10^{-4}$	$-1,48 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-	-	$1,9 \cdot 10^{-5}$	2197
P ₂₃₀ →0	-0,06	0,01	3,53	0,005	13,95	0,061	$2 \cdot 10^4$	$1,22 \cdot 10^{-4}$	552
P ₃₅₀ →0	-0,0017	0,014	4,07	0,005	14,69	0,003	773	$8,5 \cdot 10^{-5}$	1725

Установлено, что наибольшие изменения всех вышерассмотренных компрессионных показателей происходят при давлениях до 230 МПа, а, следовательно, для изменения структуры СМ достаточно давления до 230 МПа.

Полученные зависимости представляют несомненный интерес и являются исходными величинами при расчетах и проектировании соответствующего технологического оборудования.

Выводы по разделу 4

1. Обработка СМ ВЦД приводит к повышению показателя его термоустойчивости: в зависимости от режимов обработки опытных образцов СМ данный показатель составил 0,88-0,96 по сравнению с контрольным образцом, для которого данный показатель был равен 0,84.

2. Обработка СМ ВЦД приводит к изменениям характеристик дисперсности его компонентов:

- количество жировых шариков и по сравнению с контрольным образцом увеличивается на 1%, при этом их средняя площадь уменьшается на 4,6... 8,7%, и возрастает показатель их компактности на 4,7 и 7,1%;

- средняя площадь частиц влаги по сравнению с контролем уменьшилась на 15...16,8%, что способствует повышению его потребительских свойств, снижению скорости окислительных процессов и снижению скорости развития патогенной микрофлоры в СМ.

- количество воздушных пузырьков уменьшилось на 34,5...36,9% а средний их диаметр уменьшился на 30,6...33,2%.

3. При возрастании значений параметров процесса (P_{\max} , $v_{и\uparrow}$, $v_{и\downarrow}$, n) происходит уменьшение коэффициента пенетрации, работы резания и увеличение предельного напряжения среза.

4. В результате исследований компрессионных показателей СМ, обработанного ВЦД, впервые получены зависимости изменения плотности и относительного объема СМ, модуля объемной упругости и коэффициента сжимаемости от параметров процесса его обработки ВЦД.

РАЗДЕЛ 5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СМ ВЦД С ЦЕЛЬЮ СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО КАЧЕСТВА

5.1. Обоснование времени отбора образцов для исследования влияния параметров процесса обработки на стабилизацию качества СМ

В связи с тем, что эффект обработки ВЦД СМ проявляется в процессе его хранения, наиболее ярко разница между контрольными образцами продукта и образцами, обработанными ВЦД, проявляется через 3 месяца после выработки продукта (завершение этапа термостатирования СМ, снижение скорости окислительных реакций, время возникновения возможных микробиологических поражений и проявления типичных признаков пороков СМ) для определения рациональных параметров процесса обработки СМ ВЦД были использованы показатели СМ именно через 3 месяца после его выработки, а не непосредственно после его обработки ВЦД.

5.2. Исследование влияния параметров процесса обработки СМ ВЦД на изменение его свойств, описываемых химическими числами

Анализ априорной информации [50...55] показал, что за первые два месяца хранения СМ завершаются процессы формирования его структуры существенно замедляются окислительные процессы. Предположительно, в образцах, герметично упакованных и обработанных ВЦД, окислительные процессы протекают еще более медленно, т.к. резко уменьшается количество кислорода, участвующего в этих процессах. Исходя из вышеприведенных обстоятельств, в качестве объекта исследования были приняты образцы СМ, обработанные ВЦД и контрольные, через 3 месяца их выработки. Результаты исследований влияния параметров процесса обработки СМ ВЦД на динамику его показателей в процессе длительного хранения позволили нам сформировать область варьирования значений параметров процесса обработки. Параметры процесса при получении опытных образцов СМ,

обработанного ВЦД и условные обозначения экспериментальных точек на Рис. 5.1...5.6 приведены в табл. 3.1.

Графическая интерпретация результатов исследований приведена на рис. 5.1...5.6, где символом \odot отмечено значение исследуемого параметра для контрольного образца.

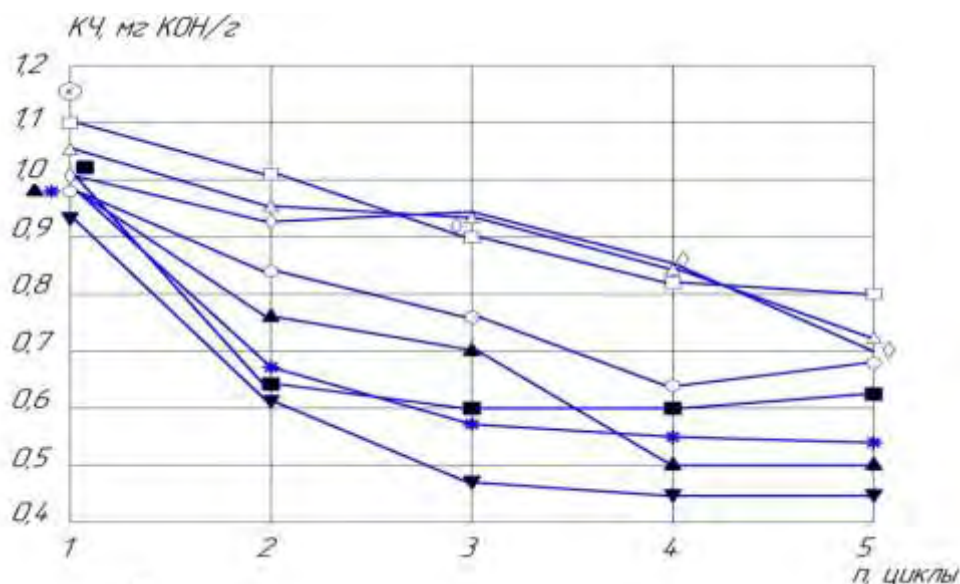


Рис. 5.1. Изменение величины КЧ в зависимости от параметров процесса n , P_{\max} , $v_{и\uparrow}$, $v_{и\downarrow}$

Анализ результатов, представленных на рис. 5.1 показывает, что наиболее существенное влияние на величину КЧ оказывают два параметра процесса: P_{\max} и n . Причем, после первого цикла в образцах с параметрами процесса 230-1-5 ($P_{\max} - v_{и\uparrow} - v_{и\downarrow}$) величина уменьшилась на 4,4%; в образцах с параметрами процесса 350-10-25 эта величина уменьшилась на 19,1%. В этих же образцах после 2-го цикла по сравнению с контрольным образцом КЧ уменьшилось на 12,2 и 49,6% и после 3-го цикла – на 21,8 и 60,9% соответственно. В дальнейшем, при увеличении количества циклов в образцах с невысокими значениями P_{\max} , $v_{и\uparrow}$ и $v_{и\downarrow}$ величина КЧ продолжает незначительно снижаться, в то же время в образце с параметрами 350-10-25 величина КЧ практически не изменяется.

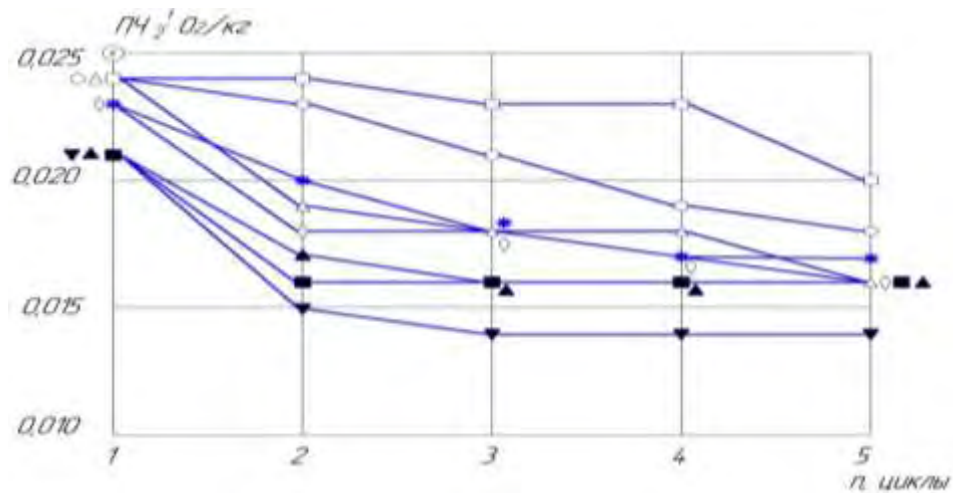


Рис. 5.2. Изменение величины ПЧ в зависимости от параметров процесса n , P_{\max} , $v_{и\uparrow}$, $v_{и\downarrow}$

Величина ПЧ наиболее существенно снижается после второго цикла. Так, в образцах с параметрами процесса 230-1-5, 230-5-10 и 230-10-25 после 1-го цикла величина ПЧ снизилась на 4%, в образцах с параметрами процесса 290-10-25 и 350МПа с любыми значениями $v_{и\uparrow}$ и $v_{и\downarrow}$ ПЧ снизилось на 19,1%. После 2-го цикла ПЧ образца 230-1-5 не изменилось; в образце 350-10-25 величина ПЧ снизилась на 51,3%. После 3-го цикла в данном образце величина ПЧ практически не изменялась.

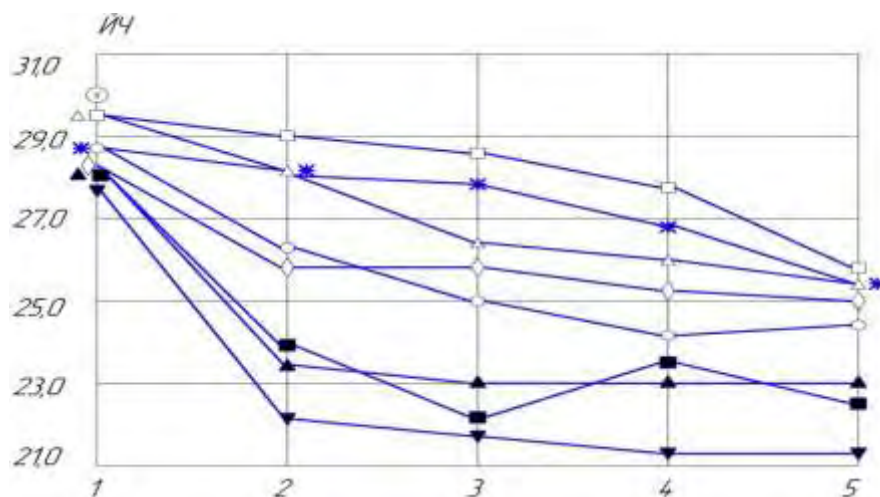


Рис. 5.3. Изменение величины ЙЧ в зависимости от параметров процесса n , P_{\max} , $v_{и\uparrow}$, $v_{и\downarrow}$

Влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на величину ЙЧ, аналогично предыдущему показателю, наиболее существенно зависит от n и

P_{\max} . Так, после 1-го цикла данный показатель в образцах с параметрами процесса 230-1-5 уменьшился на 2,7%; в образцах с параметрами процесса 350-10-25 эта величина уменьшилась на 7,3%. В этих же образцах после 2-го цикла по сравнению с контрольным образцом ЙЧ уменьшилось на 3,2 и 26,7% и после 3-го цикла – на 4,1 и 28,3% соответственно. В дальнейшем, при увеличении количества циклов в образцах с невысокими значениями P_{\max} , $v_{и\uparrow}$ и $v_{и\downarrow}$ величина ЙЧ продолжает незначительно снижаться, в то же время в образце с параметрами 350-10-25 величина ЙЧ практически не изменяется.

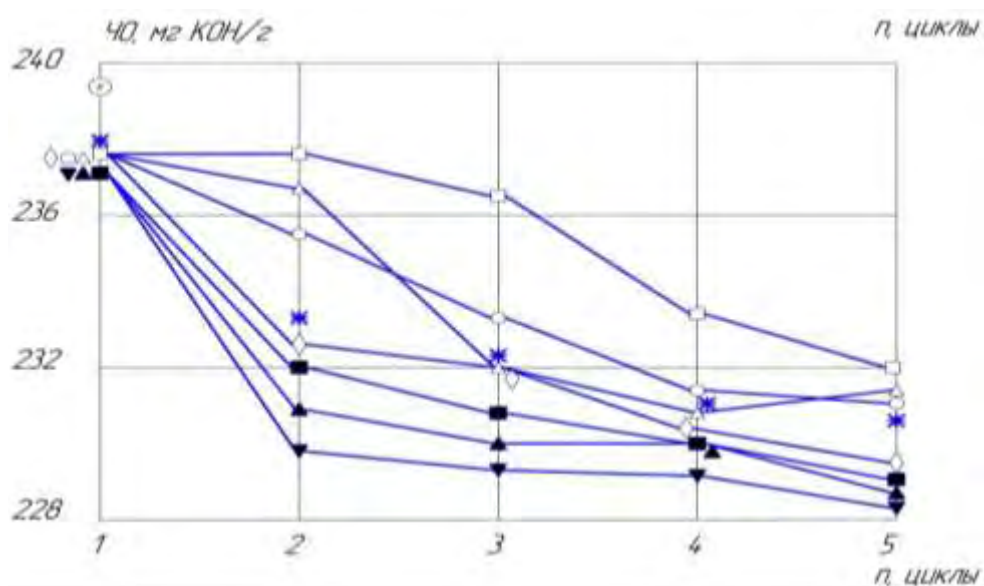


Рис. 5.4. Изменение величины ЧО в зависимости от параметров процесса n , P_{\max} , $v_{и\uparrow}$, $v_{и\downarrow}$

Темпы снижения величины ЧО в образцах с параметрами 230 МПа, 1, 5, 10 МПа/с невысокие и практически не изменяются при увеличении n . В образцах с $P_{\max} = 350$ МПа величина ЧО после 2-го цикла снизилась на 2,9-4,2%.

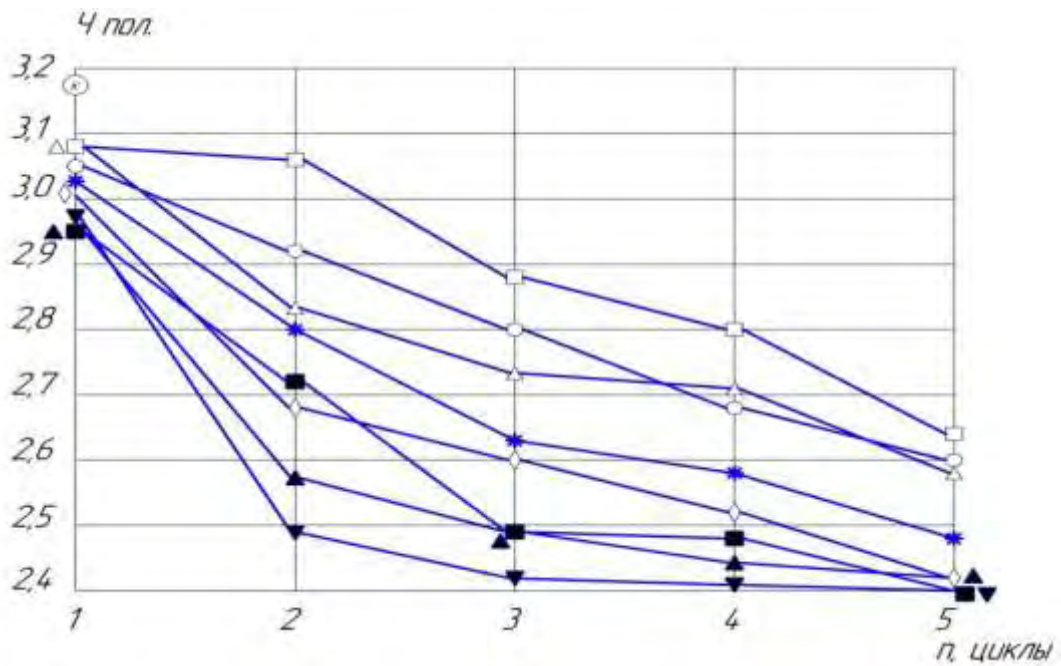


Рис. 5.5. Изменение величины $\text{Ч}_{\text{пол}}$ в зависимости от параметров процесса n , P_{max} , $v_{\text{и}\uparrow}$, $v_{\text{и}\downarrow}$

Обработка СМ ВЦД с параметрами процесса 230-1-5 практически не снижает величину $\text{Ч}_{\text{пол}}$. В то же время, при реализации процесса 350-5-10 и 350-10-25 данная величина уменьшается на 19,5-20,0%.

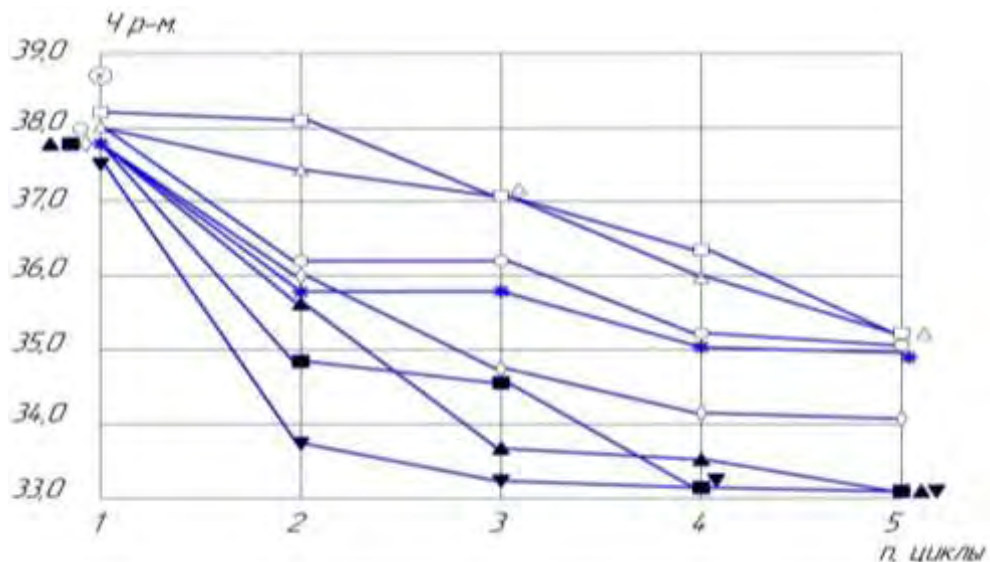


Рис. 5.6. Изменение величины $\text{Ч}_{\text{р-м}}$ в зависимости от параметров процесса n , P_{max} , $v_{\text{и}\uparrow}$, $v_{\text{и}\downarrow}$

Величина $Ч_{р-м}$ наиболее существенно уменьшается после 2-го и 3-го цикла в процессах, в которых $P_{max} = 350$ МПа и практически не уменьшается при обработке образцов СМ $P_{max} = 230$ МПа: при увеличении $v_{и↑}$ и $v_{и↓}$ данный показатель снижается на 0,3-4,0%.

Обобщение анализа полученных результатов позволило нам констатировать следующее: в исследуемом диапазоне значений параметров процесса контролируемые показатели существенно изменяются при значениях $n = 2$ и 3 [205]. Дальнейшее увеличение количества циклов до 5 практически не влияет на изменение исследуемых показателей. Наиболее сильно контролируемые показатели зависят от величины максимального давления P_{max} и затем уже оказывают влияние скорости подъема и сброса давления $v_{и↑}$ и $v_{и↓}$.

С целью проведения последующей процедуры оптимизации процесса обработки СМ ВЦД полученные результаты были обработаны методами математической статистики с применением программы STATISTICA V5.5A, что позволило получить функции (5.1-5.6), описывающие изменение исследуемых показателей в зависимости от количества циклов нагружения и различных параметров P_{max} , $v_{и↑}$ и $v_{и↓}$, приведенных в таблице 5.1. Доверительный интервал – 0,95.

$$KЧ_i = a_i + b_i n + c_i n^2, \quad (5.1)$$

где $KЧ_i$ - величина КЧ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{max}, n, v_{и↑}, v_{и↓})$;

- a_i , c_i , b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{max}, n, v_{и↑}, v_{и↓})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Значения коэффициентов уравнений изменения $KЧ$ в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл, обознач., i	a	b	c	R^2	F-statistics
□	1,242	-0,1466	0,01143	0,987	52,319
Δ	1,074	-0,02986	-0,007857	0,972	34,857
○	1,18	-0,2171	0,02286	0,969	31,200
*	1,302	-0,3914	0,04857	0,970	32,834
◇	0,958	0,04671	-0,01929	0,965	27,756
■	1,332	-0,4196	0,05643	0,928	12,915
▲	0,934	0,04514	-0,04286	0,965	27,424
▼	1,298	-0,4344	0,05357	0,988	81,830
●	1,243	-0,442	0,0035	0,985	78,679

$$ПЧ_i = a_i + b_i n + c_i e^{-\frac{n}{d}}, \quad (5.2)$$

где $ПЧ_i$ - величина ПЧ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Значения коэффициентов уравнений изменения $ПЧ$ в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл, обознач., i	a	b	c	d	R^2	F-statistics
□	5,186	-0,06049	-5,163	83,6	0,915	3,577
Δ	0,0209	-0,0009	181,5	0,09326	0,981	16,809
○	0,0262	-0,0017	-322,6	0,07475	0,988	28,555

Продолжение таблицы 5.2

*	-2,898	0,05107	2,925	52,57	0,999	59811,588
◇	0,0197	-0,0007	502	0,08518	0,990	32,105
■	0,016	2,545e-007	29,47	0,1152	1,000	30878294
▲	0,01517	0,000166	0,02167	0,7455	0,998	761,121
▼	0,01351	9,979e-005	0,04271	0,5699	0,999	3098,235
●	0,01413	9,954e-003	0,0324	0,4976	0,988	2948,534

$$ЧО = a_i (n - c_i)^{b_i} \quad (5.3)$$

где $ЧО_i$ - величина ЧО СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{i\uparrow}, v_{i\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i - коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{i\uparrow}, v_{i\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Значения коэффициентов уравнений изменения ЧО в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл, обознач., i	a	b	c	R^2	F-statistics
□	3290	-0,9844	-148,1	0,893	8,309831
△	233,7	-0,009631	0,8347	0,993	298,160
○	243,3	-0,02859	-1,278	0,959	47,405
*	233,7	-0,009631	0,8347	0,993	298,160
◇	233,4	-0,01045	0,8112	0,966	58,356
■	232,3	-0,00909	0,8955	0,998	1084,638
▲	231	-0,005502	0,9921	0,987	151,361
▼	229,9	-0,004101	0,9995	0,992	249,140
●	230,4	-0,0154	0,9874	0,991	235,143

$$ЙЧ_i = a_i e^{\frac{b_i}{n}}, \quad (5.4)$$

где $ЙЧ_i$ - величина ЙЧ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Значения коэффициентов уравнений изменения ЙЧ в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл, обознач., i	a	b	R^2	F-statistics
□	26,54	0,1146	0,737	8,302
Δ	25,2	0,1649	0,809	12,490
○	23,25	0,217	0,979	189,141
*	26,21	0,1028	0,735	8,248
◇	24,08	0,1707	0,949	75,05
■	21,18	0,2793	0,888	33,095
▲	21,23	0,2724	0,908	41,180
▼	19,49	0,3451	0,951	78,978
●	21,32	0,132	0,965	98,354

$$Ч_{Пол i} = a_i (n - c_i)^{b_i}, \quad (5.5)$$

где $Ч_{Пол i}$ - величина $Ч_{Пол}$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{\max}, n, v_{и\uparrow}, v_{и\downarrow})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Значения коэффициентов уравнений изменения $Ч_{Полі}$ в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл. обознач., i	a	b	c	R^2	F-statistics
□	1,627	-3,04	-74,9	0,949	18,427
△	2,925	-0,07334	0,5037	0,980	48,679
○	10,68	-0,5226	-9,985	0,998	809,615
*	3,058	-0,1277	-0,04417	0,988	171,387
◇	2,811	-0,09663	0,5371	0,985	128,785
■	2,88	-0,1181	0,1944	0,949	37,955
▲	2,577	-0,04825	0,9391	0,999	31830,868
▼	2,482	-0,02676	0,9986	0,996	568,685
●	2,265	-0,0354	0,9846	0,986	467,548

$$Ч_{p-m_i} = a_i n^{b_i}, \quad (5.6)$$

где $Ч_{p-m_i}$ - величина $Ч_{p-m}$ СМ, выработанного с использованием ВЦД при параметрах процесса $i = f(P_{max}, n, v_{и↑}, v_{и↓})$;

- a_i, c_i, b_i – коэффициенты уравнений при соответствующих параметрах процесса $i = f(P_{max}, n, v_{и↑}, v_{и↓})$.

Числовые значения коэффициентов и результаты статистического анализа полученных зависимостей приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Значения коэффициентов уравнений изменения $Ч_{p-m}$ в зависимости от параметров процесса и результаты статистического анализа данных зависимостей

Усл. обознач., i	a	b	R^2	F-statistics
□	38,81	-0,04867	0,796	11,561

Продолжение таблицы 5.6

Δ	38,37	-0,04516	0,839	15,551
○	37,88	-0,04876	0,926	51,233
*	37,49	-0,04678	0,914	31,952
◇	37,69	-0,06781	0,980	198,762
■	37,5	-0,08275	0,940	64,056
▲	37,66	-0,08563	0,958	91,536
▼	36,86	-0,08193	0,845	16,650
●	36,08	-0,0753	0,812	16,710

5.3. Выбор показателей СМ, учитываемых при оптимизации процесса и обоснование критериев оптимизации

При выборе показателей, которые целесообразно учитывать при проведении оптимизации процесса обработки СМ ВЦД руководствовались следующими соображениями. Микробиологическая безопасность продукта должна быть обеспечена независимо от величин параметров процесса, которые могут быть получены при оптимизации, так как этот показатель характеризует безопасность продукта. Показатели активности воды и дисперсности продукта непосредственным образом влияют на микробиологические процессы и его микробиологическую безопасность. Термостойкость и реологические показатели продукта характеризуют технологические и потребительские его свойства, проявляются непосредственно при употреблении продукта, а не в процессе его длительного хранения и не существенны для характеристики качества при длительном хранении.

Учитывая вышеперечисленные соображения, в качестве выходных параметров оптимизационной модели нами были приняты следующие основные показатели качества: y_1 – кислотное число (КЧ); y_2 – перекисное число (ПЧ); y_3 – йодное число (ЙЧ); y_4 – число омыления (ЧО); y_5 – число Поленске ($Ч_{п}$); y_6 – число Рейхерта-Мейссля ($Ч_{р-м}$).

5.4. Оптимизация параметров процесса обработки СМ ВЦД

Ранее проведенные исследования влияния параметров процесса на каждую из рассматриваемых характеристик качества СМ, обработанного ВЦД, не позволяют сделать однозначного вывода о наиболее целесообразных значениях параметров процесса, что привело к необходимости статистического планирования многофакторного оптимизационного эксперимента. Выбор оптимальных значений параметров исследуемого процесса проводили в несколько этапов.

Первый этап – построение математических моделей, которые адекватно описывают зависимость выходных параметров от управляемых факторов.

Для этого был реализован эксперимент. Основными факторами выбрали: $x_1 - P_{\max}$ – величина максимального давления (МПа), $x_2 - n$ – количество циклов поднятия и сброса давления. Для того, чтобы учесть различные значения скорости импульса подъема и сброса давления, было реализовано три режима изменения скоростей нагрузки: I – $v_{и\uparrow} - 1, v_{и\downarrow} - 5$ (МПа/с); II – $v_{и\uparrow} - 5, v_{и\downarrow} - 10$ (МПа/с); III – $v_{и\uparrow} - 10, v_{и\downarrow} - 25$ (МПа/с).

