

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ» (ФГАНУ «ВНИМИ»)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)»

На правах рукописи

Алкадур Мохаммед

**НАУЧНОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ
ТЕРМООБРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ
ПРОДУКТОВ**

4.3.3 Пищевые системы

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, академик РАН

Петров Андрей Николаевич

Москва, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление.....	2
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	10
1.1 Сухое молоко и его классификация по классу термообработки	10
1.2 Технология сухого обезжиренного молока распылительной сушки	15
1.3 Влияние термообработки на свойства сухого обезжиренного молока	20
1.4 Влияние условий хранения на качество сухого обезжиренного молока	32
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. 37	
2.1 Организация работы.....	37
2.2 Объекты исследования.....	38
2.3 Методы исследования	38
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЗАЦИИ И ПАСТЕРИЗАЦИИ НА КАЧЕСТВО СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА	47
3.1 Влияние термизации и пастеризации на качество обезжиренного молока.....	52
3.2 Влияние термизации и пастеризации на качество сухого обезжиренного молока	55
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА.....	60
ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ КЛАССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА НА СТРУКТУРНО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО СГУСТКА (МОЛОЧНО- БЕЛКОВОГО)	69
ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ ...	84
6.1 Разработка типовой технологической инструкции по производству сухого обезжиренного молока низкотемпературного класса термообработки	84
6.2 Разработка методических рекомендаций по применению сухого обезжиренного молока различных классов термообработки в производства кисломолочных продуктов.....	86
6.3 Расчет экономической эффективности производства сухого обезжиренного	

молока низкотемпературного класса термообработки	87
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ	88
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	91
Приложение А Титульные листы документов по стандартизации	108
Приложение Б Акты внедрения	110
Приложение В Дипломы и сертификаты	113

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы

Сухое обезжиренное молоко (СОМ) является одним из основных ингредиентов в молочной промышленности. Применение СОМ обеспечивает стабильность производства в условиях сезонных колебаний молока, является основой для широкого спектра кисломолочных и специализированных продуктов. В России среднегодовой объем производства СОМ составляет 95-120 тыс. тонн. К качеству СОМ предъявляются высокие требования, особенно в производстве кисломолочных, детских и лечебных продуктов питания. Совершенствование технологии производства СОМ, исследования в этой области востребованы не только в России, но и в мировой практике. Несмотря на это, в научной и производственной практике недостаточно полно систематизированы знания по хранению и использованию СОМ различного класса термообработки, в том числе применительно к кисломолочным продуктам. Критическое значение для этой группы продуктов имеют структурные изменения, происходящие в процессе производства СОМ, а именно, в его наиболее ценной части – белковой составляющей. В международной практике принято применять термин *low-heat* (низкотемпературное) СОМ, который отражает не только дополнительные требования к продукту, но и определенный уровень технологии производства, основанной на минимальном тепловом воздействии на молоко. В действующем в России межгосударственном стандарте на сухое молоко ГОСТ 33629-2015 не предусмотрена классификация по тепловым классам. Единственным нормативным документом, регламентирующим данную градацию, является стандарт Белоруссии СТБ ISO 6735-2011, согласно которому СОМ подразделяется на четыре класса термообработки: низкотемпературный (НТО), умеренный (УТО), умеренно высокотемпературный (УВТО) и высокотемпературный (ВТО). В основе данной классификации - показатель степени денатурации сывороточных белков молока. В промышленной практике отсутствуют научно обоснованные рекомендации по применению СОМ различных классов термообработки для производства молочных продуктов. Значительная часть знаний о влиянии термической обработки на

белковый профиль, функциональные показатели, изменения свойств СОМ в процессе хранения носит разрозненный характер и в большинстве случаев не адаптированы к современным условиям отечественного производства. Научно обоснованное применение показателя «класс термообработки» СОМ в процессе ферментации восстановленного молока способно оказать значимое влияние на реологические свойства сгустка и, следовательно, на качество получаемых кисломолочных продуктов. Эти обстоятельства определяют высокую научную и практическую значимость, обуславливают актуальность исследования по влиянию термической обработки обезжиренного молока на формирование белкового профиля СОМ, установлению закономерностей изменения его функционально-технологических свойств в процессе хранения, а также по определению роли теплового класса в формировании структуры и свойств ферментированных сгустков (молочно-белковых) и, следовательно, качества кисломолочного продукта.