Уровни и интервалы варьирования факторов были выбраны, исходя из результатов предыдущих исследований. Кодирование факторов проводили по стандартными соотношениям. Эксперименты проводили согласно таблицам 5.7...5.9 и при этом применили рандомизацию эксперимента с использованием таблиц случайных чисел, чтобы исключить влияние систематических погрешностей, обусловленных внешними условиями. Каждый эксперимент выполняли в двойной повторности, а однородность результатов оценивали по критерию Кохрена.

Таблица 5.7

Условия планирования и результаты эксперимента для режима I: $v_{и\uparrow} - 1$ МПа/с, $v_{и\downarrow} - 5$ МПа/с

$P_{\max},$ МПа	X_1	n	X_2	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
350	1	5	1	0.5	0.016	23	228.5	2.42	33.1

Продолжение таблицы 5.7

350	1	1	-1	1.0	0.021	28	237	2.95	37.8
230	-1	5	1	0.8	0.020	26	232	2.65	35.2
230	-1	1	-1	1.1	0.024	30	238	3.08	38.3
290	0	3	0	0.57	0.018	28	232	2.63	35.8
290	0	5	1	0.55	0.017	25.5	230	2.48	35.0
350	1	3	0	0.70	0.016	23	230	2.50	33.6
290	0	1	-1	1.0	0.023	28.5	238	3.04	37.8
230	-1	3	0	0.9	0.023	28.5	236.5	2.87	37.0

Таблица 5.8

**Условия планирования и результаты
эксперимента для режима II: $v_{н\uparrow}$ - 5 МПа/с, $v_{н\downarrow}$ - 10 МПа/с**

P_{\max} , МПа	X_1	n	X_2	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
350	1	5	1	0.45	0.014	21.5	228.5	2.40	33.1
350	1	1	-1	0.90	0.021	28	237,0	2.97	37.6
230	-1	5	1	0.75	0.016	25.5	231,0	2.58	35.2
230	-1	1	-1	1.05	0.024	30	238,0	3.08	38.0
290	0	3	0	0.90	0.018	26	232,0	2.60	34.8
290	0	5	1	0.70	0.016	25.0	229.5	2.43	34.1
350	1	3	0	0.60	0.014	22	229,0	2.42	33.3
290	0	1	-1	1.00	0.023	28.0	238,0	3.00	37.8
230	-1	3	0	0.95	0.018	26.5	232,0	2.74	37.0

Таблица 5.9

**Условия планирования и результаты
эксперимента для режима III: $v_{н\uparrow}$ - 10 МПа/с, $v_{н\downarrow}$ - 25 МПа/с**

P_{\max} , МПа	X_1	n	X_2	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
350	1	5	1	0.42	0.013	21.0	228.0	2.40	33.1
350	1	1	-1	0.90	0.020	28,0	237,0	2.93	37.4
230	-1	5	1	0.65	0.018	24.5	231,0	2.60	35.0
230	-1	1	-1	1.00	0.024	28.5	238,0	3.06	38.0
290	0	3	0	0.60	0.016	22,0	231,0	2.50	34.7
290	0	5	1	0.63	0.016	22.5	229.0	2.40	33.1
350	1	3	0	0.45	0.013	21.5	228.5	2.41	33.2
290	0	1	-1	1.0	0.021	28.0	237,0	2.95	37.8
230	-1	3	0	0.75	0.021	25.0	233,0	2.80	36.2

Обработку результатов проводили по типовой методике статистической обработки экспериментальных данных [206].

Параллельные эксперименты в центре плана позволили сделать вывод, что уравнение регрессии первого порядка, полученное по результатам полного факторного эксперимента (ПФЭ), не может предоставить удовлетворительного математического описания модельных систем и необходимо перейти к планированию второго порядка, чтобы учесть оценки квадратичных эффектов факторов и построить адекватную математическую модель.

Статистическая обработка экспериментальных данных содержала вычисление оценок регрессионных коэффициентов, проверку их значимости, оценку воспроизводимости экспериментов и установление адекватности полученного регрессионного уравнения. При этом использовали статистические критерии Кохрена, Стьюдента и Фишера (при доверительной вероятности 95%).

Уравнения регрессии, которые адекватно описывают зависимость откликов y_i от управляемых факторов, были определены матричным способом в пакете Excel и имеют следующий вид:

для режима I:

$$\begin{aligned} y_1 &= 0,64 - 0,1x_1 - 0,21x_2 - 0,05x_1x_2 + 0,13x_1^2 + 0,10x_2^2, \\ y_2 &= 0,019 - 0,002x_1 - 0,003x_2 - 0,0003x_1x_2 + 0,001x_1^2 + 0,001x_2^2, \\ y_3 &= 27,11 - 1,75x_1 - 2x_2 - 0,25x_1x_2 - 0,92x_1^2 + 0,33x_2^2, \\ y_4 &= 232,61 - 1,83x_1 - 3,75x_2 - 0,625x_1x_2 + 0,33x_1^2 + 1,08x_2^2, \\ y_5 &= 2,65 - 0,12x_1 - 0,25x_2 - 0,025x_1x_2 + 0,03x_1^2 + 0,10x_2^2, \\ y_6 &= 35,71 - 1,00x_1 - 1,77x_2 - 0,4x_1x_2 - 0,37x_1^2 + 0,73x_2^2; \end{aligned}$$

для режима II:

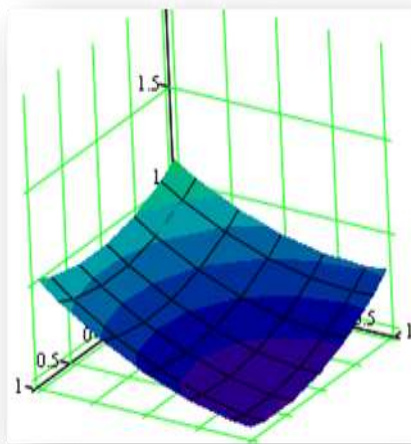
$$\begin{aligned} y_1 &= 0,87 - 0,13x_1 - 0,18x_2 - 0,04x_1x_2 - 0,08x_1^2 - 0,01x_2^2, \\ y_2 &= 0,017 - 0,002x_1 - 0,004x_2 + 0,0003x_1x_2 - 0,001x_1^2 + 0,002x_2^2, \\ y_3 &= 25,33 - 1,75x_1 - 2,33x_2 - 0,5x_1x_2 - 0,75x_1^2 + 1,5x_2^2, \\ y_4 &= 231,39 - 1,08x_1 - 4,00x_2 - 0,375x_1x_2 - 0,58x_1^2 + 2,67x_2^2, \\ y_5 &= 2,57 - 0,10x_1 - 0,27x_2 - 0,018x_1x_2 + 0,02x_1^2 + 0,16x_2^2, \end{aligned}$$

$$y_6 = 34,94 - 1,03x_1 - 1,83x_2 - 0,425x_1x_2 + 0,13x_1^2 + 0,93x_2^2;$$

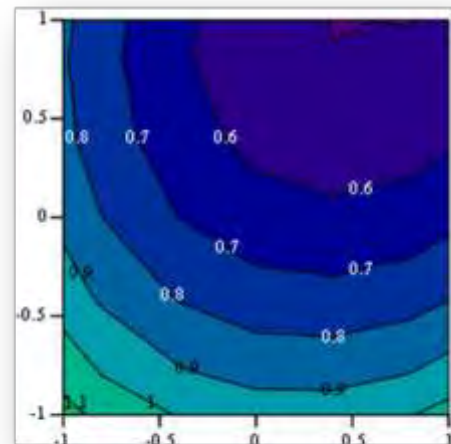
для режима III:

$$\begin{aligned} y_1 &= 0,63 - 0,11x_1 - 0,2x_2 - 0,03x_1x_2 - 0,05x_1^2 + 0,17x_2^2, \\ y_2 &= 0,016 - 0,003x_1 - 0,003x_2 - 0,0003x_1x_2 + 0,0005x_1^2 + 0,002x_2^2, \\ y_3 &= 22,44 - 1,25x_1 - 2,75x_2 - 0,75x_1x_2 + 0,58x_1^2 + 2,58x_2^2, \\ y_4 &= 230,67 - 1,42x_1 - 4,00x_2 - 0,5x_1x_2 + 0,25x_1^2 + 2,50x_2^2, \\ y_5 &= 2,51 - 0,12x_1 - 0,26x_2 - 0,018x_1x_2 + 0,08x_1^2 + 0,15x_2^2, \\ y_6 &= 34,51 - 0,92x_1 - 2,00x_2 - 0,325x_1x_2 + 0,28x_1^2 + 1,03x_2^2; \end{aligned}$$

Второй этап заключался в геометрической интерпретации и анализе регрессионных уравнений. Графическая интерпретация зависимостей y_i в виде поверхностей отклика и линий уровня представлена для всех режимов, соответственно на рисунках 5.7-5.12 для режима I, 5.13–5.18 для режима II и 5.19-5.24 для режима III. В целом все полученные результаты не противоречат известным результатам и отражают особенности процесса обработки СМ ВД.

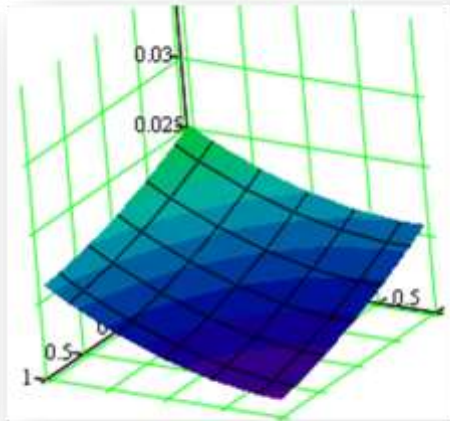


а

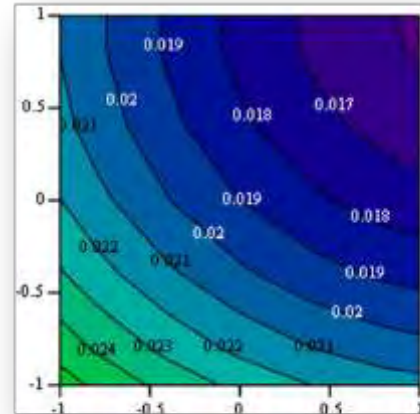


б

Рисунок 5.7. Поверхность отклика (а) и линии уровня для КЧ (б) при режиме I

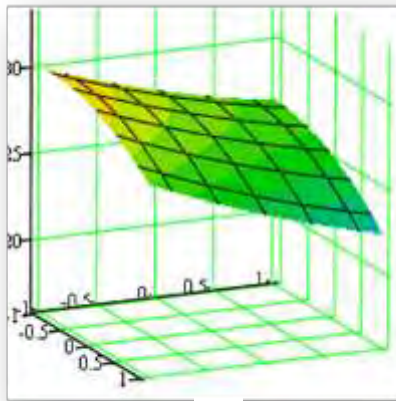


а

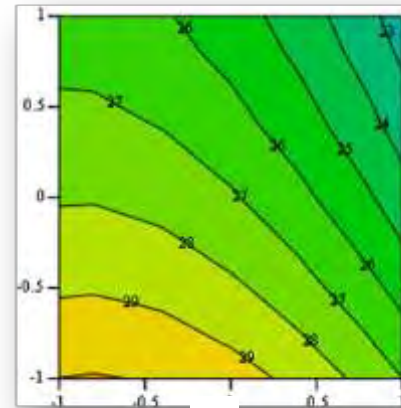


б

Рисунок 5.8. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ПЧ при режиме I

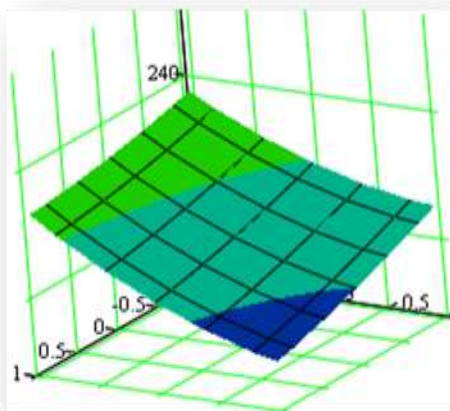


а

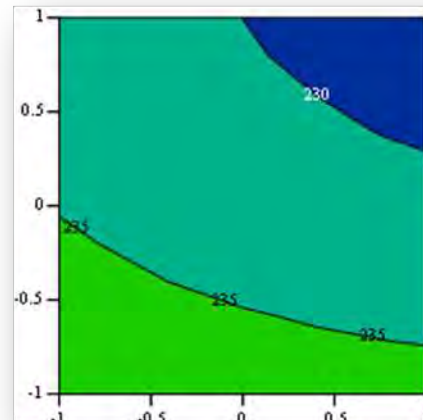


б

Рисунок 5.9. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) ЙЧ при режиме I

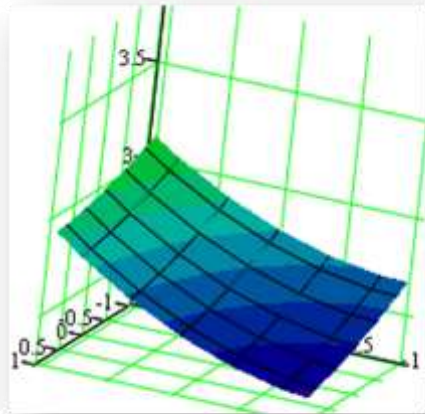


а

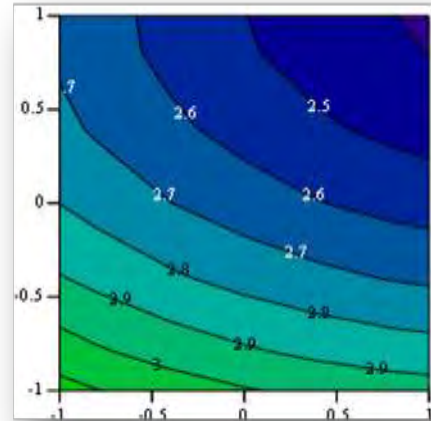


б

Рисунок 5.10. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЧО при режиме I

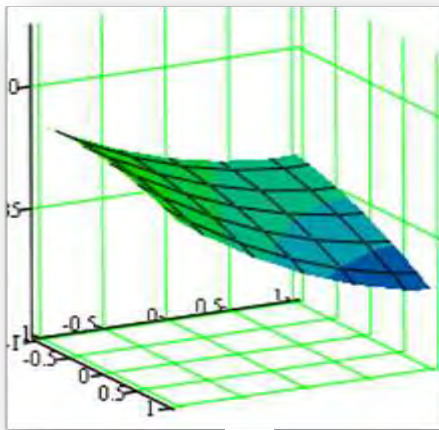


а

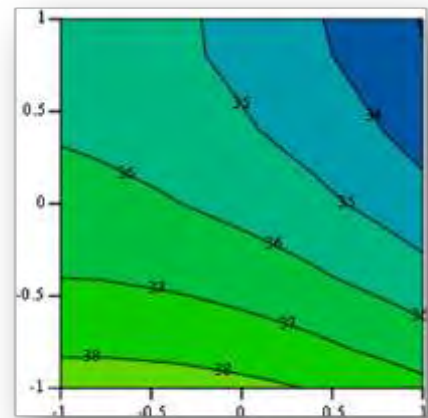


б

Рисунок 5.11. Поверхность отклика (а) и линии уровня для $\text{Ч}_{\text{П}}$ (б) при режиме I

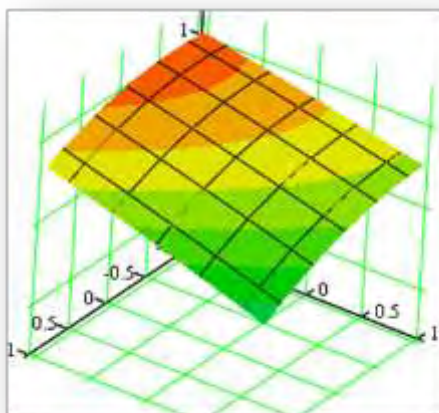


а

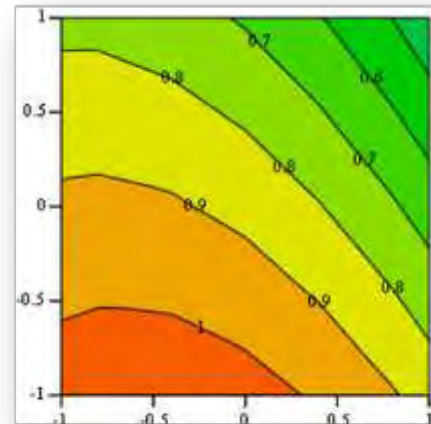


б

Рисунок 5.12. Поверхность отклика (а) и линии уровня(б) для $\text{Ч}_{\text{Р-М}}$ при режиме I

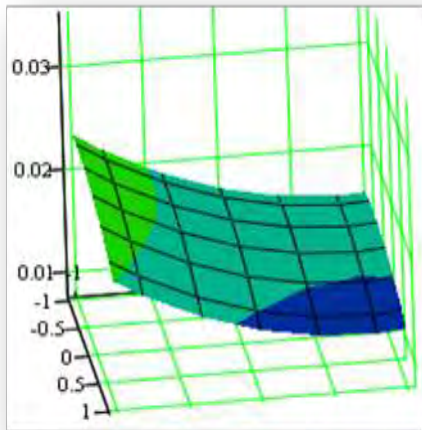


а

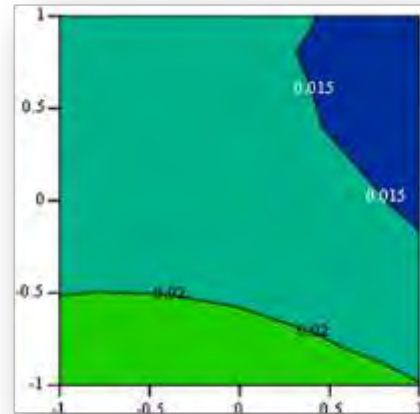


б

Рисунок 5.13. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для КЧ при режиме II

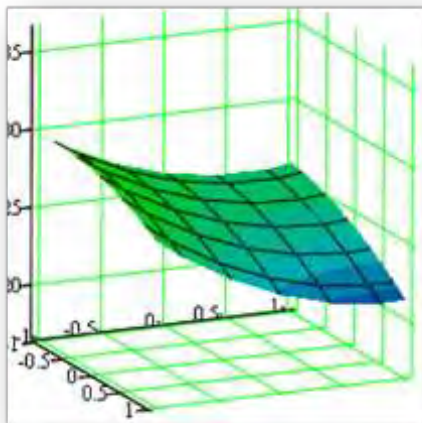


а

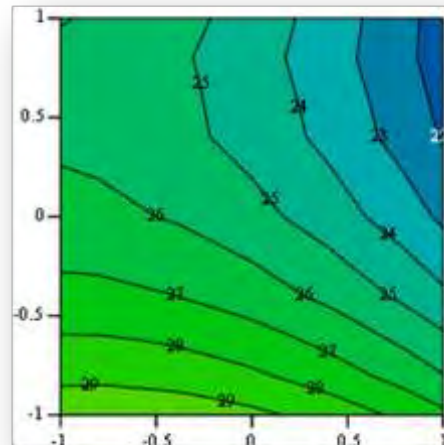


б

Рисунок 5.14. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ПЧ при режиме II

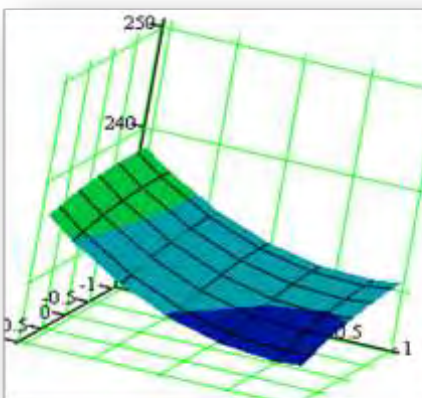


а

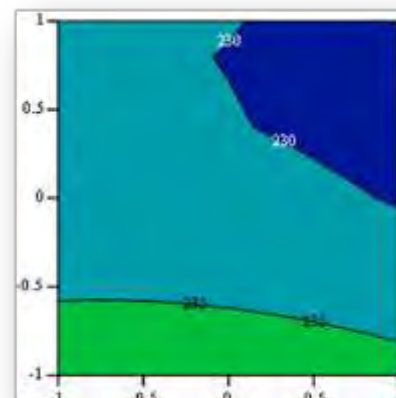


б

Рисунок 5.15. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЙО числа при режиме II

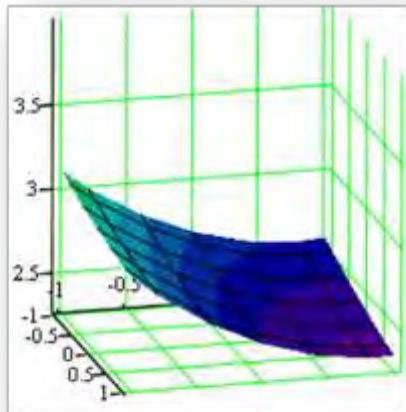


а

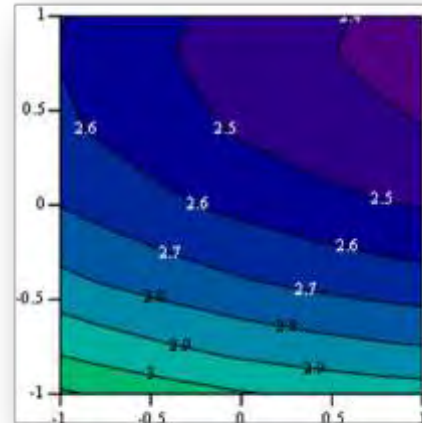


б

Рисунок 5.16. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЧО при режиме II

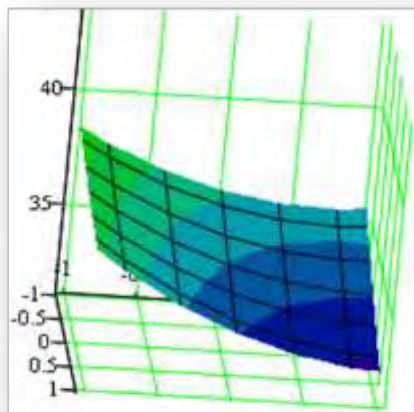


а

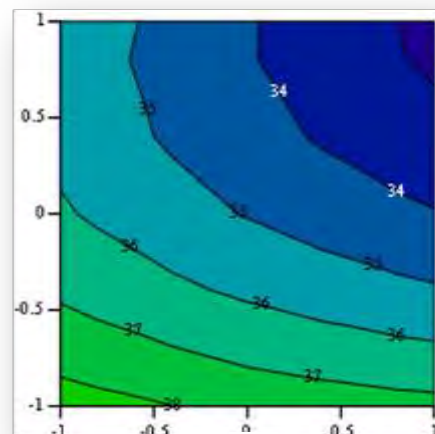


б

Рисунок 5.17. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЧП при режиме II

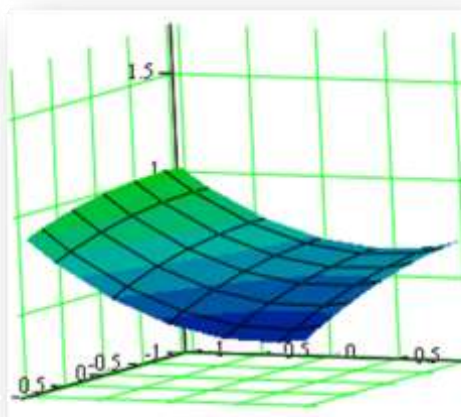


а

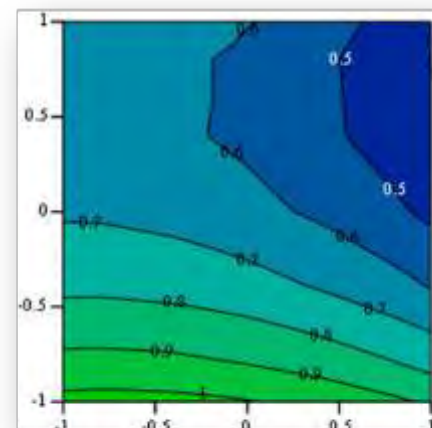


б

Рисунок 5.18. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЧР-М при режиме II

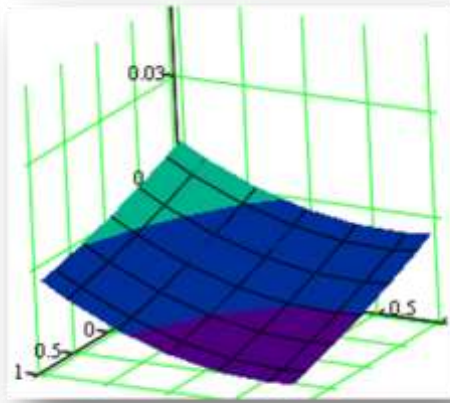


а

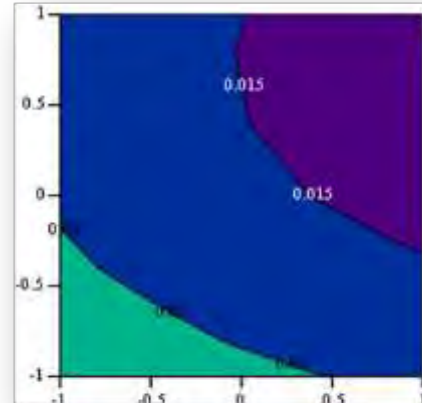


б

Рисунок 5.19. Поверхности отклика (а) и линии уровня (б) для КЧ при режиме III

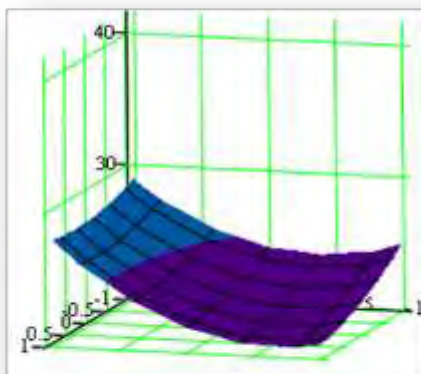


а

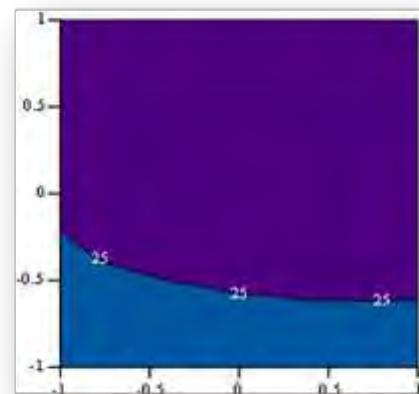


б

Рисунок 5.20. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ПЧ при режиме III

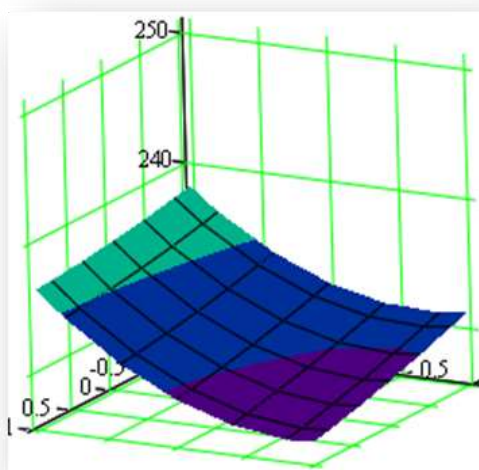


а

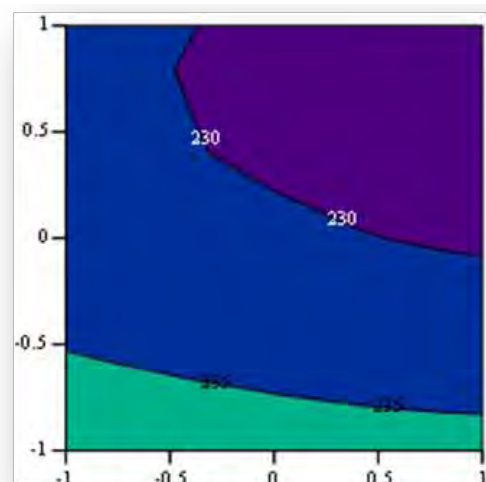


б

Рисунок 5^а. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЙЧ при режиме III

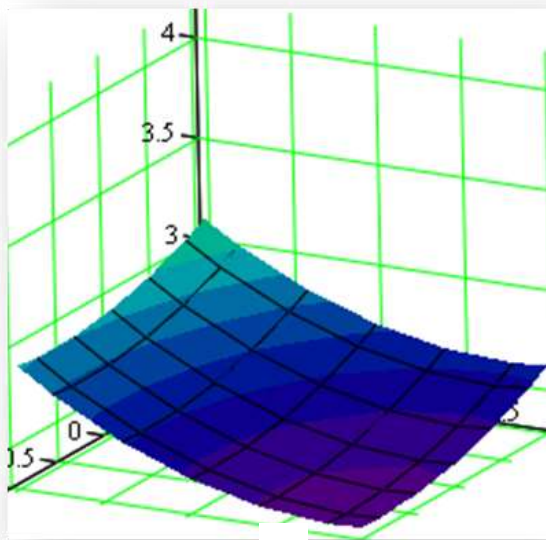


а

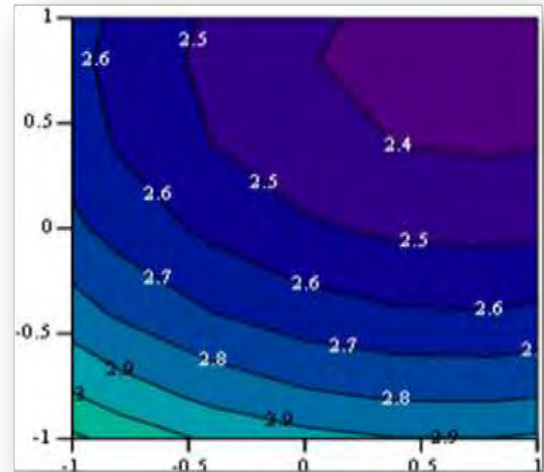


б

Рисунок 5.22. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для ЧО при режиме III

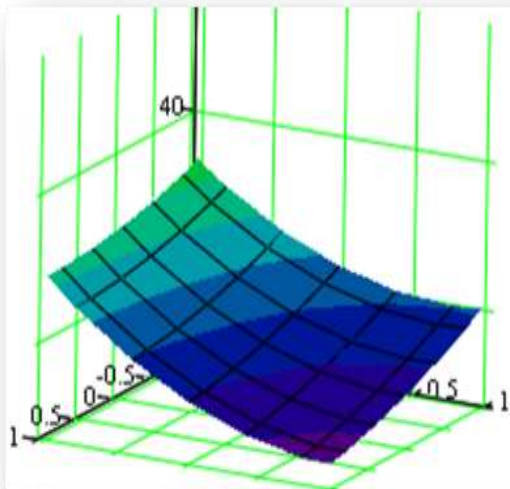


а

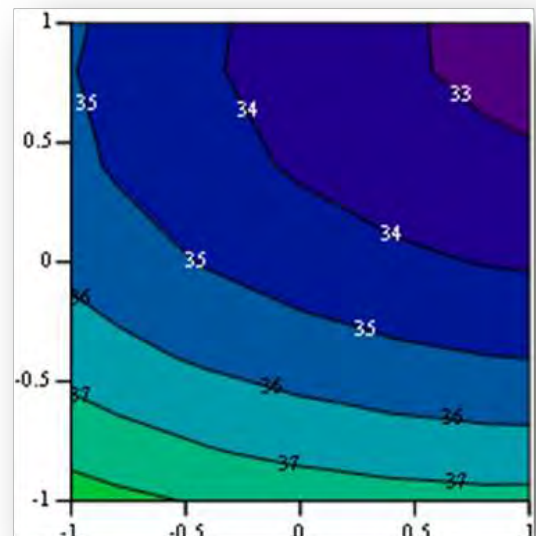


б

Рисунок 5.23. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для Ch_{II} при режиме III



а



б

Рисунок 5.24. Поверхность отклика (а) и линии уровня (б) для $\text{Ch}_{\text{P-M}}$ при режиме III

Анализ поверхностей отклика и линий уровня показывает, что минимальные значения исследуемых показателей находятся вблизи положительной границы факторных значений эксперимента. Это позволило

нам для нахождения экстремумов использовать методы классического анализа [206].

На третьем этапе определяли степень оптимизации по полученным функциям отклика. Для этого использовали показатель качества параметров оптимизации ε_y и показатель крутизны поверхностей отклика ξ_y .

$$\varepsilon_y = \left| \frac{\bar{y}}{y_{opt} - \bar{y}} \right|; \quad \xi_y = \left| \frac{y_{opt} - y_{nopt}}{y_{opt}} \right| \quad (5.7)$$

где \bar{y} – среднее арифметическое значение исследованных параметров;

y_{opt} – оптимальное значение параметра;

y_{nopt} – неоптимальное значение параметра в области исследования изменения факторов.

Таблица 5.10

Показатели параметров оптимизации

Режим	Параметр оптимизации	Показатель				
		y_{opt}	y_{nopt}	\bar{y}	ξ_y	ε_y
Режим I ($v_{и\uparrow} - 1$, $v_{и\downarrow} - 5$)	y_1	0,51	1,125556	0,019778	1,21179	0,040436
	y_2	0,015306	0,024972	0,019778	0,631579	4,42236
	y_3	22,52778	30,02778	26,72222	0,332922	6,370861
	y_4	227,8194	238,9861	233,5556	0,049015	40,71671
	y_5	2,379444	3,129444	2,735556	0,3152	7,681747
	y_6	32,91111	38,44444	35,95556	0,16813	11,81022
Режим II ($v_{и\uparrow} - 5$, $v_{и\downarrow} - 10$)	y_1	0,43	1,051389	0,018222	1,41853	0,043751
	y_2	0,013694	0,024028	0,018222	0,754564	4,02454
	y_3	21,5	29,66667	25,83333	0,379845	5,961538
	y_4	228,0139	238,1806	232,7778	0,044588	48,86297
	y_5	2,358056	3,108056	2,691111	0,318059	8,080067
	y_6	32,71944	38,45278	35,65556	0,175227	12,1438
Режим III ($v_{и\uparrow} - 10$, $v_{и\downarrow} - 25$)	y_1	0,41	1,023056	0,018	1,476799	0,045563

Продолжение таблицы 5.10

	y_2	0,01275	0,024417	0,018	0,915033	3,428571
	y_3	20,86111	28,86111	24,55556	0,383489	6,646617
	y_4	227,5	238,3333	232,5	0,047619	46,5
	y_5	2,356944	3,110278	2,672222	0,319623	8,475771
	y_6	32,58611	38,41944	35,38889	0,179013	12,62636

Четвертый этап заключался в поиске оптимальных значений параметров процесса. Исходя из приведенных выше данных, для оптимизации выбран параметр y_1 при фиксированных значениях y_2 и y_3 . При этом, независимые переменные y_i должны находиться в области эксперимента, границы которой определяются сферой радиуса R , описывающей область изменения факторов и являющейся ограничением на значение независимых переменных. Для решения поставленной задачи был использован метод неопределенных множителей Лагранжа [208]. Соответственно составлена функция цели и система уравнений Лагранжа:

а) для режима I

$$\left. \begin{aligned}
 F &= 0,64 - 0,1x_1 - 0,21x_2 - 0,05x_1x_2 + 0,13x_1^2 + 0,10x_2^2 + \lambda_1(0,019 - 0,002x_1 - 0,003x_2 - \\
 &- 0,0003x_1x_2 + 0,001x_1^2 + 0,001x_2^2 - y_2) + \lambda_2(27,11 - 1,75x_1 - 2x_2 - 0,25x_1x_2 - 0,92x_1^2 + \\
 &+ 0,33x_2^2 - y_3) + \lambda_3(x_1^2 + x_2^2 - R^2) \\
 \frac{\partial F}{\partial x_1} &= -0,1 - 0,05x_2 + 0,25x_1 + \lambda_1(-0,002 - 0,0003x_2 + 0,001x_1) + \\
 &+ \lambda_2(-1,75 - 0,25x_2 - 1,83x_1) + 2\lambda_3x_1 \\
 \frac{\partial F}{\partial x_2} &= -0,21x_2 - 0,05x_1 + 0,20x_2 + \lambda_1(-0,003 - 0,0003x_1 + 0,002x_2) + \\
 &+ \lambda_2(-2,00 - 0,25x_1 + 0,67) + 2\lambda_3x_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_1} &= 0,019 - 0,002x_1 - 0,003x_2 - 0,0003x_1x_2 + 0,0007x_1^2 + 0,001x_2^2 - y_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} &= 27,11 - 1,75x_1 - 2,00x_2 - 0,25x_1x_2 - 0,92x_1^2 + 0,33x_2^2 - y_3 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_3} &= x_1^2 + x_2^2 - R^2;
 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} 5. \\ 8 \end{array}$$

б) для режима II

$$\left. \begin{aligned}
 F &= 0,87 - 0,13x_1 - 0,18x_2 - 0,04x_1x_2 - 0,08x_1^2 - 0,01x_2^2 + \lambda_1(0,017 - 0,002x_1 - 0,004x_2 + \\
 &+ 0,0003x_1x_2 - 0,001x_1^2 + 0,002x_2^2 - y_2) + \lambda_2(25,33 - 1,75x_1 - 2,33x_2 - 0,5x_1x_2 - 0,75x_1^2 + \\
 &+ 1,50x_2^2 - y_3) + \lambda_3(x_1^2 + x_2^2 - R^2) \\
 \frac{\partial F}{\partial x_1} &= -0,13 - 0,04x_2 + 0,17x_1 + \lambda_1(-0,002 + 0,0003x_2 - 0,002x_1) + \\
 &+ \lambda_2(-1,75 - 0,5x_2 - 1,50x_1) + 2\lambda_3x_1 \\
 \frac{\partial F}{\partial x_2} &= -0,18x_2 - 0,04x_1 + 0,017x_2 + \lambda_1(-0,004 + 0,0003x_1 + 0,005x_2) + \\
 &+ \lambda_2(-2,33 - 0,5x_1 + 3,00) + 2\lambda_3x_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_1} &= 0,017 - 0,002x_1 - 0,004x_2 + 0,0003x_1x_2 - 0,001x_1^2 + 0,002x_2^2 - y_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} &= 25,33 - 1,75x_1 - 2,33x_2 - 0,5x_1x_2 - 0,75x_1^2 + 1,50x_2^2 - y_3 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_3} &= x_1^2 + x_2^2 - R^2;
 \end{aligned} \right\} 5.9$$

в) для режима III

$$\left. \begin{aligned}
 F &= 0,63 - 0,11x_1 - 0,2x_2 - 0,03x_1x_2 - 0,05x_1^2 + 0,17x_2^2 + \lambda_1(0,016 - 0,003x_1 - 0,003x_2 - \\
 &- 0,0003x_1x_2 + 0,001x_1^2 + 0,002x_2^2 - y_2) + \lambda_2(22,44 - 1,25x_1 - 2,75x_2 - 0,75x_1x_2 + 0,58x_1^2 + \\
 &+ 2,58x_2^2 - y_3) + \lambda_3(x_1^2 + x_2^2 - R^2) \\
 \frac{\partial F}{\partial x_1} &= -0,11 - 0,03x_2 - 0,1x_1 + \lambda_1(-0,003 - 0,0003x_2 + 0,001x_1) + \\
 &+ \lambda_2(-1,25 - 0,75x_2 + 1,17x_1) + 2\lambda_3x_1 \\
 \frac{\partial F}{\partial x_2} &= -0,2x_2 - 0,03x_1 + 0,33x_2 + \lambda_1(-0,003 - 0,0003x_1 + 0,004x_2) + \\
 &+ \lambda_2(-2,75 - 0,75x_1 + 5,17) + 2\lambda_3x_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_1} &= 0,016 - 0,003x_1 - 0,003x_2 - 0,0003x_1x_2 + 0,0005x_1^2 + 0,002x_2^2 - y_2 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} &= 22,44 - 1,25x_1 - 2,75x_2 - 0,75x_1x_2 + 0,58x_1^2 + 2,58x_2^2 - y_3 \\
 \frac{\partial F}{\partial \lambda_3} &= x_1^2 + x_2^2 - R^2.
 \end{aligned} \right\} 5.10$$

где F – целевая функция Лагранжа;

- λ – неопределенный множитель Лагранжа.

Для решения систем уравнений (5.8)-(5.10) с последующим вычислением значений функций отклика была реализована оптимизация в

пошаговом режиме для значений $0 \leq R \leq 1.0$ в интегрированном пакете MAPLE 13. Результаты решения указанных выше систем Лагранжа приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Оптимальные значения факторов, параметров и функций отклика

Режим	x_1	x_2	λ_1	λ_2	λ_3	y_1	y_2	y_3
1	1	1	-2520,09	1	0,29	0,51	0,015	22,53
1	1,03	0,92	-3592,68	1	-0,24	0,52	0,015	22,52
2	1,01	0,83	-788,3	1	0,56	0,43	0,014	21,5
3	1,06	0,57	4338,2	1	4,24	0,39	0,013	20,59
3	1,01	0,72	-779,58	1	-0,36	0,41	0,013	20,59

Полученные оптимальные (минимальные в нашем случае) значения функций отклика достигаются при $n = 4 \div 5$ и $P_{\max} = 340 \div 350$ МПа, что не является рациональным с технологической точки зрения (относительно низкая производительность и энергоемкость оборудования). Учитывая данное обстоятельство, в таблице 5.12 приведены результаты анализа значений показателей процесса при значениях управляемых факторов, которые являются близкими к оптимальным для более рациональных второго и третьего режимов, и произведена оценка относительного отклонения значений параметров оптимизации для двух рассматриваемых режимов изменения параметров процесса.

Таблица 5.12

Относительные отклонения значений параметров оптимизации в двух режимах изменения давления (МПа/с) при $n=3$, $P_{\max} = 320$ МПа

Режим	Параметр оптимизации	Показатель			
		y_{opt}	y_p	Δy	$\xi_y, \%$
$v_{и\uparrow} - 5,$ $v_{и\downarrow} - 10$	y_1	0,43	0,78	0,35	81,2
	y_2	0,014	0,016	0,002	14,3
	y_3	21,50	24,27	2,77	12,9
$v_{и\uparrow} - 10,$ $v_{и\downarrow} - 25$	y_1	0,40	0,57	0,17	42,5
	y_2	0,013	0,015	0,002	15,4
	y_3	20,59	21,97	1,38	6,7

В связи с этим принято решение сузить диапазоны изменения факторов планирования эксперимента и значений скорости поднятия и сброса давления при условии нахождения значения параметров оптимизации в приведенных выше диапазонах (таблица 5.13).

В результате анализа значений показателей процесса при значениях управляемых факторов, которые являются близкими к оптимальным для более рациональных второго и третьего режимов, произведена оценка относительного отклонения значений параметров оптимизации для двух рассматриваемых режимов изменения параметров процесса и получены следующие значения оптимальных режимов обработки СМ ВЦД: величина максимального давления, МПа - $P_{\max} = 320-340$; количество циклов нагружения, $n = 2-3$; скорость подъема давления, МПа/с, $v_{и\uparrow} = 7-10$; скорость сбрасывания давления, МПа/с, $v_{и\downarrow} = 15-25$, что обеспечило производство СМ с химическими числами, указывающими на увеличение его стойкости и стабильности качества в процессе длительного хранения (табл. 5.14) [205].

Таблица 5.13

Координаты области изменения факторов и значений параметров оптимизации

Факторы				Функции отклика					
P_{\max} , МПа	n	$v_{и\uparrow}$, МПа/с	$v_{и\downarrow}$, МПа/с	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6
320	2	7	15	0,76	0,019	27,1	234,1	2,75	36,3
330	2	7	15	0,77	0,019	26,7	233,9	2,74	36,1
340	2	7	15	0,79	0,019	26,2	233,7	2,73	35,9
320	3	7	15	0,62	0,018	26,0	231,8	2,59	35,1
330	3	7	15	0,63	0,017	25,5	231,5	2,58	34,9
340	3	7	15	0,64	0,017	25,0	231,3	2,57	34,6
320	2	10	20	0,88	0,019	25,9	233,4	2,71	35,7
330	2	10	20	0,84	0,018	25,5	233,2	2,70	35,6
340	2	10	20	0,80	0,018	25,1	232,9	2,69	35,5
320	3	10	20	0,78	0,016	24,3	230,7	2,53	34,5
330	3	10	20	0,75	0,016	23,8	230,4	2,51	34,3
340	3	10	20	0,70	0,015	23,3	230,1	2,50	34,2
320	2	10	20	0,72	0,017	24,2	232,8	2,65	35,5
330	2	10	20	0,69	0,017	24,1	232,6	2,64	35,4
340	2	10	20	0,67	0,016	24,1	232,5	2,65	35,3
320	3	10	20	0,57	0,015	22,0	230,0	2,48	34,1
330	3	10	20	0,54	0,015	22,0	229,8	2,47	34,0
340	3	10	20	0,51	0,014	21,8	229,7	2,47	33,9

Таблица 5.14

Изменение химических чисел СМ в результате его обработки ВЦД

Наименование показателя	Значение показателя (химического числа)		
	непосредственно после выхода из маслообразователя	контроль СМ через 3 месяца хранения	опытные образцы СМ через 3 месяца хранения
Кислотное число, мгКОН/г	1,15	1,16	0,51–0,57
Перекисное число, ($\frac{1}{2}O_2$)/кг	0,024	0,025	0,014–0,016
Йодное число, $I_2/100$ г	30	26	22-24
Число омыления, мгКОН/г	228	241	229–233
Число Поленске	3,15	3,25	2,45–2,55
Число Рейхерта-Мейссля	26,5	40	33-35

Выводы по разделу 5

1. Впервые получены функциональные зависимости, описывающие влияние параметров процесса обработки СМ ВЦД на изменение его свойств, характеризуемые химическими числами.
2. Показано, что обработка СМ ВЦД повышает стойкость и стабилизирует его качество в процессе длительного хранения.
3. На основании метода неопределенных множителей Лагранжа была построена оптимизационная модель, которая позволила получить следующие значения оптимальных режимов обработки СМ ВЦД: величина максимального давления, МПа - $P_{\max} = 320-340$; количество циклов нагружения, $n = 2-3$; скорость подъема давления, МПа/с, $v_{и\uparrow} = 7-10$; скорость сбрасывания давления, МПа/с, $v_{и\downarrow} = 15-25$, что обеспечивает производство СМ с химическими числами, указывающими на увеличение его стойкости и стабильности качества в процессе длительного хранения.

РАЗДЕЛ 6

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

6.1. Разработка аппаратурно-технологической схемы производства СМ с использованием ВЦД

Аппаратурно-технологическая схема производства СМ способом преобразования высокожирных сливок с использованием технологии ВЦД приведена на рис. 6.1. В основу предлагаемой схемы была положена модернизированная поточная линия П8-ОЛУ производительностью 1000 кг/ч, доукомплектованная автоматом фасовки и герметичной упаковки масла (13), установкой ВЦД (14) и столом для сушки проточным воздухом (15).

Вышеперечисленными составляющими могут быть доукомплектованы автоматизированная линия П8-ОЛФ производительностью 1000 кг/ч, или поточная линия А1-ОЛН аналогичной производительности, включающая вакуум – маслообразователь.

6.2. Подбор оборудования для включения в технологическую линию выработки производства СМ

В настоящее время ведущими мировыми производителями оборудования для обработки пищевых продуктов ВД статическим и ВЦД выпускаются десятки моделей. С учетом конкретных требований к величине технологических параметров процесса, производительности оборудования и других санитарно-гигиенических требований для использования в разработанной аппаратурно-технологической схеме может быть рекомендовано оборудование, выпускаемое рядом ведущих фирм-изготовителей (табл. 6.1). Внешний вид рекомендуемого оборудования приведен на рис. 6.2, 6.3.

Исходя из производственной программы цеха по выработке производства СМ, аппаратурно-технологическая схема может включать как одну установку, так и несколько, включенных параллельно.

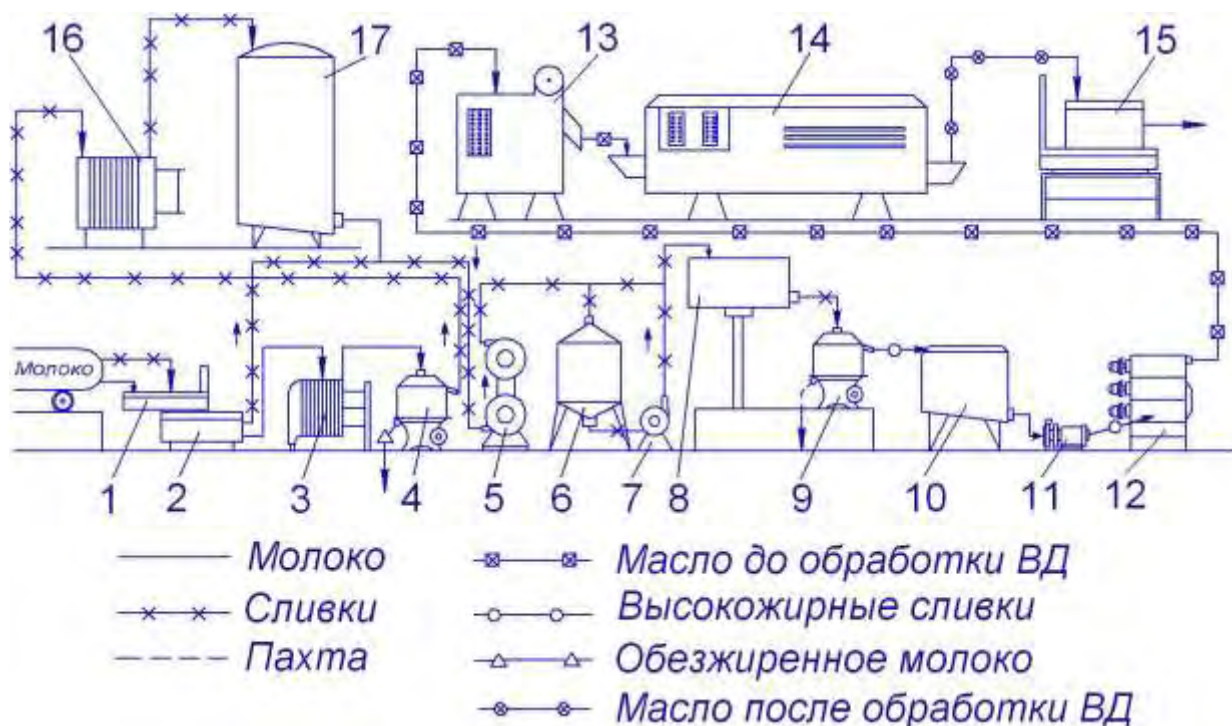


Рис. 6.1. Схема технологического процесса производства сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок с применением технологии ВЦД.

1- весы; 2 – приемная ванна; 3- пластинчатый теплообменник; 4 – сепаратор сливоотделитель; 5 – трубчатый пастеризатор; 6 – дезодорационная установка; 7 – насос для сливок; 8 – напорный бак; 9 – сепаратор для высокожирных сливок; 10 – ванна для высокожирных сливок; 11 – ротационный насос; 12 – маслообразователь; 13 – автомат фасовки и герметичной упаковки масла; 14 – установка высокого циклического давления; 15 – стол для сушки воздухом; 16 – охладитель пластинчатый; 17 – емкость для резервирования сливок.

Таблица 6.1

**Перечень оборудования, рекомендуемого для включения в
аппаратурно-технологическую линию выработки СМ длительного срока
хранения**

Страна	Компания-производитель	Модель	Технические характеристики			
			V (литр)	t (С)	P (МПа)	Масса, m (тонн)
США	Avure	35L-600 HPP System	35	50	600	8
		QFP 215L-600	215	50	600	37
		QFP 320L-400	320	40-95	140-400	36
		QFP 100L-600	100	50	600	46
		QFP 350L-600	350	50	600	46
		687L-310	687	50	310	46
Германия	Multivac	HPP 055	55	-	600	17
		HPP 160	160	-	600	45
		HPP 350	350	-	600	55
		HPP 700	700	-	600	100
Испания	Hiperbaric	55HT	55	90	630	-
Япония	Kobelco	E1	130	80	392	-
		E2	20	80	290	-
		E3	55	80	686	-
Китай	CHIC	FresherTech H200	400	90	600	18

Следует отметить, что, в связи с тем, что диапазон значений параметров процесса обработки продукта в рекомендуемом оборудовании достаточно широкий, и включает параметры процесса обработки других продуктов из молока ВЦД, при соответствующей логистике работы различных цехов предприятия по выработке продукции из молока, установки ВЦД могут быть использованы при производстве молока, йогурта, мягких сыров и другой продукции с высокими потребительскими свойствами длительного срока хранения.

6.3. Разработка технических условий «Масло сливочное супер»

Результаты диссертационных исследований были использованы при разработке технических условий ТУ У 15.5-01566057-029:2012 «Масло сливочное супер». В разделе «Гермины и определения понятий» дано определение и отличительные признаки масла сливочного супер;

Технические условия ТУ У содержат классификацию, общие технические требования, характеристики продукта, требования к сырью и маркировке, упаковке, безопасности продукта, условиям транспортировки и хранения, методам приемки и контроля.

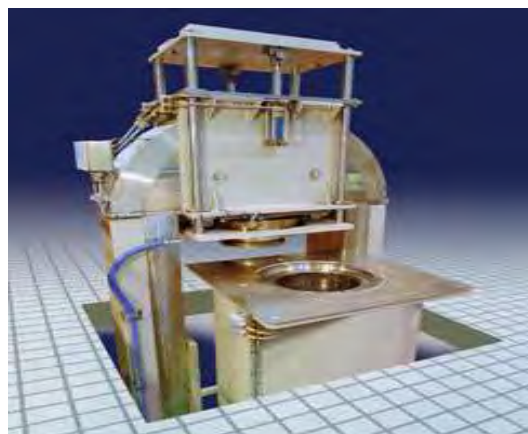
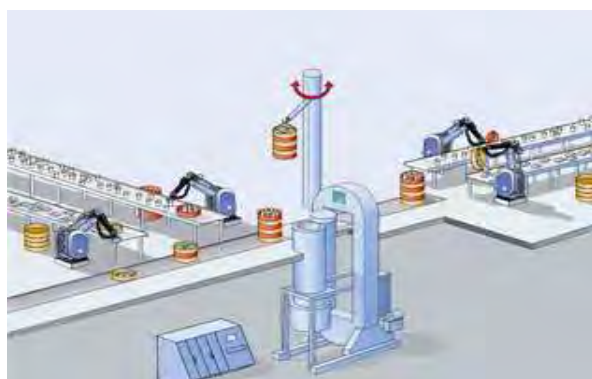
*а**б**в**г**д**е*

Рисунок 6.2 – Внешний вид оборудования высокого давления, выпускаемое фирмой Avure (США), которое рекомендовано для включения в технологическую линию выработки сливочного масла длительного срока хранения: *а* - 35L-600 HPP System; *б* - QFP 215L-600; *в* - QFP 320L-400; *г* - QFP 100L-600; *д* - QFP 350L-600; *е* - 687L-310



а



б



в

Рисунок 6.3 – Внешний вид оборудования высокого давления, выпускаемое фирмой Kobelco (Япония), которое рекомендовано для включения в технологическую линию выработки сливочного масла длительного срока хранения: а – E1; б – E2; в – E3

6.4. Разработка технологической инструкции по производству масла сливочного супер

Результаты диссертационных исследований были использованы при разработке технологической инструкции по производству масла сливочного супер. В инструкции представлены характеристики исходного сырья и основных материалов, а также готового продукта, его органолептические и физико-химические показатели, предусмотрены технологические особенности технологического процесса производства СМ, вырабатываемого с использованием ВЦД, приведены значения параметров процесса на этапе его обработки ВЦД, его микробиологические показатели, гигиенические требования к технологическому оборудованию и условиям труда, требования по упаковке, маркировке, транспортировке и условиям хранения, указаны сроки хранения СМ, обработанного ВЦД при различных режимах его хранения (Приложение).