Степень разработанности темы исследования

Значительный вклад в создание и совершенствование технологий производства, расширение области применения сухого молока, в разработке оценочных критериев, показателей качества и методов контроля внесли отечественные и зарубежные ученые: Галстян А.Г., Гнездилова А.И., Голубева Л.В., Евдокимов И.А., Емельянов С.А., Зобкова З.С., Липатов Н.Н., Петров А.Н., Полянский К.К., Просеков А.Ю., Радаева И.А., Рябова А.Е., Тарасов К.И., Тихомирова Н.А., Туровская С.Н., Харитонов В.Д., Храмцов А.Г., Чекулаева Л.В., Фурсова Т.П., Sharma A., Kelly A. L., Deeth H. C. и др. Выполненные ими научно-практические решения стали основой для развития производства сухого молока.

Цель и задачи исследования

Цель. На основе изучения влияния теплового воздействия на качество молока научно обосновать рекомендации по применению СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов и усовершенствовать технологию получения СОМ низкотемпературного класса термообработки.

Для достижения поставленной цели определены и решены следующие

задачи:

1. Осуществить системный анализ научной информации и производственной практики в области технологии получения и качества СОМ.
2. Установить влияние режимов термической обработки молока на физико-химические свойства и микробиологические показатели СОМ.
3. Выявить значимые факторы и обосновать режимы термической обработки, позволяющие получать СОМ низкотемпературного класса термообработки.
4. Изучить изменения функционально-технологических свойств СОМ различных классов термообработки в процессе хранения.
5. Определить влияние класса термической обработки и условий хранения СОМ на структурно-механические свойства ферментированного сгустка из восстановленного молока.
6. Разработать технологическую инструкцию по производству СОМ низкотемпературного класса термообработки и методические рекомендации по применению СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов.

Научная новизна работы.

Определены значимые факторы, в том числе термизация молока, оказывающие влияние на класс термообработки СОМ.

Выявлены и систематизированы функционально-технологические свойства СОМ в зависимости от класса термообработки в процессе хранения.

Установлена взаимосвязь между классом термообработки, условиями хранения СОМ и структурно-механическими характеристиками ферментированных сгустков из восстановленного молока.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Исследования расширяют фундаментальные знания о механизмах структурных изменений белков молока при термической обработке и их влиянии на функциональные свойства СОМ. Установленные зависимости между уровнем денатурации сывороточных белков и реологическими свойствами ферментированных сгустков дополняют теоретическую базу и позволяют

повысить качество кисломолочной продукции, вырабатываемой с использованием восстановленного СОМ.

Определены рациональные режимы термической обработки обезжиренного молока, обеспечивающие получение СОМ низкотемпературного класса при гарантии микробиологической безопасности.

Разработаны и внедрены в промышленность ТТИ ГОСТ 33629-002 производство СОМ низкотемпературного класса термообработки и Методические рекомендации МР 00419785-088-2025 по применению СОМ различных классов термообработки в технологии йогурта и творога.

Полученные данные позволяют оптимизировать применение СОМ в производстве кисломолочных продуктов.

Методология и методы исследования

Исследования проведены на базе ИЛ «МОЛОКО» ФГАНУ «ВНИМИ» и на кафедре «Технология молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», производственной лаборатории ООО «НОВАЯ ИЗИДА».

В ходе выполнения работы применены стандартные и исследовательские методики, изложенные в специализированной литературе, а также оригинальные методы, комплексно обеспечивающие выполнение поставленных задач по определению функционально-технологических, физико-химических, структурно-механических и микробиологических показателей как сырья, так и готовой продукции.

Положения, выносимые на защиту:

1. Закономерности изменения белкового профиля молока в результате термообработки.
2. Зависимости функционально-технологических свойств СОМ от класса термообработки и условий хранения.
3. Влияние класса термообработки СОМ на структурно-механические свойства ферментированных сгустков.

Степень достоверности и апробация работы

Исследования проведены на современном аттестованном аналитическом оборудовании, внесенном в Реестр средств измерений. Достоверность полученных результатов основана на выполнении измерений, адекватных поставленным задачам.

Основные положения и результаты работы доложены, обсуждены и одобрены на XII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» (Кемерово, 2024); Седьмой международной научно-практической молодежной конференции «Поландовские чтения» (Москва, 2025); VII международной научно-практической конференции, посвященной дню рождения Николая Васильевича Верещагина «Передовые достижения науки в молочной отрасли» (Вологда-Молочное, 2025).