6.5. Определение социально-экономической эффективности от внедрения результатов диссертационной работы

Анализ существующих методик выполнения расчетов эффективности от внедрения и выпуска новой продукции более высокого качества показал [208-210], что расчет социально-экономической эффективности от внедрения результатов проведенных нами исследований затруднен по следующим причинам:

- основные затраты на освоение нового продукта - в сфере производства, что не позволяет однозначно определить суммарный социально-экономический эффект;

- в связи с тем, что оборудование для обработки СМ ВЦД не производится на Украине, невозможно точно определить его стоимость для конкретного предприятия – производителя СМ после прохождения таможенного контроля;

- отсутствует точное количество предприятий, которые готовы перейти на выпуск СМ, обработанного ВЦД и план выработки масла каждым предприятием;

- отсутствуют данные о рыночной цене нового продукта, которая зависит от информированности населения о его преимуществах и эффективности рекламной компании.

Учитывая данные обстоятельства, для определения суммарного социально-экономического эффекта был применен метод экспертных оценок.

Организация проведения экспертных оценок состояла из следующих блоков: разработка информационных материалов о технологии ВЦД и анкеты с перечнем показателей, формирующих итоговый социально-экономический эффект от внедрения результатов работы; формирование экспертной группы и определение ее профессиональной пригодности; проведение анкетирования; обработка и анализ результатов тестирования.

Была применена стандартная методика [211], предполагающая, что эксперты не общаются между собой. Экспертная группа в количестве 39

экспертов была сформирована из представителей – экономистов и инженерно-технических работников молокоперерабатывающих предприятий (13 экспертов), предприятий оптовой и розничной торговли (13 экспертов), индивидуальных потребителей (13 экспертов) Экспертная группа была сформирована из экспертов, проживающих в городах Донецке, Киеве, Полтаве.

Несмотря на то, что члены экспертной группы не имели непосредственного контакта друг с другом и разобщены территориально, было решено использовать метод «Дельфи» (между экспертами отсутствует обмен информацией; информированность экспертов в процессе работы остается неизменной).

Перед началом проведения процедуры экспертных оценок все эксперты получили информацию о предмете экспертизы (технические, экономические, потребительские и др. аспекты применения технологии ВЦД) и затем было проведено тестирование и проверка согласованности их мнений.

Тестирование состояло в решении экспертами задач, с известными организаторам тестирования, но неизвестными экспертам результатами, и проверке по критерию Фишера гипотезы о принадлежности оценок разных экспертов к одной и той же генеральной совокупности оценок.

Согласованность мнения экспертов была оценена по величине коэффициента конкордации W :

$$W = \frac{12S}{n^2(m^3 - 3)} \quad (6.1)$$

где S - сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от среднего значения;

n - число экспертов;

m - число объектов экспертизы.

Данный показатель составил 0,94, что свидетельствует о высокой степени согласованности между экспертами.

При проведении оценивания эксперты заполняли предоставленные им анкеты. Основной принцип построения вопросов анкеты – оценить в относительных единицах (существующая технология выработки СМ принята за 1) изменение статей при производстве, потреблении СМ и положительные социальные эффекты в обществе от потребления данного продукта. При обработке полученных оценок было установлено, что они подчиняются нормальному распределению. Обработка результатов экспертного опроса заключалась в определении среднего значения оценки, среднего квадратичного отклонения σ_i и коэффициента вариации V_i .

Таблица. 6.2

Сравнение статей затрат на производство СМ, обработанного ВЦД в сфере производства (в условных показателях)

Рассматриваемые статьи затрат в сфере производства	Экспертная оценка затрат		
	базовый вариант	вариант с использованием технологии ВЦД	отклонения
полная стоимость оборудования линии	1	1,1	+0,1
основная и дополнительная заработная плата	1	1,012	+0,012
технологический расход электроэнергии	1	1,02	+0,02
затраты, связанные с подготовкой и освоением новой продукции	1	1,05	+0,05
затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	1	1,04	+0,04
общепроизводственные затраты	1	1,005	+0,005
общехозяйственные затраты (реклама новой продукции и др.)	1	1,002	+0,002
ИТОГО (Полная себестоимость)	1	1,148	+0,148

Анализ данных таблицы 6.2 показал, что себестоимость производства СМ с использованием технологии ВЦД увеличивается на 14,8%. Однако, т.к. положительные эффекты от производства СМ с использованием технологии ВЦД достигаются в сфере потребления и по социальным статьям следует проанализировать данные таблиц 6.3 и 6.4.

Таблица. 6.3

**Сравнение статей затрат в сфере потребления СМ, обработанного ВЦД
(в условных показателях)**

Рассматриваемые статьи затрат в сфере потребления	Экспертная оценка положительных эффектов		
	базовый вариант	вариант с использованием технологии ВЦД	отклонения
Сокращение охлаждаемых складских помещений (стратегические запасы и т.п.)	1	1,08	-0,08
Сокращение энергозатрат на охлаждение складов-холодильников	1	1,10	-0,1
Снижение транспортных расходов	1	1,02	-0,02
ИТОГО	1	1,20	-0,20

Таблица 6.4

Сравнение условных показателей социального эффекта от потребления СМ, обработанного ВЦД

Социальный эффект	Экспертная оценка эффектов		
	базовый вариант	вариант с использованием технологии ВЦД	отклонения
Повышение потребительского качества продукта	1	1,1	+0,1
Повышение пищевой ценности продукта	1	1,1	+0,1
Повышение уровня жизни потребителей данной продукции	1	1,1	+0,1
Снижение заболеваемости населения от употребления недоброкачественной продукции	1	1,05	+0,05
Увеличение рынка сбыта данной продукции экспедициями, туристами и др.	1	1,03	+0,03
ИТОГО	1	1,38	+0,38

В сфере потребления СМ, обработанного ВЦД, обеспечивается 20% увеличение прибыли; положительный социальный эффект от выпуска продукта питания высокого потребительского качества длительного срока хранения был оценен в 38% по сравнению с эффектом от потребления СМ, вырабатываемого в настоящее время по традиционным технологиям.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения результатов исследований только на предприятии ООО «ДИВАЗ», которое и производит

и реализует молочную продукцию, в том числе и СМ через сеть магазинов и предприятий массового питания, составил 22 тыс. грн. Ожидаемый экономический эффект от производства и реализации установок для обработки СМ ВЦД на машиностроительном предприятии ООО «Фирма ВИ-ВА-ЛТД» составил 215 тыс. грн. в год. (Приложение Б).

Выводы по разделу 6

1. С целью практической реализации результатов исследований разработана аппаратно-технологическая схема выработки СМ длительного срока хранения, которая включает в себя серийно-выпускаемое технологическое оборудование для обработки СМ ВЦД.

2. Разработаны технические условия ТУ У 15.5-01566057-029:2012 «Масло сливочное супер» и Технологическая инструкция по производству масла сливочного супер.

С целью определения ожидаемой социально-экономической эффективности от внедрения результатов исследований в практику был применен метод экспертных опросов, который показал, что себестоимость производства СМ с использованием технологии ВЦД увеличивается на 14,8%, однако в сфере потребления СМ, обработанного ВЦД, обеспечивается 20% увеличение прибыли и положительный социальный эффект от выпуска данного вида СМ, который составил 38% по сравнению с эффектом от потребления СМ, вырабатываемого в настоящее время по традиционным технологиям.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения результатов исследований на некоторых предприятиях составил 237 тыс. грн. в год, что подтверждено соответствующими Актами внедрения.

ВЫВОДЫ

1. СМ, вырабатываемое в настоящее время, имеет определенные пороки, приводящие в процессе хранения к снижению его пищевой ценности и показателей его безопасности. Наиболее перспективно для решения данной проблемы применить технологию ВЦД, что обеспечит микробиологическую безопасность и высокие потребительские качества СМ при длительном хранении.
2. Обработка СМ ВЦД позволяет снизить активность воды. Наибольшее влияние на снижение значения активности воды оказывает количество циклов нагружения и величина P_{\max} в каждом цикле: активность воды существенно снижается после первых трех циклов нагружения: с 0,995 до 0,955 при $P_{\max} = 230$ МПа; до 0,940 при $P_{\max} = 290$ МПа и до 0,935 при $P_{\max} = 350$ МПа. При этом, увеличение значения P_{\max} с 230 МПа до 350 МПа снижает значение активности воды с 0,985 до 0,975 после 1-го цикла; с 0,975 до 0,950 после 2-го цикла; с 0,955 до 0,935 после 3-го цикла соответственно.
3. Впервые получены зависимости значения относительной концентрации бактерии группы кишечной палочки при обработке СМ ВЦД при различных параметрах процесса: при значениях параметров $P_{\max} = 230$ МПа, $v_{u\uparrow} = 1$ и 5 МПа/с, $v_{u\downarrow} = 5$ МПа/с воздействия ВЦД на СМ скорость инактивации микрофлоры описывается линейной зависимостью, однако при увеличении значений параметров процесса ($P_{\max} = 290, 350$ МПа, $v_{u\uparrow} = 10$ МПа/с, $v_{u\downarrow} = 10$ и 25 МПа/с) линейная зависимость переходит в двухфазовую модель. Микробиологическая безопасность СМ может быть обеспечена его обработкой ВЦД с параметрами процесса: $P_{\max} = 290-350$ МПа, $v_{u\uparrow} = 5-10$ МПа/с, $v_{u\downarrow} = 10-25$ МПа/с. при количестве циклов - от 2 до 5.
4. Увеличение значений параметров процесса обработки СМ ВЦД приводит к повышению его стойкости в процессе хранения и улучшению его свойств, которые характеризуются соответствующими химическими числами.

Скорость увеличения КЧ в образцах СМ, обработанных ВЦД существенно ниже по сравнению с данным показателем в контрольном образце. За первые 2 месяца хранения СМ КЧ в образцах, обработанных ВЦД возросло в 1,16 – 1,03 раза, в зависимости от параметров процесса, в то время как в контрольном образце данный показатель возрос в 1,6 раза. Обработка СМ ВЦД способствует уменьшению в нем продуктов окисления: через 5 месяцев хранения в контрольном образце ПЧ равно $0,0118(1/2 O_2)/кг$ и в опытных образцах 0,013 - 0,014 ($1/2 O_2$)/кг. За первые три месяца хранения СМ, обработанного ВЦД значение его ЙЧ снизилось в 1,33 - 1,25 раза, в то время как в контроле данный показатель снизился лишь в 1,14 раза; через 12 месяцев хранения в контрольном образце ЙЧ равно 20,5 г $I_2/100$ г, и в опытных образцах 19,5 - 19,1 г $I_2/100$ г. Через 12 месяцев в контрольном образце СМ ЧО было равно 263 и в опытных образцах 256 - 258. Количество растворимых в воде летучих жирных кислот ($Ч_{Р-М}$), и количество нерастворимых в воде летучих жирных кислот ($Ч_{П}$), содержащихся в масле возрастают в контрольных и опытных образцах, но через 12 месяцев хранения в контрольном образце $Ч_{Р-М}$ было равно 62,0 и в контрольных образцах 57,5 - 59,0 и величина $Ч_{П}$ для контрольного образца составила 5,3 и для опытных образцов 4,6 - 4,8.

5. Обработка СМ ВЦД приводит к повышению показателя его термоустойчивости: в зависимости от режимов обработки опытных образцов СМ данный показатель равен 0,88-0,96 по сравнению с контрольным образцом, для которого данный показатель равен 0,84.

6. Обработка СМ ВЦД приводит к изменениям дисперсности основных компонентов СМ: по сравнению с контрольным образцом количество жировых шариков увеличивается на 1%, при этом их средняя площадь уменьшилась на 4,6 - 8,7%, и возрастает показатель их компактности на 4,7 и 7,1%; средняя площадь частиц влаги, по сравнению с контролем, уменьшилась на 15-16,8%; количества воздушных пузырьков уменьшилось на 34,5 - 36,9% и средний диаметр уменьшился на 30,6 - 33,2%.

7. При возрастании значений параметров процесса происходит уменьшение значений коэффициента пенетрации, работы резания и увеличение предельного напряжения среза.
8. Впервые получены зависимости изменения компрессионных показателей СМ, обработанного ВЦД (плотность, относительный объема, модуль объемной упругости, коэффициент сжимаемости) от параметров процесса его обработки.
9. В результате построения и решения оптимизационной модели методом неопределенных множителей Лагранжа получены значения оптимальных режимов обработки СМ ВЦД: $P_{\max} = 320\text{--}340$ МПа; $n = 2\text{--}3$; $v_{\text{и}\uparrow} = 7\text{--}10$ МПа/с; $v_{\text{и}\downarrow} = 15\text{--}25$ МПа/с.
10. Выполнен комплекс мероприятий по внедрению результатов научных исследований в производство: разработаны аппаратурная схема процесса обработки СМ ВЦД, технические требования на установку для реализации данного процесса, Технические условия ТУ У 15.5-01566057-029:2012 «Масло сливочное супер» и Технологическая инструкция по производству масла сливочного супер. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения результатов исследований составляет 237 тысяч гривен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Покровский А. А. Наука о питании, ее значение, задачи и методы. - М.: ЦОЛИУВ, 1977. - 34 с.
2. Покровский А. А. Роль биохимии в развитии науки о питании. - М.: Наука, 1974. - 127 с.
3. Покровский А. А. О биологической и пищевой ценности пищевых продуктов питания. - Вопросы питания, 1975, № 3, с. 25-40.
4. Овчинников А. И., Горбатова. К. К. Биохимия молока и молочных продуктов.-Л.: Издательство Ленинградского государственного университета, 1974.— 259 с.
5. Василисин С. В., Вышемирский Ф. А. Влияние количества и степени дисперсности плазмы на выраженность вкуса вологодского масла. Научно-техническая информация. «Молочная промышленность». М., 1971, вып. 9, с. 20-26.
6. Технология молока и молочных продуктов/[П. ф. Дьяченко М. С. Коваленко, А. Д. Грищенко, А. И. Чеботарев]. - М.: Пищевая промышленность, 1974. - 447 с.
7. Инихов Г. С. Биохимия молока и молочных продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1970.- 317 с.
8. Farr. D., High-pressure technology in food industry. 1990, Trends Food Sci. Technol., 1, p. 14-16.
9. Качераускис Д., Лазаускас Р. Фосфолипиды сливочного масла - Труды Литовского филиала ВНИИМСа, 1968, т. III, с. 113-115.
10. Вышемирский Ф. А. Изучение зависимости между количеством молочной плазмы, физическими свойствами и вкусом любительского и крестьянского масла. - Труды ВНИИМСа, 1975, вып. XIX, с. 3-18.
11. Макарына Н. В., Вышемирский Ф. А., Пояркова Г. С. Изменение липидного состава сливочного масла с различным содержанием плазмы.- Труды ВНИИМСа, 1978, вып. XXII, с. 16-18.

12. Влияние различного содержания молочной плазмы на качество и стойкость сливочного масла, выработанного разными способами в пастбищный период/[Ф. А. Вышемирский, Г. С. Пояркова, В. П. Чужова и др.]- Труды ВНИИМСа, 1978, вып. XXII, с. 3-16.
13. Вышемирский Ф. А. Влияние компонентного состава на особенности структуры и качество сливочного масла. - М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1974.-35 с.
14. Титов А. И., Влодавец И. Н., Ребиндер П. А. Процессы структурообразования в молочном жире и их значение для производства сливочного масла. - Коллоидный журнал, 1958, т. XX, № 1, с. 92-101.
15. Вышемирский Ф. А., Василисин С. В. Влияние тепловой обработки сливок на изменение их состава и выраженность привкуса пастеризации.- Труды ВНИИМСа, 1972, вып. IX, 7, с. 77-102.
16. Вергелесов В. М., Ильченко Э. А. Некоторые количественные и кинетические закономерности кристаллизации высокоплавких глицеридов в молочном жире.- Молочная промышленность, 1972, № 8, с. 18-21.
17. Вергелесов В. М. Стадийность физико-химических процессов преобразования высокожирных сливок в масло. В кн.: XIX Международный конгресс по молочному делу.- М.: Пищевая промышленность, 1978, с. 318-320.
18. Гуляев-Зайцев С. С. Физико-химические основы производства масла из высокожирных сливок. - М.: Пищевая промышленность, 1974. - 135 с.
19. Использование закономерностей кристаллизации молочного жира в технологии вакууммаслообразования /[В. М. Вергелесов, Ю. Н. Кузьмин, В. В. Страхов, В. Н. Щеголева]. - В кн.: XIX Международный конгресс по молочному делу. М., 1978, с. 321-322.
20. Вишняков П. М. Усовершенствование технологии производства масла на поточной линии. Пищевая промышленность (молочная). М., ЦИНТИпищепром, 1963, № 4, с. 3-6.

21. Влияние количества молочной плазмы на физические свойства сливочного масла/[Ф. А. Вышемирский, К. В. Объедков, В. М. Вергелесов, Г. В. Твердохлеб]. В кн.: XIX Международный конгресс по молочному делу.— М.: Пищевая промышленность, 1978, с. 464-465.
22. Вышемирский Ф. А. Влияние водной фазы на формирование структуры, качество и стойкость сливочного масла. - В сб.: Маслодельная и сыродельная промышленность. - М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1968, № 7, с. 18—24.
23. Вышемирский Ф. А. Дисперсность и аминокислотный состав плазмы масла различных способов производства. - Молочная промышленность, 1972, № 3, с. 6-8.
24. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика дисперсных структур.- В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. М., 1966, с. 3-16.
25. Ребиндер П. А., Урьев Н. Ф., Щукин Е. Д. Физико-химическая механика дисперсных структур в химической технологии. - В кн.: Теоретические основы химической технологии. М., 1972, т. VI, № 6, с. 872 - 879.
26. Зайковский Я. С. Химия и физика молока и молочных продуктов. - М.: Пищепромиздат, 1950. - 371 с.
27. Knoor E., Knoor A. E. Die Elektronenmikroskopische Untersuchungen über die physikalische Struktur der Butter. - Milchwissenschaft, 1962, Bd. 17, N 11, s. 604 - 608; Bd. 12, s. 64.
28. Вышемирский Ф. А., Красуля Н. Г. Исследование микроструктуры сливочного масла. - Труды ВНИИМСа, 1973, вып. XIII, с. 52 - 67.
29. Урьев Н. Б., Талейсник М. А. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс. - М.: Пищевая промышленность, 1976. -239 с.
30. Вергелесов В. М. Важнейшие критерии коагуляционных и конденсационно-кристаллизационных дисперсных структур. - В кн.:

Материалы Всесоюзной конференции по физико-химической механике. Уфа, 1971, с. 197 - 198.

31. Козий Н. И. Товароведение пищевых жиров молока и молочных продуктов. - М.: Экономика, 1968 - 478 с.
32. Гуляева Г. И., Грищенко А. Д. Влияние интенсивности механической обработки масляного зерна на структурно-механические свойства готового масла. - В кн.: Сборник трудов УкрНИИмясомолпрома «Интенсификация процессов маслодельного производства». Киев, 1981, с. 130 - 135.
33. Маслов А. М., Березко В. А. Структурно-механические свойства молочных продуктов. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1979. - 92 с.
34. Качераускис Д. В., Бержинскас Г. Г. Определение реологических свойств сливочного масла. - М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1969.- 36 с.
35. Казанский М. М., Твердохлеб Г. В. Вопросы образования структуры и консистенции сливочного масла в свете физико-химических изменений молочного жира.— Молочная промышленность, 1960, № 10, с. 35-37.
36. Качераускис Д. Реологические и некоторые структурные свойства масла и методы их определения. - Труды Литовского филиала ВНИИМСа, 1973, т. IX, с. 123-146.
37. Farr. D., High-pressure technology in food industry. 1990, Trends Food Sci. Technol., 1, p. 14-16.
38. Желтаков А. И. Исследование непрерывности водной фазы масла.- В кн.: XV Международный конгресс по молочному делу. М., 1961, с. 216 - 220.
39. Качераускис Д. Исследование реологических и структурных свойств масла как показателей его качества и стойкости. - Труды Литовского филиала ВНИИМСа, 1973, т. IX, с. 147-158.
40. Вышемирский Ф.А., Топникова Е.В. Консистенция сливочного масла как показатель качества. «Сыроделие и маслоделие, №1, 2008, С41-44.
41. А.П. Белоусов. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок.- М.: легкая и пищевая промышленность, 1984. – 264с.

42. Аввакумов А. К., Березко В. А., Богатая Н. Ф. Влияние участия различных групп глицеридов в составе твердого жира на показатели консистенции сливочного масла.- В сб.: Биохимические и технологические процессы в: пищевой промышленности. Улан-Удэ, 1974, с. 56 - 57.
43. Грищенко А.Д. Сливочное масла. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1983. – 294с.
44. Вышемирский Ф. А. Сравнительные исследования структуры сливочного масла. — Труды ВНИИМСа, 1980, вып. XXXIII, с. 21 - 33.
45. Mohr W., Koenen K- Die Butter. Hildesheim, Milchwirtschaftlicher Verlag Th., 1958, 628 s.
46. King N. The Physical structure of Butter. - "Dairy Sci. Abstr". 1964, vol. 26, No 4, p. 151-162.
47. Михайлов Н. В., Ребиндер П. А. О структурно-механических свойствах дисперсных и высокомолекулярных систем. - «Коллоидный журнал», 1955, т. 17, № 2, с. 107 - 119.
48. Николаев Б. А. Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов. М., «Экономика», 1964. 224 с.
49. Казанский М., Твердохлеб Г. О формировании структуры и консистенции сливочного масла .- Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1963, № 3, с. 65 - 71.
50. Белоусов А. П. Исследование физико-химических процессов в производстве сливочного масла. Автореферат докторской диссертации, М., 1972. 84 с.
51. Вергелесов В. М., Белоусов А. П. Процесс вторичного структурообразования при поточном производстве масла. - Молочная промышленность, 1964, № 4, с. 11 - 14.
52. Грищенко А. Д. Исследования кинетики кристаллизации триглицеридов молочного жира в сливках. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1959, № 5, с. 66 - 73.

53. Грищенко А. Д. Кристаллизация молочного жира как фактор образования структуры и консистенции сливочного масла. - Молочная промышленность, 1961, № 5, с. 30 - 31.
54. Грищенко А. Д., Залашко М. В. О вытекании жидкой фракции молочного жира из масла поточной выработки. - Молочная промышленность, 1961, № 8, с. 32 - 33.
55. Гуляев-Зайцев С. С, Руденко Л. И. Способность сливочного масла связывать жидкий жир и метод ее определения. Тезисы докладов III научно-технической конференции УкрНИИММПа. Киев, 1969, ч. 3, с.46 - 48.
56. Haighton A. J. Die Konsistenz von Margarine und Fetten. „Fette Saifen, Anstrichmittel“, 1963, N 6, s. 479 - 482.
57. Агиенко К. С, Арбатская Н. И. Пути улучшения консистенции масла, вырабатываемого на поточных линиях. Научно-техническая информация. «Молочная промышленность», М., ЦНИИТЭИмясомолпром 1970, вып. 6, с. 3—8.
58. Качераускис Д. Реологические и некоторые структурные свойства масла и методы их определения. – Труды литовского филиала ВНИИМСа, Вильнюс, 1974, т.9, с.33-39.
59. Производство сливочного масла: Справочник / Андрианов Ю.П., Вышемирский Ф.А., Качераускис Д.В. т др. Под ред д-ра техн. наук Ф.А. Вышемирского. – М.: Агропромиздат, – 1988. – 303с.
60. Качераускис Д. В., Бержинскас Г. Определение упруго-эластических и прочностных свойств сливочного масла и ферментных сыров. - «Труды Литовского филиала ВНИИМСа», 1967. т. 2, с. 99 - 115.
61. Андрианов Ю. П., Корнелюк Б. В. Кристаллизация молочного жира в изотермических условиях. В кн.: XIX Международный конгресс по молочному делу. - М.: Пищевая промышленность, 1978, с. 94 - 95.
62. Белоусов А., Вергелесов В. К теории отвердевания молочного жира.- Молочная промышленность, 1963, № 2, с. 5 - 9.

63. Белоусов А. П. К характеристике естественной эмульгаторной пленки в сливках. - Известия вузов «Пищевая технология», 1958, № 4, с. 53 - 63.
64. Рашевська Т.О. Мікро- і наноструктура вершкового масла / Т.О. Рашевська, І.С. Гулий, А.І. Українець, І.О.Коренев // Вісник Харківського держ. універс. сільського господарства. – 2003. – вип.. 16. С.255-261.
65. Рашевська Т.О. Самоорганізація мікро- і наноструктури вершкового масла / Т.О. Рашевська, А.І. Українець // Наукові праці ОНАХТ. – 2008, вип. 33, т.1. – С172-177.
66. Грищенко А. Д., Залашко М. В. Структурно-механические свойства сливочного масла. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1958, № 5. с. 57 - 63.
67. Горбатов А. В. Реология мясных и молочных продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1979. - 383 с.
68. Березко В. А., Лапшин А. А. Реологические характеристики сливочного масла. - В кн.: Повышение эффективности процессов и оборудования холодильной и пищевой промышленности. Материалы республиканской научно-технической конференции. Л., 1972, с. 186.
69. Березко В. А., Аввакумов А. К., Богатая Н. Ф. Исследование релаксационных свойств сливочного масла. - В кн.: Биохимические и технологические процессы в пищевой промышленности. Улан-Удэ, 1974, с. 51—55.
70. Diener R. G., Heldman D. R. Transaction of the ASAS Central Edition, 1968, vol. 11, N 3, s. 444 - 447.
71. Elliot J. H., Green C. E. J. of texture Studies, 1972. 3. s. 194 - 205
72. Конаныхин А. В., Маслов А. М. Влияние температуры и градиента скорости па вязкость сливочного масла. - Известия вузов СССР Пищевая технология, 1973, № 3, с. 89 - 91.
73. Маслов А. М., Грищенко А, Д. Кривые течения сливочного масла. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1970, № 5, с. 164 - 168.

74. Vocadlo J. J. M. Joung M. Canadian Institute of Food Science and Technol J. 1969. N 2, с. 137.
75. Купрене Л. И. Способы прогнозирования стойкости сливочного масла при его хранении. - Обзорная информация. ЦНИИТЭИмясомолпром. Серия: Маслодельная и сыродельная промышленность, 1975, № 1. - 33 с.
76. Кузьмина В. А., Новотельнов Н. В. Влияние термической обработки сливок на содержание свободных жирных кислот в сливочном масле. - В кн.: Материалы научной конференции «Повышение эффективности процессов и оборудования холодильной и пищевой промышленности». Л. 1971. с. 38-40.
77. Мотекайтис П., Декснис А. Влияние вакуум-дезодорации сливок на качество и свойства сливочного масла. - Труды Литовского филиала ВНИИМСа, 1973, т. VII, с. 45 - 59.
78. Хомутов Б. И., Ловачев Л. Н. Хранение пищевых жиров. - М.: Экономика, 1972. - 160 с.
79. Чумак А.П., Гладкий П.Ф. Научно-практические основы технологии жиров и жирозаменителей. Х.: НТУ ХПИ, 2006.- 175с.
80. Хорвуд Д. Ф., Смит Л. К. Лабораторные исследования порока «олеистый привкус» сладкосливочного масла.- В кн.: XVIII Международный конгресс по молочному делу. М., 1972, с. 152 - 153.
81. Е. Г., Грищенко А. Д. Изменение свойств сливочного масла при хранении. - Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1978, № 6, с 63 - 68.
82. Striton A. J. at al. Oil and Soap, 1945, 22, 81.
83. Кнорр Д. Г, Лясковская Ю. Н, Эмануэль Н. М. «Известия АН СССР», ОХН, 1957, № 6, 678.
84. Patton S., Barnes I. J., Evans I. E. J., Amer. Oil Chem. Soc, 1959, 36, 280.
85. Вартамян Л. С, Майзус З. К., Эмануэль Н. М. ЖФХ, 1956, 30, 862.
86. Rao M. K. G, Achaya K. T. Fette-Seifen-Anstrichmitt, 1968, 70, № 4, 231.
87. Holman R. T. J. Amer. Oil Chem Soc., 1950, 27, № 11, 500.
88. Bolland J. L. Proc. Royal Soc, 1946, 186A, № 1005. 218.

89. Кнорре Д. Г, Майзус З. К., Обухова Л. К., Эмануэль Н. М. «Успехи химии», вып. 4, 416, 1957, 26.
90. Chipault J. R, Lundberg W. O. J. Amer. Chem. Soc., 1947, 69, № 4, 833.
91. Privett O. S, Lundberg W. O, Khan N. A. J. Amer. Oil Chem. Soc, 1953, 30, № 2, 61.
92. Honn F. J, Berman J. J, Daubert B. T. J. Amer. Oil Chem. Soc., 1951, 28. № 4, 129.
93. Эмануэль Н. М, Кнорре Д. Г., Лясковская Ю. Н. Труды ВНИИМП, вып. 8, 195. 1958.
94. Hall A. J. Dairy Ind., 1970, 35, № 1, 20.
95. Качераускис Д., Лазаускене Р. Труды Литовского филиала ВНИИМС, 1968, т. III, 113.
96. Вышемирский Ф. А, Василисин С. В. «Молочная промышленность», 1972, № 3, стр. 6.
97. Ternström, A., Lindberg, A. M. and Molin, G. 1993. Classification of the spoilage flora of raw and pasteurized bovine milk, with special reference to Pseudomonas and Bacillus. Journal of Applied Bacteriology, 75: 25-34
98. ДСТУ 4399:2005 «Масло сливочное. Технические условия».
99. Ребиндер, П.А. О формах связи воды с материалом в процессе сушки / В кн. Всес. совещание по интенсивности процессов и улучшение качества материалов при сушке в основных отраслях промышленности и сельского хозяйства. - М.: Профиздат, 1958. - С.14.
100. Вода в пищевых продуктах. / Под редакцией Р.Б. Дакуорта. - Перевод с англ. - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 376 с.
101. Ляйтнер, Л. Барьерные технологии: комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания / Л. Ляйтнер, Г. Гоулд. - Перевод с англ. - М.: ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова, 2006. - 236 с. 34 табл., 14 ил.

102. Van den Berg, C. 1983. Description of Water Activity of Foods for Engineering Purposes. 1 national Congress, Dublin, Ireland.
103. Instruments for the Food Industry, British Food Research Association, LeathPOBead, Surrey, England. (Series of leaflets on special equipment).
104. Masuda, M. Effects of hydrostatic pressure on packaging materials for food [Text] / M. Masuda, Y. Saito, T. Iwanami // High Pressure and Biotechnology / C. Balny, R. Hayashi, K. Hermans, P. Masson. – London, 1992. – P. 545 – 547.
105. Apparatus for determinations of Isotherms for water vapour sorption in foods. Department of Food Science, Agriculture University, Wageningen, Holland.
106. Maltini E., Torreggiani D., Venir E., Bertolo G., Water activity and the preservation of plant foods. Food Chem., 2003, 82, 79–86.
107. Barbosa-Cánovas G.V., Fontana Jr, A.J., Schmidt S.J., Labuza T.P., Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. 2007, IFT Press Series, Blackwell Publ.
108. Ben-Naim A., Molecular Theory of Water and Aqueous Solutions. Part I: Understanding Water. 2009, World Scientific Publ. Co, N.J.
109. D. A. Nolan, D. C. Chamblin, J. A. Troller. Minimal water activity levels for growth and survival of *Listeria monocytogenes* and *Listeria innocua*. Int. J. Food Microbiol, Vol. 16, No. 4. (August 1992), pp. 323-335.
110. Сукманов В.А. Процесс обработки сливочного масла высоким давлением / В.А. Сукманов, С.В. Громов // Нові технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи; матеріали Міжн. наук.-практ. конф., 27-28 вересня 2010 р. м. Київ. – Ч. 2. – С.31-32.
111. Громов С.В. Исследование влияния высокого давления на физико-химические показатели сливочного масла / С.В. Громов // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. VII Междунар. науч.-техн. конф. 22-23 апреля 2010 г., г. Могилев. – Ч. 1. – С. 285.
112. Громов С.В. О некоторых результатах обработки сливочного масла высоким давлением / В.О. Кіріченко С.В. Громов // Рибне господарство

- України. – 2012. – №. 7. – С. 34-35.
113. Rodrigues, M. J. Obtencien de naranja. Valencia fresces y deshidratados [Text] / M. J. Rodrigues, V. E. Heane // Ciens. y Tech. agr. Zer. : Citricos y otros frutales. – 1980. – Vol. 3, № 4. – P. 9 – 26.
114. Крисс А.Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М.: 1973, 130 с.
115. Sakai, T. Production of butter [Text] / T. Sakai, M. Okujima, A. Masuda // Jpn. Kokai Tokyo Koho. 7970495 (cl. C12DB/04), 06 Jun. 1989. – P. 5.
116. Fonberg-Broczek, M. Quality studies of high pressure processed fruit products – preliminary results [Text] / M. Fonberg-Broczek, J. Arabas, K. Kazlowski // Proc. of the Third Main Meet., Lissabon (Portugal), 03.03.1997. – Lissabon. – 1997. – Vol. 4. – P. 270 – 35.
117. Kamura, I. M. Comparison of keeping quality between pressure – processed jam and heat - processed jam : changes in flavor components, hue, and nutrients during storage [Text] / I. M. Kamura., Y. Yosida // Biosci. Biotech. Biochem. – 1994. – № 58. – P. 1386 – 1391.
118. Larsen, W. P. The effects of high pressure on bacteria [Text] / W. P. Larsen, T. B. Harzell, H. S. Diehl // I. Diseases. – 1918. – № 22. – P. 271 – 279.
119. Wilson, D. C. High pressure sterilization [Text] // 34th Annu. Meet. of the Inst. of Food Technol., New Orleans, LA. (US), 17 May 1980. – N. Orleans, 1980. – P.12 – 15.
120. Hite, B. H. The effects of pressure in the preservation of milk [Text] / B. H. Hite // Morgantown. Bull. WV. Univ. Agric. (Exp. Stat Morgantown). – 1998. – № 58. – P.15 – 35.
121. Timpson, W. J. Resistance of microorganisms to hydrostatic pressure [Text] / W. J. Timpson, A. J. Short // Biotechnol. and Bioeng. – Vol. 7. – 1965. – P. 12 – 15.
122. Вышемирский Ф.А., Канева Е.Ф., Гордеева Е.Ю., Вышемирская К.В. Переработка молока. №2, 2009, Оптимизация температурных режимов хранения сливочного масла. С. 20-23.

123. ДСТУ 4399:2005 "Масло вершкове"
124. Royer H. Baroprotective affects of high solute concentrations against inactivation of microorganisms. – Arch. Phisiol. Normale Pathol. - №7. – 1895. – P.12-19.
125. Hite B.H., Giddings N.I., Weakly C.E. The effects of pressure on certain microorganisms encountered in the preservation of fruits and vegetables. - Morgantown. Bull. WV. Univ. Agric. (Exp. Stat Morgantown). - №146. – 1914. – P.1-65.
126. Cheftel J.C. Review: High pressure: Microbial inactivation and food preservation. - Food Sci. Technol. Int. - №1. –1995. - P.75-80.
127. Hayashi R., Kunugi S., Shimadsu S. A preservation of fruits and vegetables. – High Pressure Bioscience (San – Ei Jupan, Co., Kyoto). - №3. – 1994. – P.51-58.
128. Kloczko I., Radomski M. Preservation of fruits, vegetables and juices by high hydrostatic pressure. - Phzemysl Spozywczy. – №50. - 1996. - P.25-26.
129. Touscher B.K. Effect of high pressure treatment to nutritive subctances and natural pigments. - Fresh Novel Foods by High Pressure (VTT Symposium, Technical Research Center of Finland. Helsinki, Finland). – №198. – 1997. - P.186-192.
130. Tauscher B. High pressure processing and preservation of foods. - Z. Lebensm. Unters. Forsch. – Vol.200. - №3. - 1995. – P.75-79.
131. Hite B.H. The effects of pressure in the preservation of milk. – Morgantown. Bull. WV. Univ. Agric. (Exp. Stat Morgantown). - №58. – 1898. – P.15-35.
132. Autio K. Fresh novel foods by high pressure. – VTT Symposium: Technical Research Center of Finland, Espoo. – 1998. – P.199-201.
133. Aleman, G. D., Ting. E. Y., Farkas, D. R, Mordre. S. C. Hawes. A. C 0., & Torres. J. A. (1998). Comparison of static and step-pulsed ultra-high pressure on the microbial stability of fresh cut pineapple. Journal of the Science of Food and Agriculture, 76, 383-388.

134. Donsi. G., Ferrari. G., & Maresca P. (2007). Pulsed high pressure treatment for the inactivation of *Saccharomyces cerevisiae*: The effect of process parameters, *Journal of Food Engineering*. 78, 984-990.
135. N. Chapleau, M. Ritz, S. Dele'pine, F. Jugiau, M. Federighi, M. de Lamballerie Influence of kinetic parameters of high pressure processing on bacterial inactivation in a buffer system *International Journal of Food Microbiology* 106 (2006) 324 – 330
136. S. Basak and H.S. Ramaswamy. Pulsed high pressure inactivation of pectin methyl esterase in single strength and concentrated orange juices. *Canadian biosystems engineering*, Vol. 43 2001 p. 3.25-3.29.
137. Nolwennig Rivalain, Jean Roquain, G'yrard Demazeau. Development of high hydrostatic pressure in biosciences: Pressure effect on biological structures and potential applications in Biotechnologies. *Biotechnology Advances* 28 (2010) p. 659–672.
138. Hayakawa I., Kanno T., Tomito M. Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation.-*J.Food Sci.*, 59(1).-1994.-p159-163.
139. Hayakawa I., Kanno N., Voshiyama K. Oscillatory compared with continuous high pressure sterilization on *Bacillus stearothermophilus* spores.-*J.Food Sci.*, 59 (1).- 1994.-p.164-167.
140. Nina Ebel, Markus Hainthaler, Eberhard Schl'ucker. Dynamic High Pressure Treatment - Improving the Inactivation of Microorganisms and Pathogens. CIGR Section VI International Symposium on «Towards a Sustainable Food Chain Food Process, Bioprocessing and Food Quality Management». Nantes, France - April 18-20, 2011.
141. Aleman G.D., Farcas D.F., McIntyre S. Ultra-high pressure pasteurization of fresh cut pineapple.- *Journal Food Protection*, Vol.5, №10.-1994.-p.931-934.
142. Palou .E., Lopez- Malo A., Barbosa-Canovas G.V. Oscillatory. High pressure inactivation of *Zygosaccharomyces bailii*.- *journal Food Protect*, Vol. 61,№9.- 1998.-p.1213-1215.

143. Kolakowski P., Reys A., Babulowski A. Influence of high pressure on changes of cheese characteristics. -Przem. Spoz., 48.-1994.-p.108-116.
144. L. Kulisiewicz, A. Baars, and A. Delgado. Effect of high hydrostatic pressure on structure of gelatin gels. Bulletin of the polish academy of sciences technical sciences. Vol. 55, No. 2, 2007, p. 239-244.
145. L. Kulisiewicz, A. Baars, and A. Delgado, "Rheological investigations of food gels under high pressure", Proc. 13th World Congress of Food Science and Technology 'Food is Life' 86 (4), (2006).
146. S. Bair, M. Khonsari, and W.O. Winer, "High pressure rheology of lubricants and limitations of the Reynolds equation", Tribology International 31, 573–586 (1998).
147. Butz P, R. Edenharden, F.A. Garcia, H. Fister, C. Merkel and B. Tauscher. Changer in functional properties of vegetables induced de high pressure treatment. Food Res. Int., 35. 2002, p. 295-300.
148. Eshtiaghi M.N. and D. Knorr, Potato cubes response to hot water blanching and high hydrostatic pressure treatment. 1993, J. Food Sci., 58: p. 1371-1374.
149. Полянский К.К., Голубева Л.И., Долматова О.И., Ширинкина С.П. Влияние антиокислителей на стойкость жиров комбинированных молочных продуктов при хранении. Хранение и переработка сельхозсырья, 2002, №7, С.26-27.
150. Вышемирский Ф.А., Смирнова О.И., Свириденко Г.М., Ким. И.С. Современный упаковочный материал для сливочного масла – пергамент «Троицкий». Сыроделие и маслоделие, 2008, №1, С.44-46.
151. Кустова Т.П., Панов В.П. Вкусовой букет сладкосливочного масла. Сыроделие и маслоделие, 2008, №2 С. 46-48.
152. Кустова Т.П. Вышемирский Ф.А., Панов В.П. Влияние режимов хранения на вкусовой букет сладкосливочного масла. Сыроделие и маслоделие, 2009, №5, С. 42-44.

153. Вышемирский Ф.А., Кустова Т.П., Панов В.П. Спектр вкусоароматических веществ сладкосливочного масла. Сыроделие и маслоделие, 2008, №4, С. 40-42.
154. Вышемирский Ф.А., Смирнова О.И., Упаковка для сливочного масла. Сыроделие и маслоделие, 2008, №3, С. 36-37.
155. Вышемирский Ф.А. Перспективы производства сливочного масла методом преобразования высокожирных сливок. Сыроделие и маслоделие, 2008, №5, С. 40-44.
156. Вышемирский Ф.А. и др. Оптимизация температурных режимов хранения сливочного масла. Переработка молока: технология, оборудование, продукция. – 2009. - №2. – С.20-23.
157. Базарнова Ю.Г. Кинетические закономерности ингибированного окисления липидов пищевых продуктов. Масложировая промышленность. 2004, №4. С.
158. Свириденко Г.М., Топкина Е.В. Влияние БГКП на безопасность и качество сливочного масла. Сыроделие и маслоделие, 2007, №5, С. 32-34.
159. Вышемирский Ф.А., Канева Е.Ф., Гордеева Е.Ю., Вышемирская К.В. Выбор и теоретическое обоснование температурных режимов хранения сливочного масла. Хранение и переработка сельхозсырья, 2009, №2, С.12-15.
160. Вышемирский Ф.А., Топкина Е.В. Консистенция сливочного масла как показатель качества. Сыроделие и маслоделие, 2010, №1, С. 41-43.
161. Базарнова Ю.Г. Применение кинетического моделирования для прогнозирования сроков хранения коровьего масла. Хранение и переработка сельхозсырья, 2005, №8, С.19-23.
162. Лисин П.А. Энергия активации как мера структурированности молочных продуктов. Хранение и переработка сельхозсырья, 2008, №7, С.24-26.
163. Джашеева З.А-М. Влияние термической обработки сливочного масла на динамику накопления продуктов окисления и антиоксидантную

активність екстракта расторопши пятнистой. Хранение и переработка сельхозсырья, 2010, №7, С.28-30.

164. Aleman G.D., Ting E.Y., Mordre S.C. Pulsed ultra high pressure treatments pasteurization of pineapple juice. – J. Food Sci. -№ 61. – 1996. – P.388-390.
165. Threvelin, J. M. Gelatinization temperature of starch, as influenced by high pressure [Text] / J. M. Threvelin, J. A. Assche, K. Heremans // Carbohydr. Res. – 1981. – № 93. – P. 304 – 307.
166. Muhr A.H., Blanshard J.M. Effect of hydrostatic pressure on starch gelatinization [Text] / A. H. Muhr, J. M. Blanshard // Carbohydr. Polym. – 1982. – № 2. – P. 61 – 64.
167. Joshi K.D., Jyoti G., Satishi C. Effect of dynamic high pressure on fish bacteria: a case study.-Journal Food Safety. -№12. - 1991. - P.59-65.
168. Venugopal V., Nair P.M. The shock pressure treatment of spoiled fish. - Journal Fishery Tech. - №29. - 1992. - P.114-121.
169. Hayakawa I., Kanno N., Voshiyama K. Oscillatory compared with continuous high pressure sterilization on Bacillus stearothermophilus spores.-J. Food Sci. -№59 (1).- 1994.- P.164-167.
170. Sojka B., Ludwig H. Effects of rapid pressure changes on the inactivation of Bacillus subtitles spore.- Pharmazeutische Industry - №59.-1997.- P.436-438.
171. Rosalba Lanciotti, Lucia Vannini, Paola Pittia, Maria Elisabetta Guerzoni. Suitability of high-pressure-treated milk for the production of yoghurt. Food microbiology, 21 (2004). 753-760.
172. Ehab E. Kheadr, J.F.Vachon, P. Paquin, I. Fliss. Effect of dynamic high pressure on microbiological, rheological and microstructural quality of Cheddar cheese. International Dairy Journal. 12(2002). 435-446.
173. Сукманов В.О., Соколов С.А., Головінов В.П., Декань О.О., Сабіров О.В. Розробка автоматизованого експериментального комплексу для обробки продуктів високим тиском. –Обладнання та технології харчових виробництв”: Темат. зб. наук. пр. / Голов. ред. О.О.Шубін. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2006. – Вип.. 14. – 274с. (С.65-71).

174. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Введ. в Украине 01.01.97. – Киев: Госстандарт Украины, 1996. – 4 с.
175. ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов. – Введ. 01.01.90. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 10 с.
176. Farr. D., High-pressure technology in food industry. 1990, Trends Food Sci. Technol., 1, p. 14-16.
177. Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яшин В.В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1992 – 248с.
178. Бутаков Е.А., Островский В.И., Фадеев И.Л. Обработка изображений на ЭВМ.- М.: Радио и связь, 1987.
179. Распознавание образов. Состояние и перспективы. / К.Верхаген, Р.Дейн, Ф. Грун и др. Пер. с англ. под ред. И.Б. Гурьевича. – М.6 Радио и связь, 1985.
180. Розенфельд А. Распознавание и обработка изображений. – М.: Мир, 1972.
181. Фомин Я.А., Тарловский Г.Р. Статистическая теория распознавания образов. – М.: Радио и связь, 1986.
182. Bernd Jahne. Digital image processing with CD-ROM / Bernd Jahne; Heidelberg; New York; Barcelona; Hong Kong; London; Milan; Paris; Tokio; Springer, 2002, 585p.
183. ГОСТ Р ИСО 3961-2010 «Жиры и масла животные и растительные. Определение йодного числа».
184. ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83) « Жиры и масла животные и растительные Определение кислотного числа и кислотности».
185. ГОСТ 10766-64 «Масло кокосовое. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3)».

186. ГОСТ 5478-90 «Масла растительные и натуральные жирные кислоты. Метод определения числа омыления».
187. ГОСТ Р 51487-99. «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа».
188. ГОСТ 52253-2004 «Масло и паста масляная из коровьего молока. Общие технические требования».
189. ГОСТ Р 52969-2008. Масло сливочное. Технические условия.
190. Соколов С.А. Обработка сливочного масла высоким давлением / С.А. Соколов, С.В. Громов, В.О. Кіріченко // Стратегия качества в промышленности и образовании: V Междунар. конф. 6-13 червня 2009 р. м. Варна. – 2009. – С. 418-419.
191. Merkulow N., Ludwig H. The influence of high hydrostatic pressure on the adduct formation of patulin with cysteine // Progress in Biotechnology. – 2002. – Vol. 19, № 1. – P. 664-680.
192. Timson W.J., Short A.J. Resistance of microorganism to hydrostatic pressure. // Biotechnol. Bioeng. – 1965. - Vol.7, №1. – P. 139 – 145.
193. Larkin K.J., Reddy N.R. Some of effects of high pressure on bacteria. // Journal of Cell Comp. Physio. – 1999. - №15. – P. 75-83.
194. Tanaka T., Hatanaka K. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies High Pressure Processing. – U.S. Food and Administration center for Food Safety and Applied Nutrition, 2000. – 28p.
195. Buts P., Funtenberger S., Haberditzl T. High pressure inactivation of *Byssoschlamys nivea* ascospores and other heat-resistant molds. // Lebensmittelwiss. Technol. – 1996. - №29 – P. 404 - 440.
196. Down R.B., Mathews J.E. Same interesting biochemical and physical effect at high pressure // Phys. Rev. – 1979. - Vol. 56, №215. - P.84 – 92.
197. Крисс А.Е. Жизненные процессы и гидростатическое давление. М.: 1973, 130 с.
198. Сукманов В.О. Вплив параметрів процесу обробки вершкового масла високим циклічним тиском на його мікробіологічні показники / В.О.

- Сукманов В.О., В.Б. Гаркуша, О.С. Басараб, С.В. Громов. // Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2013. – Вип. №30. – С. 175-186.
199. Вышемирский Ф.А., Топникова Е.В. Консистенция сливочного масла как показатель качества. Сыроделие и маслоделие, №1, 2010, С.41-44.
200. Сукманов В.А. Исследования термоустойчивости и температуры плавления сливочного масла, обработанного высоким циклическим давлением / В.А. Сукманов, С.В. Громов, Д.А. Кристя, В.К. Моисеева // Обладнання та технології харчових виробництв: збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2013. – Вип. №31. – С. 185 – 196.
201. Сукманов В.А. Влияние высокого циклического давления на структурообразование и дисперсность сливочного масла / В.А. Сукманов, С.В. Громов // Актуальные проблемы потребительского рынка товаров и услуг: материалы III Междунар. заочной научно-практич. конф., 24 февраля 2012 г. Киров, 2012.– С. 205-208.
202. Мачихин Ю.А. и др. Геометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник/Под ред. Ю.А. Мачихина.- М.: Агропромиздат, 1990. – 270с.
203. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов. – М.: Пищевая пром-сть, 1979 – 383с.
204. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов/А.В. Горбатов, А.М. Маслов, Ю.А. Мачихин и др. Под ред А.В. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296с.
205. Сукманов В.О. Вплив параметрів процесу обробки вершкового масла високим циклічним тиском на його стійкість і стабільність якості в процесі зберігання. / В.О. Сукманов, І.Б. Левіт, С.В. Громов. // Вісник ДонНУЕТ: наук. журнал – Донецьк: ДонНУЕТ, 2013. – Вип. №57. – С. 42-55.
206. Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента / Ю.П.Грачев, Ю.М.Плаксин. – М.:ДеЛи принт, 2005. -296 с.
207. Сукманов В.А. Оптимизация параметров процесса обработки

сливочного масла высоким циклическим давлением с целью стабилизации его качества / В.А. Сукманов, С.В. Громов // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции: тезисы докл. Междунар. научно-практич. конф. 21-22 марта 2013 г., г. Минск. – 2013. – С.193-197.

208. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / Тихонов А. Н., Самарский А. А. - М. : Наука, 1972. – 736 с.

208. Волков О.И, Скляренко В.К. Экономика предприятия. - М.: ИНФРА-М, 2001.

209. Кондрашов С.И., Константинова Л.В., Буденный М.М., Дорошин А.А., Лохмачев Р.В. Сертификация и подтверждение соответствия в Украине. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006.

210. Мазур И.И, Шапиро В.Д. Управление качеством. – М.: ОМЕГА-Л, 2005.

211. Литвак Б.Г. Экспертные технологии в управлении. – М.: Изд. «Дело», 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А
Технологическая инструкция по производству масла сливочного супер

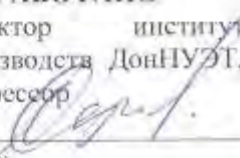
СОГЛАСОВАНО
Директор
ООО «ДВАЗ»
« » 2012 г. Р.Н. Щербачков

УТВЕРЖДЕНО
И.о. проректора по научной работе
Донецкого национального
университета экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского
« » 2012 г. Е.М. Азарян

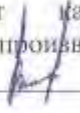



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству масла сливочного супер

РАЗРАБОТАНО
директор института пищевых
производства ДонНУЭТ, док. тех. наук,
профессор
« » 2012 г. В.А. Сукманов



РАЗРАБОТАНО
Ассистент кафедры оборудования
пищевых производств
« » 2012 г. С.В. Громов



2012

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по производству сливочного масла супер, произведенного
с использованием высокого давления
(проект)

Настоящая технологическая инструкция является собственностью Донецкого Национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского и не может быть использована иначе, как по согласованию с ней. Передача, тиражирование и использование настоящей технологической инструкции без официального разрешения ДонНУЭТ запрещены.

1. Основная характеристика продукта

Масло сливочное вырабатывается из коровьего молока или продуктов его переработки и предназначено для непосредственного употребления в пищу и промышленной переработки.

2. Классификация масла сливочного

2.1 Масло сливочное в зависимости от массовой доли жира разделяют на группы:

- масло сливочное экстра (80-85)%;
- масло сливочное крестьянское (72,5 –79,9)%;
- масло сливочное бутербродное (61,5-72,4)%;

2.2. Масло сливочное в зависимости от технологических особенностей и органолептических показателей разделяют на виды:

- сладкосливочное и соленое сладкосливочное;
- кислосливочное и соленое кислосливочное;
- 4.3. Сливочное масло в зависимости от технологических особенностей их выработки делится на категории:
- сливочное масло традиционное;
- сливочное масло супер.

3. Характеристика сырья и основных материалов

3.1. Для производства масла используют следующее сырье:

- молоко коровье цельное – в соответствии с ДСТУ 3662-97 «Молоко коровье. Требования при закупке»;
- сливки и молоко обезжиренное, полученные при сепарировании молока коровьего цельного, что соответствует требованиям ДСТУ 3662-97;
- молоко сухое цельное и обезжиренное в соответствии с ДСТУ 4273:2003;
- пахту полученную при выработке сладкосливочного масла;
- закваску бактериальную;

- соль кухонную пищевую «Экстра» - по ДСТУ 3583.

3.2. Разрешается для выработки масла сливочного бутербродного и топленого использовать масло подсырное, масло сливочное, масло топленое сборное, молочный жир в соответствии с действующими нормативными документами.

3.3. Не допускается присутствие в используемом сырье других жиров и сырья кроме молочного.

4. Характеристика готовой продукции

4.1. Масло сливочное должно вырабатываться в соответствии с требованиями ДСТУ 4399:2005 «Масло сливочное. Технические требования» с соблюдением санитарных норм и правил для молокоперерабатывающих предприятий ДСП 4.4.4.011-98.