Результаты работы отмечены дипломом победителя ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ в конкурсе работ в рамках научно-практической молодежной конференции молодых ученых и студентов «Комплексные решения инженерных и технологических задач пищевых производств» (Москва, 2024).

Личный вклад автора

Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно. Непосредственный вклад автора состоит в рассмотрении источников научной литературы, разработке дизайна исследований, формулировании цели и задач исследования, проведении исследования, формулировании итоговых выводов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует пункту 5 «Технология мясной, молочной и рыбной продукции и холодильных производств» паспорта специальности 4.3.3 «Пищевые системы».

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ: 1 статья в журнале, индексируемом в международной базе Scopus, 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи в журналах РИНЦ.

Структура и объем работы

Работа включает разделы: введение, литературный обзор, методическая часть, результаты собственных исследований и их анализ, выводы, а также список использованных источников литературы и приложения. Основной текст работы изложен на 115 страницах машинописного текста, содержит 28 таблиц, 22 рисунок, 167 литературных источников.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Сухое молоко и его классификация по классу термообработки

Академик Галстян А.Г. определяет понятие «молочные консервы» как продукты переработки молока со сроком годности не менее 181 суток при температуре выше 0°C, в течение которого гарантируются их безопасность и сохранение пищевой ценности [1]. Все известные методы консервирования, включая применяемые к молоку, основаны на максимальном замедлении, приостановлении биологических и биохимических процессов. Консервирующий эффект достигается созданием условий, препятствующих активности микроорганизмов и ферментов.

В производстве молочных консервов применяют три основных принципа консервации и их модификации:

Осмоанабиоз – повышение осмотического давления среды, воздействующее на клетку микроорганизмов и приводящее к их обезвоживанию. Данный принцип реализуется при производстве сгущенного молока с сахаром.

Термоанабиоз – уничтожение микрофлоры и спор посредством высокотемпературной обработки (стерилизация при температуре выше 100°C). Используется при производстве стерилизованных молочных продуктов.

Ксероанабиоз – удаление влаги до уровня менее 10%, что вызывает плазмолиз микроорганизмов и прекращение их жизнедеятельности. Этот метод позволяет получать сухие молочные продукты с массовой долей сухих веществ более 95%, обеспечивая длительный срок хранения [2].

Сухое молоко (СМ) – продукт, получаемый путем удаления воды из пастеризованного молока (обезжиренного, нормализованного или цельного) посредством сгущения и распылительной сушки [3]. СМ характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, которая в значительной степени сохраняется при восстановлении. Это, в свою очередь, обуславливает устойчивый мировой спрос на сухое цельное (СЦМ) и сухое обезжиренное (СОМ) молоко. Мировой объем рынка СОМ составляет около 2500 тыс. т. В Российской Федерации

ежегодно производится порядка 230 тыс. т СМ, из которых около 117 тыс. т приходится на СОМ (примерно 60% общего объема). Дополнительно около 20 тыс. т СМ импортируется [4,5,6,7,8,9].

Особое значение СМ имеет для снабжения качественными молочными продуктами регионов Крайнего Севера, а также для стабильного обеспечения населения в периоды экстремальных ситуаций и неблагоприятных социально-экономических условий. Спектр применения СОМ и СЦМ в пищевой промышленности чрезвычайно широк: от восстановленных и сухих молочных продуктов (включая специализированное и детское питание) до мясных, кондитерских и алкогольных изделий [4,8].

Благодаря длительному сроку годности, а также экономической эффективности транспортирования и хранения, СОМ и СЦМ занимают значимое место в обеспечении качественными молочными продуктами широких групп населения во всех регионах нашей страны.

Основные характеристики СОМ должны соответствовать требованиям ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия» и Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» [10]. В Таблице 1.1 представлены основные показатели СОМ.