4.2. По органолептическим показателям продукт должен отвечать требованиям, приведенным в таблице 1 без разделения на сорта и балльной оценки;

Таблица 1 - Органолептические показатели

Название показателя	Характеристика для масла	
	сладкосливочное	кислосливочное
Вкус и запах	Чистый, хорошо выраженный сливочный	
	с привкусом пастеризации	и кисломолочный
	В меру соленый для соленого масла	
	Разрешено: недостаточно выраженный сливочный и (или) слабкокормовый	
	и (или) привкусом пастеризации и (или) – перепастеризации; и (или) - топленого масла	и (или) кисломолочный
Консистенция и внешний вид	Однородная, пластичная, плотная, поверхность на разрезе блестящая или слабоблестящая, сухая Разрешено: недостаточно плотная и пластичная, поверхность на разрезе слегка матовая с наличием одиночных мельчайших капель влаги размером до 1 мм	
Цвет	От светло-желтого до желтого, однородный по всей массе	

4.3. По физико-химическим показателям масло должно отвечать требованиям, приведенным в таблице 2.

Таблица-2 - Физико-химические показатели

Название группы масла	Массовая доля жира, %
Масло сливочное экстра	От 80,0 до 85,0
Масло сливочное крестьянское	От 72,5 до 79,9
Масло сливочное бутербродное	От 61,5 до 72,4
Примечание 1. Массовая доля кухонной соли для масла соленого сладко - и кисломолочного, не больше чем 1,0 %.	
Примечание 2. В случае применения:	
- витамин А - массовая частица его должна быть не большая чем 10 мг/кг (в пересчете на сухое вещество);	
- экстракта аниато - массовая частица его- не большая чем 10 мг/кг.	

4.3.1. Титруемая кислотность или рН плазмы масла:

- для сладкосливочного
кислотность не более 23⁰T
рН не менее 6,25
- для кисломолочного
кислотность от 26⁰T до 55⁰T
рН от 6,12 до 4,5

Кислотность жировой фазы масла не более 2,5⁰ (Кеттстофера)

4.4. По микробиологическим показателям масло должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 3.

4.5. Содержание токсических элементов в масле не должны превышать предельно допустимых концентраций приведенных в таблице 4.

4.6. Содержание остаточных количеств радионуклеидов в масле не должны превышать допустимых уровней согласно ДР-97:

Cs – 137 - 100 Бк/кг,
Sr – 90 - 20 Бк/кг,

4.7. Содержание токсичных элементов микотоксинов, антибиотиков и пестицидов в масле крестьянском не должно превышать допустимые уровни, установленные в «Медико-биологических требованиях и санитарных нормах качества продовольственного сырья и пищевых продуктов №5061-39 от 01.08.89 г.

5. Гигиенические требования к технологическому оборудованию

5.1. Технологическое оборудование: (аппаратура, агрегаты, инвентарь, посуда, уплотнения, тара и пр.) должны быть выполнены из материалов, разрешенных Минздравом Украины для применения в предприятиях пищевой промышленности.

Конструкция технологического оборудования должна обеспечивать возможность его легкой разборки и надлежащей санитарной обработки.

Таблица 3. Микробиологические показатели

Название показателя	Категория масла				
	традиционное				супер
	Норма для группы масла				
	сливочного экстра и крестьянского		сливочного бутербродного		Для всех групп масла
сладко-сливочное и соленое	кислосливочное и соленно-кисло-сливочное	сладко-сливочное и соленое	кислосливочное и соленокисло-сливочное		
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, не более чем, КОЕ/г	1,0- 105	-	5,0- 105	-	-
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не разрешено, в г продукта	0,01		0,01		-
<i>Staphylococcus aureus</i> , не разрешено, в г продукта	1,0	0,1	0,1		-
Дрожжи, КОЕ в 1,0 г, не более чем	100 в сумме		100 в сумме		-
Плесневые грибы, КОЕ в 1,0 г, не более чем					-
Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода <i>Salmonella</i> не разрешены в г продукту	25		25		-
<i>Listeria monocytogenes</i> , не разрешено в г продукту	25		25		-

5.2. Обслуживание и эксплуатация оборудования должны отвечать требованиям ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.032, ГОСТ 12.2.033, ГОСТ 12.2.062, ГОСТ 12.2.124, ГОСТ 12.2.061, ГОСТ 12.2.085.

5.3. Размещение технологического оборудования должно обеспечивать соблюдение поточности производственных процессов, свободный доступ для

работающих и лиц, проводящих санитарную обработку, а также условия для соблюдения правил техники безопасности.

Таблица 4 - Содержимое токсичных элементов

Название элемента	Допустимый уровень, мг/кг, не больше чем	Метод контролирование
Свинец	0,10	ГОСТ 26932
Кадмий	0,03	ГОСТ 26933
Мышьяк	0,10	ГОСТ 26930
Ртуть	0,03	ГОСТ 26927
Медь	0,5 (0,4)	ГОСТ 26931
Цинк	5,0	ГОСТ 26934
Железо	5,0 (1,5)	ГОСТ 26928

Примечание. В скобках указаны показатели масла, которое назначают для продолжительного хранения.

5.4. Оборудование, трубопроводы и другие источники выделения конвекционного и лучистого тепла должны иметь теплоизоляцию, температура на поверхности которой не должна превышать 45⁰С.

5.5. Источники выделения влаги необходимо герметизировать или снабжать местными отсосами, вытяжными зонтами.

5.6. Контрольно-измерительные приборы, установленные для контроля технологического процесса, должны своевременно поверяться, ответственность за это возлагается на руководителя предприятия.

5.7. Аппаратура, оборудование, трубопроводы и инвентарь должны после окончания каждого технологического цикла подвергаться мойке и дезинфекции в соответствии с Методическими указаниями № 2642-82 и Инструкцией по санитарной обработке оборудования от 28.04.78 № 123-14/4079-7-77.

5.8. Пуск в эксплуатацию аппаратуры и оборудования после ремонта и реконструкции разрешается только после санитарной обработки его, дезинфекции и контроля их качества.

5.9. Оборудование, которое не используется после мойки и дезинфекции больше 6 часов, повторно дезинфицируется перед началом работы. Контроль качества мойки и дезинфекции осуществляет лаборатория предприятия непосредственно перед началом работы.

6. Гигиенические требования к условиям труда

6.1. С целью охраны здоровья и предупреждения производственного травматизма, работники предприятия обязаны выполнять основные требования техники безопасности и производственной санитарии.

6

6.2. Условия труда на рабочем месте, безопасность, технологических процессов, машин, механизмов, оборудования, состояние способов коллективной и индивидуальной защиты рабочих, а также санитарно-бытовые условия должны соответствовать требованиям нормативных актов по охране труда (Закон Украины «Об охране труда» от 14.10.1992 г.

6.3. Каждый работник предприятия обязан выполнять правила личной гигиены, при оформлении на работу проходить медицинский осмотр в соответствии с требованиями санитарно-эпидемиологической службы согласно приказа Минздрава от 23.07.2002г. № 280, а также внеплановые бактериологические обследования в соответствии с решениями территориальных санэпидстанций.

6.4. Все работники производственных цехов обязаны перед началом работы принять душ, одеть чистую санитарную одежду, подобрать волосы под косынку, тщательно вымыть и продезинфицировать руки. Соблюдать правила личной гигиены при посещении туалета снимать санитарную одежду при выходе из производственного помещения.

7. Технологический процесс производства масла сливочного супер

Технологический процесс производства состоит из следующих последовательно выполненных операций:

- приемка и оценка качества сырья;
- охлаждение, очистка и хранение молока;
- сепарирование молока;
- первичная пастеризация обезжиренного молока и сливок;
- хранение сливок;
- пастеризация сливок;
- сепарирование сливок и получение высокожирных сливок;
- нормализация высокожирных сливок;
- внесение каротина, соли, антиоксидантов или других добавок в случае их использования;
- превращение высокожирных сливок в масло;
- фасовка сливочного масла в герметичную мягкую упаковку;
- обработка герметично упакованного сливочного масла высоким циклическим давлением;
- сушка обработанного сливочного масла супер;
- фасовка масла в транспортную тару.

7.1. Приемка и оценка качества молока и сливок.

7.1.1. Молоко доставляют на предприятие в автомолцистернах, которые должны быть чистыми, иметь плотно закрытые крышки с резиновыми прокладками и пломбами. Загрязненные молочные цистерны обмывают водой. Потом цистерны открывают, определяют качество молока по органолептическим показателям и отбирают среднюю пробу для определения

физико-химических (плотность, кислотность, жирность, чистота) и микробиологических показателей.

Молоко должно быть натуральным свежим, чистым без посторонних привкусов и запахов в соответствии с ДСТУ 3662-97.

«Молоко коровье цельное, требования при закупке». Молоко отвечающее

вышеуказанным требованиям принимают через счетчик.

7.1.2. Молочные цистерны после опорожнения моют в соответствии с инструкцией по санитарной обработке оборудования на предприятиях молочной промышленности.

7.2. Охлаждение, очистка и хранение молока.

Перед подачей на счетчик молоко фильтруют через сетчатый фильтр, охлаждают и направляют на сепаратор-молокоочиститель/

Очистку молока производят без подогрева. Молоко, охлажденное до 4-8⁰С и очищенное, направляют в емкости, где хранят до переработки, периодически перемешивая.

7.3. Сепарирование молока.

7.3.1. Сепарирование молока проводят при температуре (35-40)⁰С и кислотности не выше 18⁰Т.

7.3.2. Массовая доля жира в сливках при выработке масла методом преобразования высокожирных сливок устанавливается (29-32)%.

7.3.3. При сепарировании молока необходимо строго соблюдать правила эксплуатации сепараторов, изложенных в инструкции завода-изготовителя.

При выявлении неисправностей сепаратор следует немедленно остановить, устранить неисправности.

Работать на неисправном сепараторе, категорически **запрещается**.

7.3.4. Оценку вкуса сливок проводят после пастеризации пробы. Оценку запаха проводят в сливках, нагретых до температуры 35⁰С.

7.4. Пастеризация сливок (термизация).

Для сохранения качественных показателей сливок до момента переработки на масло сливки пастеризуют при температуре (76-78)⁰С без выдержки и охлаждают до температуры (4-6)⁰С.

7.5. Хранение сливок.

При хранении сливок необходимо периодически измерять их температуру и кислотность и записывать в журнал.

В случае повышения кислотности сливок их необходимо немедленно направить на переработку, а при повышении температуры до 10-12⁰С сливки дополнительно охлаждают до температуры (4-6)⁰С.

7.6. Пастеризация сливок при выработке масла.

Температура пастеризации сливкой устанавливают с учетом их качества (кислотности, наличие посторонних привкусов и запахов).

При выработке сладкосливочного масла, сливки пастеризуют при температуре 92-95⁰С.

При хорошей устойчивости белков может применяться температура:
 (103-108)⁰С – летний период;
 (105-115)⁰С – зимний период.

7.7. Сепарирование сливок и получение высокожирных сливок.

7.7.1. Сепарирование сливок осуществляют в соответствии с правилами инструкции, прилагаемой заводом – изготовителем к каждому сепаратору.

Оптимальная температура сепарирования сливок (75-80)⁰С.

7.7.2. Работу сепаратора следует регулировать так, чтобы содержание влаги не превышало (23,5 – 24,2)%, а жирность пахты не превышала 0,4%.

Это достигается следующими способами:

- увеличением производительности сепаратора;
- снижением жирности исходных сливок;
- изменением положения регулировочных винтов для выхода пахты.

7.7.3. Обогащение высокожирных сливок воздухом выше 1,0 мл /100 г. отрицательно сказывается на консистенции масла.

При сепарировании необходимо не допускать обогащения высокожирных сливок воздухом; это происходит по следующим причинам:

- неплотной сборке сливопровода на всасывающей линии до насоса;
- свободном падении высокожирных сливок в ванну из транспортирующего лотка (сливки должны стекать по стенкам ванны);
- длительном перемешивании и охлаждении высокожирных сливок до 50⁰С и ниже в нормализационных ваннах;
- засасывания воздуха в барабан сепаратора в процессе сепарирования сливок.

7.7.4. Температура сепарирования сливок влияет на содержание СОМО в высокожирных сливках повышение температуры сепарирования на 5-10⁰С обуславливает увеличение СОМО в высокожирных сливках и в масле на 0,1-0,15%.

7.8. Нормализация высокожирных сливок.

7.8.1. Промежуточные ванны заполняют высокожирными сливками поочередно, закрывают крышками, а после нормализации направляют в маслообразователь. Задержка в промежуточных ваннах не должна превышать 30-40 мин.

Перемешивают сливки в течение 2-3 мин. каждые 10-25 мин.

Кратковременный (7-8) мин. возврат продукта из маслообразователя допустим лишь в начале работы в первую ванну.

Несоблюдение этих требований вызывает повышенное испарение влаги, вытапливание жира в высокожирных сливках и появление пороков консистенции мучнистость, сложность, нетермоустойчивость.

7.8.2. Нормализация по жиру по результатам анализа высокожирных сливок рассчитывают массу пахты, которую необходимо добавить, чтобы получить в них требуемую массовую долю влаги. Пахту, которая используется для нормализации, забирают непосредственно на выходе из сепаратора и

вносят в высокожирные сливки. После тщательного перемешивания определяют окончательную массовую долю влаги.

7.8.4. Нормализация по СОМО.

Если массовая доля СОМО в масле ниже требуемой, высокожирные сливки нормализуют сухим обезжиренным молоком, или сгущенным обезжиренным молоком, предварительно растворив их в пахте в соотношении 1/5 от массы пахты при температуре $(30-35)^{\circ}\text{C}$, процеживают через марлю, смешивают с оставшейся массой горячей пахты и вносят в нормализационную ванну.

7.8.5. Внесение соли, бета каротина и других добавок в случае их использования.

При выработке сладкосливочного соленого крестьянского масла в высокожирные сливки вносят поваренную соль «Экстра» в количестве от 0,8 – 1%. Соль предварительно прокаливают при температуре $(120-130)^{\circ}\text{C}$ в течение 3 минут и просеивают.

Посолку осуществляют рассеиванием соли по поверхности горячих высокожирных сливок в ванне до их нормализации по влаге, после чего высокожирные сливки тщательно перемешивают и отбирают пробы для определения в них содержания влаги.

Для повышения питательной ценности масла и улучшения цвета, используется бета-каротин в количестве не более 3 мг/кг в пересчете на сухие вещества.

Отмеренное количество каротина тонкой струей вносят в нормализованные высокожирные сливки при включенной мешалке.

7.9. Преобразование высокожирных сливок в масло.

7.9.1. Нормализованные высокожирные сливки из промежуточных ванн насосом подают в маслообразователь. На нагнетательной линии насоса необходимо иметь предохранительный клапан, отрегулированный на давление, указанное в инструкции по эксплуатации маслообразователя.

7.9.2. Для нормальной работы маслообразователя необходимо обеспечить:

- постоянную температуру высокожирных сливок в пределах $(60-70)^{\circ}\text{C}$ и равномерную их подачу в маслообразователь;
- безостановочную работу и постоянную производительность маслообразователя в течение всей выработки;
- отсутствие подсосов воздуха на всасывающей линии сливкопровода и в насосе;
- плотное прилегание ножей к охлаждающей поверхности пластин;
- хорошую циркуляцию рассола в полостях пластин.

7.9.3. Регулирование работы пластинчатых маслообразователей:

- при получении масла с излишне мягкой консистенцией и низкой термостойкостью повышают температуру продукта на выходе из охладителя и снижают число оборотов мешалки обработчика;

- при получении масла с излишне твердой консистенцией – снижают температуру охлаждения и увеличивают механическую обработку;
- увеличение интенсивности механической обработки масла проводят преимущественно в осенне-летний период.

7.9.4. Примерные режимы работы пластинчатого маслообразователя при выработке масла крестьянского:

- температура сливок после охладителя 12,5 – 14⁰С
- температура масла на выходе 16,5 - 18⁰С

7.9.5. При работе маслообразователя необходимо строго придерживаться температурных режимов.

Контроль температуры сливок и продукта проводят на входе и выходе из установки, а ледяной воды на входе в охлаждающую рубашку аппарата и выходе из нее.

В процессе выработки необходимо поддерживать постоянную производительность маслообразователя, контролируется производительность аппарата замером времени наполнения ящика маслом.

7.9. Фасовка сливочного масла в герметичную мягкую упаковку.

7.9.1. Объем герметичной упаковки определяется производственным плановым заданием.

7.9.2. При упаковке обеспечить отсутствие воздуха внутри упаковки.

7.11. Обработка герметично упакованного сливочного масла высоким циклическим давлением.

7.11.1. Расфасованное масла формируется в пакеты исходя из объема рабочей камеры установки высокого давления и загружается в установку.

7.11.2. Примерные режимы работы установки высокого давления: максимальное давление в каждом цикле – 320 - 340 МПа; количество циклов нагружения – 2-3; скорость импульса подъема давления – 7-10 МПа/с; скорость импульса сброса давления – 15-25 МПа/с; температура масла в процессе обработки – (18±1)⁰С.

7.11.3. Точные значения параметров процесса обработки сливочного масла высоким циклическим давлением определяется исходя из необходимой производительности оборудования и технико-организационных требования производства сливочного масла.

7.12. Сушка обработанного сливочного масла супер.

7.12.1. Сушка сливочного масла осуществляется после извлечения пакетов с обработанным маслом из установки высокого давления в условиях естественной проточной вентиляции в специально оборудованном помещении.

7.12.2. температура проточного воздуха поддерживается в интервале температур от 16⁰С до 20⁰С.

7.9.6. Технологический процесс изготовления кисломолочного масла.

Изготовление кисломолочного масла методом преобразования высокожирных сливок проводят по схеме приготовления сладкомолочного

масла, но в технологии используется бактериальная закваска и операции по ее приготовлению.

Рекомендуется использование заквасок отечественного и зарубежного производства, предназначенных для производства масла.

Производственные закваски готовят на стерилизованном молоке, пахте или сливках с массовой долей жира от 20–45% в соответствии с правилами приготовления и использования заквасок в молочной промышленности.

8. Затраты сырья и вспомогательных материалов

8.1. Затраты сырья на изготовление 1 тонны масла сливочного крестьянского рассчитывают по фактическим затратам, но не выше норм затрат, утвержденных в установленном порядке для масла сливочного крестьянского.

8.2. Затраты вспомогательных материалов, химикатов, тары и упаковочных материалов рассчитывают по фактическим затратам, но не больше норм, утвержденных в установленном порядке.

9. Упаковка и маркировка

Упаковку и маркировку масла сливочного крестьянского проводят согласно ГОСТ 23651.

9.1. В потребительскую тару:

- масло крестьянское фасуют в брикеты, завернутые в алюминиевую лакированную фольгу массой нетто 200 гр., 180 гр. с дальнейшей укладкой в картонные ящики массой нетто соответственно 5 кг. и 4,5 кг.

В транспортную тару:

- упаковывают масло крестьянское плотным монолитом в картонные ящики выстланные пергаментом марки А или полимерной пленкой.

Упаковочный материал должен со всех сторон покрывать монолит масла.

Стыки клапанов картонных ящиков с маслом склеиваются клеевой лентой на бумажной основе или полиэтиленовой лентой с липким слоем.

Масса монолита 20 кг.

9.2. Масло сливочное супер упаковывают в потребительскую и транспортную тару исходя из конечного пункта назначения масла и условий его дальнейшего хранения.

9.3. На транспортной упаковке (картонном ящике) наносится манипуляционный знак «Бойтесь нагрева», «Бережь от влаги». Маркировка содержит следующую информацию:

- дата выработки и срок годности.

- название и адрес, товарный знак, телефон предприятия изготовителя;

- порядковый номер партии с начала каждого месяца нарастающим итогом;

- порядковый номер ящика с начала каждого дня нарастающим итогом;
- масса нетто;
- вид масла, торговая марка;
- обозначение настоящего стандарта ДСТУ 4399:2005;
- знак соответствия согласно ДСТУ 2296;
- пищевая и энергетическая ценность продукта;
- условия и сроки хранения;
- состав продукта в порядке преимущества составленных частей;
- количество упакованных единиц.

9.4. Потребительская маркировка должна быть оформлена красочно.

Каждая единица упаковки должна содержать следующую информацию:

- название продукта (вид и торговая марка);
- наименование, полный адрес и телефон предприятия-изготовителя;
- масса нетто;
- состав продукта в порядке преимущества составных частей;
- штрих код EAN согласно ДСТУ 3147;
- данные о пищевой и энергетической ценности;
- дата выработки и срок годности или конечная дата употребления

«Употребить до»;

- условия и сроки хранения;
- знак соответствия согласно ДСТУ 2296;
- обозначение технических условий ДСТУ 4273:2003.

- на упаковке сливочного масла супер в обязательном порядке должно быть указано, что оно произведено с использованием технологии высокого циклического давления, которая обеспечивает стабильность высоких потребительских качеств в течение длительного срока его хранения.

9.5. Продукция, поставяемая на экспорт, маркируется согласно требованиям договора-контракта.

9.6. Для отдельных единиц упаковки в потребительской таре допускаются отклонения массы нетто масла крестьянского не больше + 3,0 %, в транспортной таре не больше 0,2 %.

10. Транспортировка и хранение

Транспортировка масла производится в автомобилях - рефрижераторах или автомобилях с изотермическим кузовом.

10.1. Сроки хранения масла сладкосливочного крестьянского представлены в таблице 5.

Хранение и транспортировка масла коровьего вместе с рыбой, копченостями, фруктами и др. пищевыми продуктами со специфическим запахом не допускается.

На предприятиях розничной торговли срок хранения масла при температуре не выше 6⁰С и относительной влажности воздуха не более 80%:

- для сливочного масла в потребительской

упаковке - не более 3 дней
 - для сливочного масла в монолите - не более 10 дней

Таблица 5- Сроки хранения масла сладкосливочного крестьянского

Температура хранения	от 0 ⁰ С до -5 ⁰ С	от 6 ⁰ С до -11 ⁰ С	от -12 ⁰ С до -18 ⁰ С
Сроки хранения в месяцах в транспортной таре.			
1. Масло крестьянское сладкосливочное	3(5)	9(12)	12(18)
Сроки хранения в днях в потребительской таре			
3. Масло сладкосливочное крестьянское герметич. упак.	35(45)	60(70)	75(85)

* - В скобках указаны сроки хранения для сливочного масла супер, произведенного с использованием технологии высокого циклического давления.

11. Контроль производства

11.1. Технологический и микробиологический контроль сырья технологических процессов осуществляет лаборатория предприятия в соответствии с «Инструкцией по микробиологическому контролю производства на предприятиях молочной промышленности», - стандартами: «Методы испытания молока и молочных продуктов» и стандартом на данный продукт.

11.2. Приемка продукции проводится партиями. Партией продукции считается количество её, получаемое за один технологический цикл, однородное по своим качественным показателям и сопровождаемое одним документом о качестве (удостоверением).

11.3. Качество сырья проверяют при входном контроле, при поступлении его на завод. Отбор проб и подготовка их к анализу производится согласно ГОСТ 3622-68.

11.4. Для проверки соответствия требованиям нормативным документам предприятие-изготовитель проводит приемо-сдаточный, периодический контроль продукции и государственную санитарно-эпидемиологическую экспертизу и сертификацию продукции.

11.5. Приемно – сдаточные испытания проводят на каждой партии продукции.

При приемо-сдаточном контроле проверяют органолептические показатели, состояние упаковки и маркировки, вес, физико-химические показатели и сопровождают каждую партию продукции документом о качестве установленной формы.

11.6. Периодические испытания проводятся по следующим показателям:

- химической безопасности;
- радиологической безопасности;
- микробиологической безопасности

с периодичностью, установленной методическими указаниями МР «Периодичность контроля продовольственного сырья и пищевых продуктов по показателям безопасности» № 4.4.4.108-2004 г.

11.7. Контроль показателей безопасности сырья, идущего в производство и масла сливочного и топленого осуществляется лабораториями, аккредитованными Государственным Комитетом Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики.

Продовольственное сырье, поступающее на предприятие должно иметь сопроводительную документацию о качестве (качественное удостоверение, сертификат соответствия, заключение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы), которые содержат сведения о показателях качества и безопасности продукта.

Периодичность контроля проводится за содержанием:

- | | |
|-------------------------------|----------------------|
| - солей тяжелых металлов, | |
| пестицидов, нитратов | - один раз в полгода |
| - радионуклеидов | |
| Cs – 137, Sz – 90 | - один раз в квартал |
| - микотоксинов, антибиотиков, | |
| гормональных препаратов | - один раз в году |

Периодичность контроля микробиологических показателей масла сливочного один раз в 5 дней ведомственной лабораторией предприятия, контрольно-территориальной санэпидстанцией.

11.8. При получении неудовлетворительных результатов испытаний по вышеуказанным показателям проводят повторные испытания удвоенной выборки продукции, взятой от той же партии, результаты исследования распространяются на всю партию.

При повторных неудовлетворительных результатах испытаний вся партия бракуется и направляется на промпереработку способы которой согласовываются с государственной санэпидслужбой.

11.9. Государственная санитарно-эпидемиологическая экспертиза проводится в порядке и с периодичностью, установленной МОЗ Украины областной санэпидстанцией.

11.10. Сертификация продукции осуществляется центральным государственным органом по сертификации продукции и услуг.

12. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОМЕЩЕНИЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНВЕНТАРЯ

12.1. Санитарная обработка производственных и вспомогательных помещений, технологического оборудования и инвентаря должна проводиться в соответствии с действующими «Государственными санитарными правилами для предприятий молокоперерабатывающей промышленности ДСИ 444.011-98.

12.2. Ежемесячно на предприятии должны проводиться санитарные дни, графики их проведения согласовываются с территориальной госсанэпидслужбой.

12.3. Моющие и дезинфицирующие средства, используемые для санитарной обработки производственных, вспомогательных помещений, оборудования, инвентаря, рук работников предприятия должны быть разрешены Минздравом Украины для применения на предприятиях данной отрасли.

12.4. Предприятие должно иметь расчеты потребности моющих и дезинфицирующих средств и вести учет их расхода.

12.5. Работу с моющими и дезинфицирующими растворами необходимо проводить в специально выделенных помещениях с соблюдением правил техники безопасности при работе со щелочами и кислотами.

13. Метрологическое обеспечение производственного процесса

13.1. Контроль массы продукта, упакованного в потребительскую тару осуществляют на электронных весах третьего класса точности с наибольшей границей взвешивания 2 кг. по ГОСТ 23676.

13.2. Контроль массы продукта, упакованного в транспортную тару осуществляют на электронных весах ВВ-60 с диапазоном взвешивания от 400 гр. до 60 кг. с ценой деления 20 гр.

13.3. Температура пастеризации сливок определяется прибором KR-5 диапазон замера 0-150⁰С, контролируемая температура 85-97⁰С.

13.4. Контроль давления пара на трубчатом пастеризаторе производят манометром МП-4 с диапазоном замера от 0 до 16 кгс/см² контролируемое давление пара ≥ 8 кгс/см².

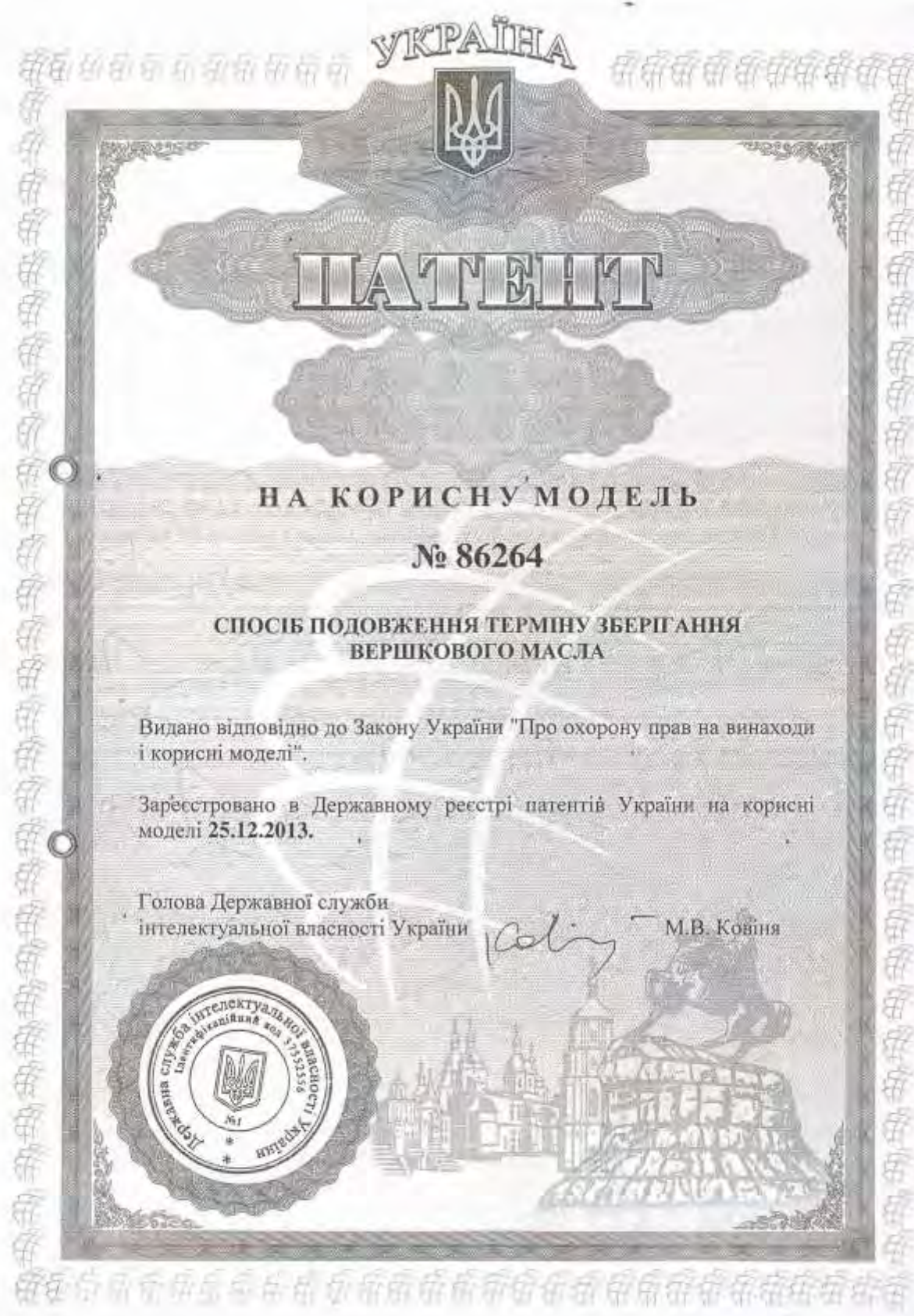
13.5. Температуру хранения продукта контролируют термометром с диапазоном измерения $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

13.6. Относительную влажность воздуха контролируют психрометром с диапазоном измерения (10-100)% и погрешностью $\pm 4\%$.

13.7. Все данные измерений заносят в технический журнал.

Приложение Б
Копии патентов на полезную модель





Продолжение приложения Б

(11) 86264

Пронумеровано, прошито металевими люверсами та скріплено печаткою
2 арк.
25.12.2013

Уповноважена особа



(підпис)



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **86264** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
A23C 15/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 07278	(72) Винахідник(и): Сухманов Валерій Олександрович (UA), Громов Сергій Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.06.2013	(73) Власник(и): ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН- БАРАНОВСЬКОГО, вул. Щорса, 31, м. Донецьк, 83050 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.12.2013	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.12.2013, Бюл.№ 24	

(54) СПОСІБ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ВЕРШКОВОГО МАСЛА

(57) Реферат

Спосіб подовження терміну зберігання вершкового масла включає обробку масла в упаковці. Обробку масла здійснюють високим циклічним тиском у м'якій герметичній упаковці при параметрах процесу: температура $15 \pm 0,5$ °C, величина максимального тиску, МПа - $P_{max} = 320-350$, кількість циклів навантаження, $n = 2-3$, швидкість підняття тиску, МПа/с, $v_{up} = 7-10$, швидкість скидання тиску, МПа/с, $v_{down} = 15-25$, тривалість витримки тиску в першій верхній й нижній точках циклограми 30 секунд.

UA 86264 U

UA 86264 U

Корисна модель належить до способу подовження терміну зберігання вершкового масла (ВМ) й може бути використана на підприємствах масложирової й молочної промисловості для виробництва вершкового масла тривалого зберігання. Даний продукт може бути використано при формуванні запасів у важкодоступних регіонах країни, на кораблях далекого плавання, альпіністами, туристами й рибалками при відсутності умов для повноцінного збереження масла, виробленого традиційним способом.

ВМ, що виробляється в цей час, має певні недоліки, що приводять до необхідності забезпечення спеціальних умов для його тривалого зберігання, при недотриманні яких прискорюються окисні процеси, різко знижується його харчова цінність і показники безпеки [1].

У літературі відомі способи виробництва ВМ тривалого зберігання: ВМ стерилізоване, сухий концентрат ВМ із натуральним складом жирової фази й регульованим жирнокислотним складом. Об'єднуючим їх фактором є призначення: забезпечення повноцінного харчування людей, що перебувають в екстремальних умовах (армія й флот, експедиції, туристи й ін.), постачання важкодоступних районів, віддалених регіонів і ін. Загальні вимоги до цих продуктів: підвищена транспортабельність і тривале збереження якості при нерегульованих умовах температури й вологості, тобто при коливаннях температури до 25 °С і підвищеної вологості (більше 90 %) повітря [2].

Строк зберігання стерилізованого ВМ до 3 міс. від дня виробництва, у тому числі на заводі до 30 діб при температурі не вище 10 °С. У сложивача - при температурі не вище 25 °С до 2 міс. Допускається зберігання стерилізованого ВМ до 12 міс. при температурі мінус 13-15 °С.

Недоліком даного способу є той факт, що високотемпературна стерилізація не забезпечує повноцінну мікробіологічну стерильність продукту й припинення окисних процесів; в органолептичній оцінці стерилізованого ВМ допускається незначна крихкість і розпушуваність, частки витопленого жиру на поверхні й коагуляція окремих часток білка.

Сухе масло - сипучий порошок світло-жовтого кольору із приємним вершковим смаком, швидко розчинний у теплій воді. Виробляється з натуральних високоякісних вершків з масовою часткою жиру не менше 30 %. Для підвищення стійкості жирової дисперсії у вершки перед сушінням додають білковий концентрат, одержаний зі знежиреного молока, за оригінальною технологією. Строки зберігання сухого масла при температурі від 0 до 10 °С і до 25 °С і відносної вологості повітря не більш 85 %, відповідно 12 і 9 місяців, незалежно від упакування. Недоліком даного способу є той факт, що продукт має високу гігроскопічність, у процесі зберігання має низьку пухкість, високу спливість і невисоку технологічність й споживчі властивості.

У цей час в інструкції з упакування, приймання, холодильної обробки, зберігання й реалізації коров'ячого масла на заводах-виробниках, холодильниках і підприємствах торівлі наведено безліч розрізнених режимів зберігання й строків придатності масла без обґрунтування їх вибору, що є результатом відсутності системи, що дозволяє сформулювати наукові основи для встановлення строків придатності вершкового масла [3].

Відповідно до ДСТУ 4399:2005 "Масло вершкове" [3] передбачено 3 режими зберігання. Режим 1 - температура від 0 °С до -5 °С. Режим 2 - температура від -6 °С до -11 °С і режим 3 - температура від -12 °С до -18 °С. Відповідно трьом температурним режимам строки придатності в транспортній тарі коливаються від 2 до 12 місяців.

Строки придатності до споживання ВМ у споживчій упаковці суттєво залежать від масової частки жиру в маслі, типу упаковки й коливаються для ВМ різних сортів від 15 до 90 діб. Установлені строки зберігання ВМ у торговельній мережі й на підприємствах ресторанного господарства: при температурі не вище 6 °С для ВМ у моноліті - 10 діб, при зберіганні ВМ у споживчій упаковці - не більш 3 діб.

У цей час нормативними документами регламентуються наступні режими зберігання насолоного ВМ у картонних ящиках при відносній вологості повітря не менше 85 %: режим 2 (промислове зберігання) при температурі мінус (6±3)°С. При цьому, рекомендований строк придатності продукту становить 9 місяців і при 3-му режимі зберігання (температура зберігання не вище 25 °С) - 15 місяців.

Найбільш близьким способом виробництва вершкового масла тривалого зберігання є спосіб виробництва стерилізованого ВМ, яке виробляють за технологічною схемою виробництва масла методом перетворення високожирних вершків з використанням комплексу устаткування з автоматом для фасування високожирних вершків у бляшані банки для їхньої стерилізації в автоклаві. Відмінною рисою технології стерилізованого ВМ є високотемпературна обробка високожирних вершків і відсутність операції - перетворення їх у масло. Після стерилізації для забезпечення достатнього перетворення фаз і формування структури, характерної для ВМ

UA 86264 U

банки в автоклаві прохолоджують протягом 20 хв. холодною водою й направляють у холодильні камери, де їх витримують 12-14 год. при 8-10 °С (прототип) [2].

В основу корисної моделі поставлена задача розробити спосіб подовження терміну зберігання вершкового масла, з високою харчовою цінністю, мікробіологічною безпекою й високими споживчими та технологічними властивостями.

Поставлена задача вирішується тим, що включає обробку ВМ в упаковці, згідно з корисною моделлю, обробку ВМ здійснюють у м'якій герметичній упаковці високим циклічним тиском при параметрах процесу: величина максимального тиску, МПа- $P_{max}=320-340$; кількість циклів навантаження, $n=2-3$; швидкість підняття тиску, МПа/с, $u_{up} = 7-10$; швидкість скидання тиску, МПа/с $u_{down} = 15-25$.

Пропонований спосіб виробництва вершкового масла тривалого строку зберігання відрізняється від способу виробництва вершкового масла методом перетворення високожирних вершків тим, що після маслоутворювача масло герметично упаковували в м'яку контейнери, які замурували в проміжну рідину (дистильована вода), яка заповнювала робочу камеру установки високого тиску й обробляли при температурі $15\pm 0,5$ °С високим циклічним тиском з параметрами процесу: величина максимального тиску, МПа - $P_{max}=320-340$; кількість циклів навантаження, $n=2-3$; швидкість підйому тиску, МПа/с, $u_{up} = 7-10$; швидкість скидання тиску, МПа/с, $u_{down} = 15-25$, тривалість витримки тиску в верхній й нижній точках циклограми 30 секунд, після чого упаковку з маслом сушили в природних умовах (проточним повітрям) і відправляли на склад готової продукції для охолодження й тривалого зберігання.

Такі параметри були отримані в результаті проведення експериментів з визначення впливу параметрів процесу на наступні фізико-хімічні показники ВМ, що характеризують стабільність його якості в процесі тривалого зберігання:

- активність води в ВМ;
- дисперсність часток ВМ;
- мікробіологічна стерильність;
- хімічні числа (кислотне число - КЧ, йодне число ЙЧ, перекисне число, ПЧ, число Рейхерта-Мейссля - рР-М, що характеризують кількість розчинних у воді летучих жирних кислот, число Поленске - НП, що характеризує кількість нерозчинних у воді летучих жирних кислот);
- загальна органолептична оцінка.

Виходячи з медико-біологічних вимог і санітарних норм якості продовольчої сировини й харчових продуктів, у зразках ВМ контролювали наступні мікробіологічні показники:

- мезофільні аеробні й факультативно-анаеробні мікроорганізми (КМАФАМ, КУО, в 1 г. не більше 5×10^4 - 5×10^5);

- бактерії групи кишкова паличка (БГКП), в 0,1-0,01 г - не допускаються;
- патогенні мікроорганізми, у тому числі сальмонелл в 25 г - не допускається.

Крім перерахованих вище показників був досліджений вплив ВЦТ на три види психрофільних бактерій:

- *Listeria seeligeri* (*Listeria innocua*);
- *Pseudomonas fluorescens*;
- *Paenibacillus polymyxa*,

які часто є причиною псування продуктів харчування при їхньому зберіганні в охолодженому стані (Ternstrom, A., Lindberg, A. M. and Molin, G. 1993, Classification of the spoilage flora of raw and pasteurized bovine milk, with special reference to *Pseudomonas* and *Bacillus*. Journal of Applied Bacteriology, 75: 25-34.)

Усі перераховані вище зразки культур були отримані як результат посіву й наступного розведення до необхідної концентрації зразків мікрофлори, виявлених у непастеризованому молоці при проведенні різних мікробіологічних аналізів і ідентифікованих.

Початкова концентрація мікрофлори перед її внесенням у продукт становила:

- бактерії груп кишкова паличка в 1 г продукту - 25×10^8 КУО;
- кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів - 25×10^5 КОЕ

/л

- *St. aureus* в 1 г продукту - 2,5;
- дріждя, КУО в 1 г - 250 у сумі;
- плісняві гриби, КУО в 1 г - 250 у сумі;
- патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella* в 1 г продукту - 50;
- *Listeria monocytogenes* в 1 г продукту - 50.

Контрольний зразок масла й зразки, що підлягають обробці ВЦТ і наступному аналізу за мікробіологічними показниками, виготовлено згідно з діючими на Мар'їнському молокозаводі ВАТ "Лайтс" технічними умовами.

UA 86264 U

як зразки ВМ, що обробляли ВЦТ, було використано масло жирності 72,5% солодковершкове селянське, що випускається згідно з ДСТУ 4399:2005 "Масло вершкове Технічні умови".

Обробку масла здійснювали згідно з циклограмою при наступних параметрах процесу:
5 максимальний тиск, P_{max} - 230, 260, 290, 320, 350 МПа, тривалість обробки - 5, 10, 15, 20 хв,
швидкість імпульсу при зростанні тиску u_{\uparrow} = 1, 5, 10 МПа/с і швидкість імпульсу при зниженні
тиску u_{\downarrow} = 25, 20, 5 МПа/с. Тривалість витримки тиску в першій верхній й нижній точках
циклограми прийняті рівними 30 секунд. Температура масла при обробці ВЦТ - $15 \pm 0,5$ °С.
Кількість циклів, n - від 1 до 5.

10 Обробку ВМ ВЦТ здійснювали на дослідницькому комплексі, створеному в проблемній
лабораторії "Використання високого тиску в харчових виробництвах" ДонНУЕТ імені Михайла
Туган-Барановського.

Використовували ВМ, яке було виготовлено за технологією перетворення високожирних
вершків, але після маслоутворювача масло герметично упакували в м'які контейнери, які
занурювали в проміжну рідину (дистильована вода), яка заповнювала робочу камеру установки
15 високого тиску й обробляли високим циклічним тиском з параметрами процесу: величина
максимального тиску, МПа - P_{max} = 320-350; кількість циклів навантаження, n=2-3; швидкість
підняття тиску, МПа/с, u_{\uparrow} = 7-10; швидкість скидання тиску, МПа/с, u_{\downarrow} = 15-25; тривалість
витримки тиску в першій верхній й нижній точках циклограми 30 секунд, температура масла при
20 обробці ВЦТ - $15 \pm 0,5$ °С, після чого упакову з маслом сушили в природних умовах (проточним
повітрям) і відправляли на склад готової продукції для охолодження й тривалого зберігання.
Дані параметри процесу обробки ВМ ВЦТ отримані в результаті оптимізації процесу і є
оптимальними для використання на практиці.

Надалі зразки ВМ зберігалися при температурі $4 \pm 0,5$ °С.

25 Приклад 1

Використовували ВМ, яке було виготовлено за технологією перетворення високожирних
вершків, але після маслоутворювача масло герметично упакували в м'які контейнери, які
занурювали в проміжну рідину (дистильована вода), яка заповнювала робочу камеру установки
30 високого тиску й обробляли високим циклічним тиском з параметрами процесу: величина
максимального тиску, МПа - P_{max} = 350; кількість циклів навантаження, n=3; швидкість підйому
тиску, МПа/с, u_{\uparrow} = 10; швидкість скидання тиску, МПа/с, u_{\downarrow} = 25; тривалість витримки тиску в
першій верхній й нижній крапках циклограми 30 секунд, температура масла при обробці ВЦТ -
15 ± 0,5 °С, після чого упакову з маслом сушили в природних умовах (проточним повітрям) і
відправляли на склад готової продукції для охолодження й тривалого зберігання.

35 Переваги запропонованого способу одержання ВМ полягають у наступному. ВМ,
виготовлене пропонуванним способом, зберігає свою високу харчову цінність, високі споживчі й
технологічні властивості в процесі тривалого зберігання (до 12 місяців) у герметичній упаковці
при температурі зберігання $4 \pm 0,5$ °С.

Надалі зразки ВМ зберігалися при температурі $4 \pm 0,5$ °С.

40 Через 3 і 12 місяців зберігання контрольних зразків ВМ і дослідних зразків оброблених ВЦТ
при параметрах процесу: P_{max} =350; n=2; u_{\uparrow} = 10 МПа/с; u_{\downarrow} = 25 МПа/с, тривалість витримки
тиску в першій верхній й нижній точках циклограми 30 секунд, температура масла при обробці
ВЦТ - $15 \pm 0,5$ °С, зробили оцінку фізико-хімічних показників ВМ, що характеризують стабільність
його якості в процесі тривалого зберігання (табл. 1)

45

Таблиця 1

Зміна показників ВМ у результаті його обробки ВЦТ
при наступних параметрах процесу: P_{max} = 350 МПа; n=3, u_{\uparrow} = 10 МПа/с, u_{\downarrow} = 25 МПа/с

Найменування показника	Значення показника			
	прототип ВМ через 3 місяці зберігання	Дослідні зразки ВМ через 3 місяці зберігання	Прототип ВМ через 12 місяців зберігання	Дослідні зразки ВМ через 12 місяців зберігання
Кислотне число, мгКОН/г	1,48	0,57	1,86	1,03
Перекисне число, ($1/2O_2$)/кг	0,027	0,020	0,004	0,001
Іодне число, I ₂ /100 г	26	24	20	19
Число омилення, мгКОН/г	241	231	264	257

Продолжение приложения Б

UA 86264 U

Продовження таблиці 1

Число Поленске	3,25	2,50	5,25	4,60
Число Рейхерта-Мейосля	40	35	62	57
Активність води	0,925	0,989	0,880	0,945
Середня площа жирових кульок, мкм ²	12,82	11,79	12,83	11,78
Компактність жирових кульок	0,91	0,84	0,91	0,83
Середня площа часток вологи, мкм ²	5,90	4,91	5,80	4,88
Кількість повітряних пухирців на площі окуляра	230	171	228	168
Середній діаметр повітряних пухирців, мкм	3,93	2,63	3,92	2,62

Контроль мікробіологічних показників контрольованих зразків підтвердив їхню мікробіологічну чистоту.

Мікробіологічний контроль через 2, 6, 9 і 12 місяців зразків ВМ, виготовлених при різних параметрах процесу показав інтервал значень параметрів процесу, які забезпечують мікробіологічну чистоту ВМ у процесі його зберігання протягом 12 місяців.

Граничний параметр $P_{max}=350$ МПа зумовлений виникненням стерилізаційного ефекту в продукті підвищення значення даного параметра за економічними показниками недоцільно (табл. 2).

Таблиця 2

Значення мікробіологічного обміління ВМ, обробленого ВЦТ при $p=2-3$ і різних значеннях параметрів процесу обробки при його тривалому зберіганні ($t=4\pm 0,5$ °C)

Параметри процесу обробки: P_{max} , МПа - u_{d1} МПа/с- u_{d2} , МПа/с	Наявність мікрофлори: безпосередньо після обробки ВЦТ/ через 3 місяці зберігання/ через 6, 9, 12 місяцями відповідно						
	Кількість мезофільних аеробних і факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО /г	St. aureus в 1 г продукту	Бактерії груп кишкової палички, не допускається, в 1 г продукту	Дрожжі, КОЕ в 1 г	Плісняві гриби, КУО в 1 г	Патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella в 1 г продукту	Listeria monocytogenes в 1 г продукту
230-1-5	-/-/1x10 ² /2x10 ²	-/-/0,5/1,5	-/-/1x10 ⁻³ /2x10 ⁻²	-/-/100/130	-/-/100/130	-/-/25/40	-/-/25/35
230-5-10	-/-/2x10 ²	-/-/0,5/1,5	-/-/2x10 ⁻²	-/-/100/110	-/-/100/110	-/-/25/35	-/-/25/35
230-10-25	-/-/3x10	-/-/0,5/1,1	-/-/1x10 ⁻²	-/-/110	-/-/110	-/-/20/35	-/-/25
290-1-5	-/-/1x10	-/-/0,8/1,1	-/-/1x10 ⁻³	-/-/100	-/-/100	-/-/25	-/-/25
290-5-10	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/100	-/-/-	-/-/-	-/-/-
290-10-25	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-
350-1-5	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-
350-5-10	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-
350-10-25	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-	-/-/-

Джерела інформації, які використані при складанні заявки:

1. Производство сливочного масла: Справочник / Андрианов Ю.П., Вышемирский Ф.А., Качераускис Д.В. і др. Под ред д-ра техн. наук Ф.А. Вышемирского. - М.: Агропромиздат, 1985-1988. - 303 с.

UA 86264 U

2. Качераускис Д. Реологические и некоторые структурные свойства масла и методы их определения. - Труды литовок, ф-ла ВНИИМСа, Вильнюс, 1974, т. 9, с. 33-39 (прототип).

3. Хомутов Б.И., Ловачев Л.Н. Хранение пищевых жиров. - М.: Экономика, 1972. - 160 с. Хомутов Б.И., Ловачев Л.Н.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10 Спосіб подовження терміну зберігання вершкового масла, що включає обробку масла в упаковці, який відрізняється тим, що обробку масла здійснюють високим циклічним тиском у м'якій герметичній упаковці при параметрах процесу: температура $15 \pm 0,5$ °С, величина максимального тиску, МПа - $P_{\max} = 320-350$, кількість циклів навантаження, $n = 2-3$, швидкість підняття тиску, МПа/с, $u_{\uparrow} = 7-10$, швидкість скидання тиску, МПа/с, $u_{\downarrow} = 15-25$, тривалість витримки тиску в першій верхній й нижній точках циклограми 30 секунд.

Комп'ютерна верстка І. Мироненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Продолжение приложения В

УЗГОДЖЕНО
Проректор ДонНУЕТ *С. С. Романько* О.М. Азарян
№ 30 « 06 » 2014 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «ПРОДІМПЕКС» *О.Б. Демідова*
№ _____ « _____ » 2014 р.
М.П.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів науково-дослідницьких, дослідно-конструкторських і
технологічних робіт у вищих навчальних закладах
ТОВ «ПРОДІМПЕКС»
найменування організації

О.Б. Демідова
п.п. керівника організації

Цим актом встановлюється, що результати роботи
Розробка рекомендацій щодо удосконалення процесів довгострокового зберігання сировини та напівпродуктів для кондитерських виробів № 875/2014
найменування теми. № держ. реєстрації

виконаною Донецьким національним університетом економіки і торгівлі імені Михайла Тугаи-Барановського

вартістю 4166, 67 грн. і 833,33 грн. ПДВ Чотири тисячі сто шістдесят шість гривень, 67 коп. і вісімсот тридцять три гривні 33 коп. ПДВ

що виконується 01.06. 2014-30.06. 2014
строку виконання

впроваджені ТОВ «ПРОДІМПЕКС»
найменування підприємства, де здійснювалося впровадження

1. Вид впроваджених результатів Практичні рекомендації
експлуатація виробів, роботи, технології

виробництво виробів, роботи, технології, функціонування (систем)

2. Характеристика масштабу впровадження одничне

3. Форма впровадження унітарна, одиничне, партії, масове, серійне

Методика (метод) _____

4. Новизна результатів науково-дослідних робіт якісно нові
ініціативні, принципово нові, якісно нові, модифікації

зменшення витрат енергії на зберігання олійних продуктів, підвищення якості продукту що зберігається, збільшення строків зберігання

4.1. Показники результативності, перевага над аналогами: рекомендації дають змогу удосконалити процеси зберігання сировини та напівпродуктів що використовуються в кондитерських виробництвах

5. Дослідно-промислова перевірка _____
вказати номер і дату актів випробувань

6. Впроваджені: найменування підприємства, період
- у промислове виробництво ТОВ "ПРОДІМПЕКС"
- у проектні роботи ділянка, цех, процес

7. Річний економічний ефект

- очікуваний _____ тис.грн.
від впровадження у проект _____ тис.грн.

- фактичний _____ тис.грн.
у тому числі набова участь _____ тис.грн.

8. Питома економічна ефективність впроваджених результатів _____ тис.грн.
%, цифрами і прописом

9. Обсяг впровадження _____ тис.грн.
що складає _____ % від обсягу впровадження, покладеного в основу розрахунку гарантованого економічного ефекту, розрахованого по закінченню НДР (Етар.- тис грн.)

10. Соціальний і науково-технічний ефект _____
Збільшення строків зберігання за рахунок малоенергоємних технологій, підвищення екологічності та умов праці.

Від ДонНУЕТ *С. С. Романько* Від підприємства *Н.Н. Петрашова*
Нач. НДС *С.М. Романько* Нач. планового відділу
Керівник НДР *С.А. Соколов* Гл. бухгалтер
Виконавці *О.О. Декань* Відповідальний за впровадження
С.В. Громов

Приложение Д
Технические условия ТУ У 15.5-01566057-029:2012
«Масло сливочное супер»

ДКПП

Группа

СОГЛАСОВАНОДиректор
ООО «ДІВАЗ»

« »



Р.Н. Шербаков

2012 г.

УТВЕРЖДЕНОИ.о. проректора по научной работе
Донецкого национального
университета экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского

Е.М. Азарян

Е.М. Азарян

2012 г.

МАСЛО СЛИВОЧНОЕ СУПЕР
МАСЛО ВЕРШКОВЕ СУПЕР

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ТУ У 15.5-01566057-029:2012

(Вводится впервые)

Дата введения с _____

Действует до _____

РАЗРАБОТАНОДиректор института пищевых
производств ДонНУЭТ,
док. тех. наук, профессор« » _____ В.А. Сукманов
2012 г.**РАЗРАБОТАНО**Ассистент кафедры оборудования
пищевых производств« » _____ С.В. Громов
2012 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	С
1. Сфера применения	2
2. Нормативные ссылки	2
3. Термины и определения понятий	5
4. Классификация	6
5. Общие технические требования	6
6. Требования по безопасности	12
7. Требования по охране окружающей среды	12
8. Правила приемки	12
9. Методы контроля	13
10. Правила транспортирования и хранения	14
Приложение А. Библиография	18

1. СФЕРА ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Этот стандарт распространяется на масло сливочное (далее по тексту - масло), изготовлено только из коровьего молока и (или) продуктов его переработки и предназначено для непосредственного употребления в пищу, кулинарных целей, использование на предприятиях ресторанного хозяйства и пищевой промышленности.

1.2. Требования относительно безопасности масла изложены в 5.2.6-5.2.9 и разделах 6, 7.

1.3. Стандарт не распространяется на шоколадное масло и масло с пониженной жирностью (содержание молочного жира от 50% до 61,5%).

2. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Этот стандарт содержит ссылки на следующие нормативные документы:

ДСТУ 3147-95 Коды и кодирования информации. Штриховое кодирование. Маркировка объектов идентификации. Формат и расположение штрих кодовых меток EAN на таре и упаковке товарной продукции. Общие требования

ДСТУ 3583-97 (ГОСТ 13830-97). Соль поваренная. Общие технические условия;

ДСТУ 3662 97 Молоко коровье цельное. Требования при закупках;

ДСТУ 4273:2003 Молоко и сливки сухие. Общие технические условия;

ДСТУ IDF 93A:2003 Молоко и молочные продукты. Определение *Salmonella*;

ДСТУ ISO 707:2002 Молоко и молочные продукты. Руководство по отбору проб;

ДСТУ ISO 6799-2002 Жиры и масла животные и растительные. Определение состава стериновой фракции. Газохроматографический метод;

ДСТУ ISO 7238-2001 Масло сливочное. Потенциометрический метод определения pH плазмы;

ДСТУ ISO 11290-1:2003 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод проявления и подсчета *Listeria monocytogenes*. Часть 1. Метод обнаружения;

ДСТУ ISO 11290-2:2003 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод проявления и подсчета *Listeria monocytogenes*. Часть 2. Метод подсчета;

ДСТУ ГОСТ 745:2004 Фольга алюминиевая для упаковки. Технические условия;

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (ССБТ Шум. Общие требования по безопасности);

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие

требования безопасности (ССБП, Оборудованный производственно. Общие требования по безопасности);

ГОСТ 12.3.002-75 СС5Т, Процессы производственные. Общие требования безопасности (ССБП, Процессы производственные. Общие требования по безопасности);

ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями (Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями);

ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством (Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством);

ГОСТ 3622-68 Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию (Молоко и молочные продукты. Отбор проб и подготовка их к испытанию);

ГОСТ 3624-92 Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности (Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности);

ГОСТ 3627-81 Молочные продукты. Методы определения хлористого натрия (Молочные продукты. Методы определения хлорида натрия);

ГОСТ 5867-90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира (Молоко и молочные продукты. Методы определения жира);

ГОСТ 9225-84 Молоко и молочные продукты. Метод микробиологического анализа (Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа);

ГОСТ 10444.12-88 Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов (Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов);

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов (Маркировка грузов);

ГОСТ 21650-76 Средства скрепления тарно-штучных грузов в транспортных пакетах. Общие требования (Средства скрепления тарно-штучных грузов в транспортных пакетах. Общие требования);

ГОСТ 23452-79 Молоко и молочные продукты. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов (Молоко и молочные продукты. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов);

ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукция. Основные положения (Входной контроль продукции. Основные положения);

ГОСТ 24597-81 Пакеты тарно-штучных грузов. Основные параметры и размеры (Пакеты тарно - штучных грузов. Основные параметры и размеры);

ГОСТ 26663-85 Пакеты транспортные. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования. (Транспортные

пакеты. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования);

ГОСТ 26809-86 Молоко и молочные продукты Правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу (Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовки проб к анализу);

ГОСТ 26927-36 Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути (Сырье и продукты пищевые. Метод определения ртути);

ГОСТ 26928-86 Продукт пищевые, Метод определения железа (Продукты пищевые. Метод определения железа);

ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые, Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов (Сырье и продукты пищевые. Приготовление проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов);

ГОСТ 26930-86 Сырье и продукта пищевые. Метод определения мышьяка (Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка);

ГОСТ 26931-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди (Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди);

ГОСТ 26932-86 Сырье и продукта пищевые. Метод определения свинца (Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца);

ГОСТ 26933-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия (Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия);

ГОСТ 26934-86 Сырье и продукта пищевые. Метод определения цинка (Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка);

ГОСТ 29329-92 Весы для статического взвешивания. Общие технические требования (Весы для статического взвешивания. Общие технические требования);

ГОСТ 30176-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов (Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов);

ГОСТ 30347-97 Молоко и молочные продукты. Методы определения *Staphylococcus aureus* (Молоко и молочные продукты. Методы определения *Staphylococcus aureus*).

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЙ

3.1 Ниже представлены термины, принятые в этом стандарте:

3.1.1 масло из (коровьего молока)

Пищевой жировой продукт, который производят только из коровьего молока и (или) продуктов его переработки, с равномерно распределенными в жировой влажной среде и сухими обезжиренными веществами.

3.1.2 Сливочное масло

Масло, что производят из сливок и (или) продуктов переработки молока, которое имеет специфический свойственный ему вкус, запах и пластичную консистенцию при температуре $(12 \pm 2)^\circ\text{C}$, с содержанием

молочного жира не менее 61,5 %, что составляет однородной эмульсии типа «вода в масле»

3.1.3. Сливочное масло супер

Вид сливочного масла, который производят с использованием технологии высокого давления, обеспечивающей улучшенные потребительские свойства и их стабильность в течение длительного срока хранения

3.1.4. Сладкосливочное масло

Вид сливочного масла, что производят из натуральных пастеризованных сливок

3.1.5 Кислосливочное масло

Вид сливочного масла, который производят из пастеризованных сливок, сквашенных чистыми культурами молочнокислых бактерий

3.1.6. Соленое масло сливочное

Вид сливочного масла, который производят с добавлением поваренной соли

3.1.7. Сливочное масло экстра

Группа сливочного масла с массовой долей жира от 80,0 % до 85,0 %

3.1.8. Сливочное масло крестьянское

Группа сливочного масла с массовой долей жира от 72,5 % до 79,9 %

3.1.9. Сливочное масло бутербродное

Группа сливочного масла с массовой долей жира от 61,5 % до 72,4 %.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ

- 4.1. Масло, в зависимости от массовой доли жира, делят на группы:
- сливочное масло экстра;
 - сливочное масло крестьянское;
 - сливочное масло бутербродное;
- 4.2. Сливочное масло, в зависимости от технологических особенностей и органолептических показателей, делятся на виды:
- сладкосливочное и соленое сладкосливочное;
 - кислосливочное и соленое кислосливочное.
- 4.3. Сливочное масло в зависимости от технологических особенностей их выработки делится на категории:
- сливочное масло традиционное;
 - сливочное масло супер.

5. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.1 Масло должно соответствовать требованиям настоящего стандарта. Масло производят по технологической инструкции, следуя санитарным правилам для молокоперерабатывающих предприятий ДСП 4.4.4.011 [2].

5.2 Характеристики

5.2.1. По органолептическим показателям масло должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 1.

5.2.2 Масло производят без разделения на сорта.

Таблица 1 — Органолептические показатели

Название показателя	Характеристика для масла	
	сладкосливочное	кислосливочное
Вкус и запах	Чистый, хорошо выраженный сливочный	
	с привкусом пастеризации	и кисломолочный
	В меру соленый для соленого масла	
	Разрешено: недостаточно выраженный сливочный и (или) слабкокормовый	
	и (или) привкусом пастеризации и (или) – перепастеризации; и (или) - топленого масла	и (или) кисломолочный
Консистенция и внешний вид	Однородная, пластичная, плотная, поверхность на разрезе блестящая или слабоблестящая, сухая Разрешено: недостаточно плотная и пластичная, поверхность на разрезе слегка матовая с наличием одиночных мельчайших капель влаги размером до 1 мм	
Цвет	От светло-желтого до желтого, однородный по всей массе	

5.2.3. По физико-химическим показателям масло должно соответствовать требованиям, приведенным в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-химические показатели для сливочного масла традиционного и совершенного

Название группы масла	Массовая доля жира, %
Масло сливочное экстра	от 80,0 до 85,0
Масло сливочное крестьянское	от 72,5 до 79,9
Масло сливочное бутербродное	от 61,5 до 72,4

Примечание 1. Массовая доля поваренной соли для соленого масла сладко- и кисломолочного, не более 1,0 %.

Примечание 2. В случае применения: - витамина А - массовая доля его должна быть не больше чем 10 мг/кг (в пересчете на сухое вещество); - бета-каротина - массовая доля его - не больше, чем 3 мг/кг (в пересчете на сухое вещество); - экстракта аннато - массовая доля его - не больше, чем 10 мг/кг.

5.2.4 Титровая кислотность, рН плазмы масла:

- не более чем 23°Т или рН не менее 6,25 - для сладкосливочного;

- от 26°Т до 55°Т или рН от 6,12 до 4,50 - для кисломолочного.

5.2.5 Кислотность жировой фазы масла не более 2,5°К (Кеттстофера).

5.2.6 Температура масла во время отгрузки с предприятия-изготовителя в торговую сеть и на промышленные холодильники должна быть не выше 10°С в транспортной таре и не выше 5°С в потребительской таре.

5.2.7. По микробиологическим показателям масло должно соответствовать нормам, приведенным в таблице 3.

5.2.8 Содержание токсичных элементов в масле не должен превышать предельно допустимых концентраций, предусмотренных в № 5061 [3] и указанных в таблице 4.

5.2.9 Содержание микотоксинов, антибиотиков и пестицидов в масле не должен превышать уровней, установленных в № 5061 [3].

5.2.10 Содержание радионуклидов в масле не должен превышать допустимых уровней в соответствии с ДР-97 [4]: 137Сз - 100 Бк/кг, 90Сг - 20 Бк/кг.

5.3 Требования к сырью

5.3.1. Для производства масла используют такое сырье:

- молоко коровье цельное - согласно ДСТУ 3662;

- сливки и обезжиренное молоко, полученные из молока коровьего, что отвечает требованиям ДСТУ 3662 или в соответствии с действующими нормативными документами;

- сливки пластические и подсырные - в соответствии с действующими нормативными документами;

Таблица 3 — Микробиологические показатели

Название показателя	Категория масла				
	традиционное				супер
	Норма для групп масла				
	сливочного экзтра и крестьянского		сливочного бутербродного		Для всех групп масла
сладко-сливочное и соленое сладко-сливочное	кислосливочное и соленнокисло-сливочное	сладко-сливочное и соленое сладко-сливочное	кислосливочное и соленокисло-сливочное		
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, не более чем, КОЕ/г	1,0- 10 ⁵	-	5,0- 10 ⁵	-	-
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не разрешено, в г продукта	0,01		0,01		-
<i>Staphylococcus aureus</i> , не разрешено, в г продукта	1,0	0,1	0,1		-
Дрожжи, КОЕ в 1,0 г, не более чем	100 в сумме		100 в сумме		-
Плесневые грибы, КОЕ в 1,0 г, не более чем					-
Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода <i>Salmonella</i> не разрешены в г продукту	25		25		-
<i>Listeria monocytogenes</i> , не разрешено в г продукту	25		25		-

- молоко цельное сухое или нежирное молоко сухое - согласно ДСТУ 4273 или в соответствии с действующими нормативными документами;

- масленку-сырье, полученную во время производства сладкосливочного масла, и пахту сухую в соответствии с действующими нормативными документами;

- закваску бактериальную или сквашивающий препарат в соответствии с действующими нормативными документами;

Таблица 4 — Содержание токсичных элементов

	Допустимый уровень, мг/кг, не более	Метод контролирования
Свинец	0,10	ГОСТ
Кадмий	0,03	ГОСТ
Мышьяк	0,10	ГОСТ
Ртуть	0,03	ГОСТ
Медь	0,5 (0,4)	ГОСТ
Цинк	5,0	ГОСТ
Железо	5,0(1,5)	ГОСТ

Примечание. В скобках указаны показатели масла, которое предназначено для длительного

- соль поваренную пищевую «Экстра» или высшего сорта - согласно ДСТУ 3583 (ГОСТ 13830);

- экстракт аннато, разрешенный к применению Центральным органом исполнительной власти в сфере здравоохранения;

- бета-каротин микробиологический или бета-каротин в растительном масле «каролин» микробиологический - в соответствии с действующими нормативными документами;

- ретинол (витамин А) - в соответствии с действующими нормативными документами;

- питьевую воду - согласно ГОСТ 2874.

Разрешено для производства масла групп сливочного бутербродного и топленого (молочного жира) использовать как сырье масло подсырное, масло сливочное, масло топленое собираемое, молочный жир - в соответствии с действующими нормативными документами.

В случае использования масла подсырного, масла сливочного, масла топленого собираемого, молочного жира в качестве сырья для производства масла групп сливочного бутербродного и топленого (молочного жира) во время входного контроля необходимо проверять отсутствие в них каких-либо жиров, кроме молочного - согласно 9.6.

Окончательный срок хранения сырья, а именно: масла сливочного, масла подсырного, молочного жира, которая поступает на производство масла, должен быть не меньше срока годности готового продукта. Не разрешено применять любые жиры и сливки, кроме тех, что получены с коровьего молока.

Сырье по показателям безопасности должно соответствовать требованиям, установленным в № 5061 [3], за содержанием окончательных количеств радионуклидов - требованиям ДР-97 [4].

Каждую партию сырья сопровождают документом, который подтверждает ее соответствие нормативным документам.

Для определения соответствия качества сырья и материалов проводят входной контроль - согласно ГОСТ 24297.

5.4 Маркировка

5.4.1 Пример обозначения:

Масло сладкосливочное крестьянское 72,5% жира ДСТУ 4399:2005.

5.4.2. На каждую единицу масла в потребительской или транспортной таре наносят маркировку с такими четкими отметинами:

- название и адрес предприятия-изготовителя, его товарный знак (при наличии), телефона, адрес мощностей производства;
- полное название масла (торговая марка и собственное название при наличии);
- для масла сливочного супер должно быть указано, что оно произведено с использованием технологии высокого давления, что обеспечивает маслу стабильность высоких потребительских свойств в процессе его длительного хранения;
- состав масла в порядке предпочтения составляющих, в том числе пищевых добавок, которые использовались во время его производства (кроме транспортной тары с расфасованным маслом);
- конечная дата потребления «Принят» или дата производства и срок годности;
- условия хранения;
- масса нетто, 2(кг);
- масса брутто и тара (на бочках, флягах), кг;
- количество упаковочных единиц (для транспортной тары);
- информационные данные о пищевой и энергетической ценности 100 г продукта - приложение Б (кроме транспортной тары с расфасованным маслом);
- номер партии (для транспортной тары);
- штрих-код ЕАИМ, согласно ДСТУ 3147 (для потребительских тар);
- манипуляционные знаки «Беречь от нагрева» и «Беречь от влаги» согласно ГОСТ 14192 (для транспортной тары из картона);
- обозначение настоящего стандарта.

5.4.3 Полное название масла, по размеру букв должна быть не менее чем в 2 раза больше про другую информацию.

5.4.4 Маркировка мелкофасованого 15 г масла, 20 г и 30 г должно иметь следующие обозначения:

- название и адрес производителя, товарный знак (для предприятий, которые его имеют);
- полное название масла;
- масса нетто упаковочной единицы;
- обозначение настоящего стандарта.

Информацию для потребителя мелкофасованого 15 г масла, 20 г и 30 г, согласно 5.4.2, отмечают на ярлыках, которые вкладывают в групповую

упаковку.

5.4.5 Маркировку наносят на этикетку, ярлык, поверхность потребительской или транспортной тары способом, который обеспечивает четкость чтения.

5.4.6. В маркированные масла для экспорта язык и дополнительную информацию обуславливают в договоре - контракте с заказчиком.

5.5 Упаковка

5.5.1 Масло расфасовано выпускают в виде брикетов, батончиков, батонов и других форм упакованным в:

- пергамент, алюминиевую лакированную фольгу и другие полимерные материалы;
- коробочки, стаканчики из полимерных материалов;
- металлические и стеклянные банки;
- другую потребительскую тару, разрешенную Центральным органом исполнительной власти в сфере здравоохранения для упаковки масла.

5.5.2 Масло пакуют в потребительскую тару массой нетто от 15 г до 2800 г.

5.5.3 Брикеты со сливочным маслом массой нетто 15 г, 20 г и 30 г затем укладывают в групповую упаковку: коробки из картона или из полимерных материалов.

5.5.4 Масло в потребительской таре укладывают в транспортную тару (ящики) массой нетто от 3 кг до 24 кг. В каждый ящик вкладывают масло одной партии и одинаковой упаковки.

Сливочное масло пакуют плотным монолитом в транспортную тару, которая предварительно должна быть убрана: пергаментом или алюминиевой фольгой, согласно ГОСТ 745, или полиэтиленовой пленкой, или другим упаковочным материалом массой нетто от 3 кг до 24 кг.

Молочный жир и топленое масло упаковывают в транспортную тару: бочки, ящики, алюминиевые фляги или фляги, изготовленные из полимерных материалов, и другую транспортную тару, разрешенную Центральным органом исполнительной власти в сфере здравоохранения для упаковки.

Все виды упаковочных материалов, потребительской и транспортной тары, указанные в 5.5, отечественного производства должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов, а упаковочные материалы зарубежного производства должны быть разрешены Центральным органом исполнительной власти в сфере здравоохранения для упаковки пищевых продуктов и обеспечивать качество во время хранения, транспортировки и реализации.

Допустимые отклонения массы нетто масла в упаковочной единицы приведены в таблице 5.

5.5.9 Допустимые отклонения массы нетто масла в транспортной таре не более 0,2 %.

6. ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 Требования по безопасности во время производства масла установлены в ДСП 4.4.4.011 [2] и ДНАОП 1.8.20-1.05(5).

6.2 Общие требования безопасности во время проведения технологического процесса производства масла - по ГОСТ 12.3.002.

6.3 Технологическое оборудование по показателям безопасности должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003.

6.4 Уровень шума должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003.

Таблица 5 — Допустимые отклонения массы нетто

Масса нетто в упаковочной единице, г	Допустимое отклонение от номинального	Масса нетто в упаковочной единице, г	Допустимое отклонение от номинального
У полимерных материалах и таре		В стеклянных банках	
До 15	0,6	450	4,5
» 20	0,8	600	6,0
» 30	1,0	В металлических банках	
» 50	1,5		
» 100	2,0		
» 200	3,0		
» 250	3,5		
» 500	5,0	350	3,5
» 1000	10,0	2700	13,5
		2800	14,0

7 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

7.1 Охране атмосферного воздуха населенных мест проводят в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02 и ДСП 201 [6].

7.2 Сточные воды, образующиеся во время производства, очищают, чтобы они отвечали требованиям СанПиН 4630 [7].

7.3. Охраняют почвы от загрязнения бытовыми и промышленными отходами - в соответствии с требованиями СанПиН 42-128-4690 [8].

8 ПРАВИЛА ПРИЕМКИ

8.1 Масло принимают партиями. Правила приемки, определение партии, объем выборки и отбора проб - согласно ГОСТ 26809 или ДСТУ ИСО 707.

8.2. Каждую партию масла сопровождают удостоверением, в котором указываются: номер и дату выдачи удостоверения, наименование

предприятия-производителя, полное название масла и номер партии, количество мест и массу нетто, показатели согласно 5.2.1, 5.2.3-5.2.10, конечную дату потребления или дата производства и срок годности, условия хранения, обозначение настоящего стандарта.

8.3. Для определения соответствия качества масла требованиям этого стандарта предприятие-производитель проводит приемное и периодическое контроля.

8.3.1. Приёмному контролированию подлежит каждая партия продукта по органолептическим показателям, массовой долей жира, массой нетто, температурой, качеству упаковки и маркировки.

8.3.2. Во время периодического контроля проверяют микробиологические показатели (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерии группы кишечных палочек, дрожжей и плесневых грибов) не менее двух раз в месяц, кислотность титрованную и жировой фазы масла или pH плазмы масла, массовую долю поваренной соли, массовые доли витамин А, бета-каротина и аннато (в случае их применения) - один раз в месяц или по требованию заказчика, отсутствие любых жиров и сливок, кроме молочных - по требованию контролируемой организации или заказчика.

8.4. Наличие патогенных микроорганизмов, *Staphylococcus aureus* и *Listeria monocytogenes*, исследуют в порядке государственного санитарного надзора, санитарно-эпидемиологическими станциями с периодичностью, утвержденной в установленном порядке.

8.5. Периодичность контроль показателей безопасности (токсичные элементы, микотоксины, антибиотики, пестициды, радионуклиды) осуществляют согласно ГОСТ 4.4.4-108 [10].

8.6. В случае получения неудовлетворительных результатов хотя бы по одному из показателей проводят повторное испытание двойного отъема от той самой партии. В случае получения неудовлетворительных результатов повторного испытания партию бракуют.

9. МЕТОДИ КОНТРОЛЯ

Внешний вид, цвет, консистенцию, качество упаковки и маркировки проверяют визуально; вкус и запах - органолептически при температуре $(12 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

В случае возникновения разногласий относительно оценивания качества топленого масла органолептическое оценивания его вкуса и запаха проводят в расплавленном виде при температуре $(36 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

Массовую долю жира определяют в соответствии с ДСТУ ISO 7228 или ГОСТ 5867, кислотность титрованную и жировой фазы масла или pH плазмы масла - согласно ГОСТ 3624, массовую долю поваренной соли в соответствии с ГОСТ 3627;

9.4 Температуру и массу нетто определяют в соответствии с ГОСТ

3622. Массу нетто масла в транспортной таре определяют на весах для статического взвешивания обычного класса точности по ГОСТ 29329, с ценой сравнительного деления:

- 20 г для сливочного масла;

9.5 Микробиологические показатели определяют: количество мезофильных аэробных и факультативно - анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечных палочек (колиформы) в соответствии с ГОСТ 9225, дрожжи и плесневые грибы согласно ГОСТ 10444.12.

Наличие патогенных и условно патогенных микроорганизмов контролируют санитарно-эпидемиологические учреждения по методам, утвержденным в установленном порядке, или: бактерий рода *Salmonella* - согласно ДСТУ IDF 93А, *Staphylococcus aureus* - согласно ГОСТ 30347, *Listeria monocytogenes* - согласно ДСТУ ISO 11290-1 и ДСТУ ISO 11290-2. Массовые частицы: бета-каротину та аннато контролируют за фактической закладкой согласно рецептуре.

9.11 Содержание витамина А определяют по фактической закладкой согласно рецептуре или в соответствии с методиками, утвержденными Министерством здравоохранения Украины в установленном порядке.

9.12 Содержимое лобых жиров, кроме молочного, контролируют согласно ДСТУ ИЗО 6799 или методике №081/12-0086-03 [11].

9.13 Содержание токсичных элементов определяют по методам в соответствии с таблицей 4 и ГОСТ 30178; готовят пробы - согласно ГОСТ 26929.

9.10 Содержание микотоксинов определяют согласно МВ №4082 [12]; антибиотиков - согласно МВ №3049 [13]; пестицидов - согласно ГОСТ 23452 и Геантин 8.8.1.2.3.4-000 [14].

9.11 Содержимое радионуклидов определяют в соответствии с действующими методами и методиками, утвержденных в установленном порядке.

9.12 Разрешено использовать стандартные методики, методы и приборы, которые по своим метрологическими и техническим характеристикам отвечают требованиям этого стандарта и имеют соответствующее метрологическое обеспечение в соответствии с действующим законодательством Украины.

10. ПРАВИЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ

10.1 Транспортировки

10.1.1. Транспортируют масло всеми видами транспорта в крытых транспортных средствах в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов, действующими на соответствующем виде транспорта.

10.1.2 Формирования грузовых мест, в транспортные пакеты выполняют согласно ГОСТ 24597, ГОСТ 26663, средства скрепления -

согласно ГОСТ 21650.

10.2 Хранения

10.2.1 Масло хранят в холодильниках, холодильных камерах или в спецпомещениях при относительной влажности не более 80% и таких температурных режимов:

- режим 1 - температура от 0⁰С до минус 5⁰С включительно;
- режим 2-температура от -6⁰С до -11⁰С включительно;
- режим 3 - температура от -12⁰С до -18⁰С включительно.

10.2.2. Сроки хранения до потребления масла монолитом в транспортной таре, приведены в таблице 6.

Таблица 6 — Срок годности до потребления масла в транспортной таре монолитом

Название группы масла	Срок годности, в месяцах		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Масло сладкосливочное экстра и крестьянское (кроме соленого)	3(5)	9(12)	12(18)
Масло сливочное бутербродное (кроме соленого)	2(4)	2(4)	3(5)
Масло сливочное соленое	2(4)	4(4)	6(9)

* В скобках указаны сроки хранения для сливочного масла супер, произведенного с использованием технологии высокого давления.

10.2.3 Сроки годности масла в потребительской упаковке приведены в таблице 7.

10.2.4 Хранения сливочного масла в потребительской упаковке при температуре не более чем 6⁰С разрешено не более 3 суток; для сливочного масла супер – не более 9 суток.

10.2.5. На предприятиях ресторанного хозяйства и в розничной торговой сети масло могут хранить при температуре не более чем 6⁰С и относительной влажности воздуха не более 80 %. Срок его хранения в монолите с момента поступления по указанной температуре, не более:

- для сливочного масла традиционного - 10 суток;
- для сливочного масла супер – 15 суток.

10.3. Транспортировки и хранения масла вместе с рыбой, копченостями, фруктами, овощами и другими пищевыми продуктами со специфическим запахом не разрешено.

Таблица 7 — Сроки годности масла в потребительской упаковке

Группа масла и упаковка	Срок годности до потребления не больше		
	Режим 1	Режим 2	Режим 3
Масло сладкосливочное эстра и крестьянское:	суток		
- герметичную упаковку массой нетто до 50 г;	15(20)	30(35)	60(70)
- герметичную упаковку массой нетто от 50 г;	45(50)	75(85)	90(100)
- негерметические упаковки	35(45)	60(70)	75(85)
Масло сливочное бутербродное:	суток		
- герметичную упаковку массой нетто до 50 г;	15(20)	25(35)	—
- герметичную упаковку массой нетто от 50 г;	30(40)	45(55)	55(65)
- негерметичные упаковки	15(25)	20(30)	25(35)
<p>Примечание 1. Срок годности масла в пергаменте марки В, согласно ГОСТ 1341, не более 15 суток независимо от режимов хранения.</p> <p>Примечание 2. Сроки годности масла в транспортной таре определяют со дня изготовления; в потребительской упаковке - со дня фасовки.</p> <p>Примечание 3. В случае фасовки масла, которое уже хранилось, из монолита в потребительской упаковке, дата окончания срока хранения фасованного масла не должна превышать конечной даты потребления масла в монолите.</p>			

*** В скобках указаны сроки хранения для сливочного масла супер, произведенного с использованием технологии высокого давления.**

ПРИЛОЖЕНИЕ А**БИБЛИОГРАФИЯ**

1. ДК 016-97 Державний класифікатор продукції та послуг.
2. ДСП 4.4.4.011-98 Державні санітарні правила для молокопереробних підприємств, затверджені Міністерством охорони здоров'я України 11.09.98 р. і Міністерством агропромислового комплексу України 15.09.98 р.
3. № 5061-89 Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, утвержденные Министерством охраны здоровья СССР 01.08.89 р.
4. ДСанПН 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водіймищ, ґрунті.
5. ДР-97 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Сз-137 і Зг-90 в продуктах харчування та питній воді, затверджені Міністерством охорони здоров'я України 19.08.97 р., № 255.
6. ДСП 201-97 Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами), затверджені Міністерством охорони здоров'я України 09.07.97 р., № 201
7. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения.
8. СанПиН 42-128-4690-88 Санитарные правила содержания территорий населенных мест.
9. МР № 4.4.4-108-2004 Періодичність контролю продовольчої сировини та харчових продуктів за показниками безпеки, затверджені Міністерством охорони здоров'я України 02.07.2004 р., №329
10. Методика виконання вимірювань масової частки немолочних жирів у маслі з комбінованою жировою фазою (свідectво про метрологічну атестацію № 081/12-0086-03 від 05.05.2003 р.)
11. МУ № 4082-86 Методические указания по обнаружению, идентификации и определению афла-токсинов в продовольственном сырье и пищевых продуктах с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии, утвержденные Министерством охраны здоровья СССР 20.03.86 г.
12. МУ № 3049-84 Методические указания по определению остаточных количеств антибиотиков в продуктах, утвержденные Министерством охраны здоровья СССР 29.06.84 г.
13. ДСТУ 4399:2005. Масло вершкове. Технічні умови.