Таблица 1.1 – Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели СОМ

Наименование показателя	Показатель качества и безопасности продукта
Органолептические показатели	
Внешний вид и консистенция	Однородный мелкий сухой порошок. Допускается незначительное количество комочков, рассыпающихся при легком механическом воздействии
Вкус и запах	Чистые, свойственные пастеризованному молоку
Цвет	Белый или белый со светло-кремовым оттенком, равномерный по всей массе
Физико-химические показатели	
Массовая доля влаги, %, не более	5
Массовая доля жира, %, не более	1,5

Наименование показателя	Показатель качества и безопасности продукта
Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее	34,0
Массовая доля молочного сахара (лактозы), %	От 54,0 до 47,0 включительно
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более	0,2
Группа чистоты, не ниже	I
Кислотность, °Т (% молочной кислоты)	От 16 до 21 включительно (от 0,126 до 0,189 включительно)
Микробиологические показатели	
КМАФАнМ, КОЕ/г СОМ: - для непосредственного употребления - для промышленной переработки	5×10 ⁴ 1×10 ⁵
БГКП, в 0,1 г	Отсутствует
Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г	Отсутствует
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	Отсутствует

Потребители СОМ, ориентируясь на физико-химические и технологические свойства, имеют возможность применять его для решения широкого спектра различных задач [11].

Требования к показателям качества и функционально-технологическим свойствам СОМ варьируют в зависимости от направления его дальнейшего использования. Указанные показатели последовательно формируются на всех этапах технологического процесса – от требований к сырью и регламента производства до условий и сроков хранения готового продукта.

Наиболее строгие требования предъявляются к СОМ, предназначенному для детского, геродиетического и специализированного (в том числе энтерального) питания. Для данной категории продукции особенно важны структурные изменения, происходящие в процессе производства, прежде всего в белковой составляющей как наиболее ценной фракции молока. Наиболее востребованные направления переработки приведены в Таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Примеры функциональности СОМ в пищевой промышленности.

Свойства СОМ	Ожидаемый эффект	Область применения
Цвет	При нагреве и выпечке способствует формированию характерной окраски; придает продукту, содержащему взвешенные частицы, белый насыщенный цвет	Хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, восстановленное молоко, пищевые напитки, соусы, супы, заправки для салатов, забеливатели для кофе
Улучшение вкуса	Обеспечивает приятный специфический аромат при термической обработке. Обязательный вкусовой ингредиент в рецептурах пищевых продуктов	Мясные, алкогольные и продукты, указанные выше
Эмульгирование	Предотвращает образование комков и свободного жира при эмульгировании жира; улучшает внешний вид продукта; создает однородную консистенцию; предотвращает отстой жира	Кондитерские и продукты, указанные выше
Гелеобразование и нагревание	Формирует консистенцию продукта, способствует формированию кремообразной, гладкой, блестящей текстуры	Кондитерские и консервные изделия, восстановленное молоко, кисломолочные, мясные продукты, продукты с пониженным содержанием жира
Растворимость	Характеризуется высокой растворимостью. Отсутствие видимого осадка и хорошая технологическая совместимость с пищевыми системами; способствует увеличению срока годности; повышает пищевую и биологическую ценность	Выпечка, напитки, кондитерские изделия, замороженные десерты, детские смеси, геродиетические продукты, супы и соусы, йогурт
Водосвязывание	Формирует жироподобное вкусовое восприятие продукта; повышает вязкость и улучшает текстуру	Восстановленное молоко, напитки, сухие каши, готовые продукты, соусы, супы, хлебобулочные и кондитерские изделия
Взбивание, вспенивание и аэрация	Обеспечивает устойчивость пены, способствует формированию эмульсии, улучшает внешний вид продукта	Хлебобулочные и кондитерские изделия, мороженное, напитки

Ключевым критерием оценки состояния белковой фракции является класс термической обработки [12].

Существует несколько подходов к классификации СОМ в зависимости от режима термообработки. В мировой практике сухое молоко принято делить на тепловые классы, которые разделяют по показателю, рассчитываемому как отношение разности между содержанием общего белка и суммой сывороточных белков к содержанию общего белка при постоянном значении рН = 4,9. Выделяют следующие классы: сверхнизкий – $> 6,0$ мг/г (режим 70°C , выдержка 15 с); среднетемпературный – $5,9-4,5$ мг/г (режим $85-9^{\circ}\text{C}$, выдержка 20-30 с); выше среднего – $4,4-1,5$ мг/г (режим $90-124^{\circ}\text{C}$, выдержка 0-30 с); высокий – (режим 135°C , выдержка 30 с) [13].

По Американскому институту сухих молочных продуктов (ADPI, США) класс термообработки СМ подразделяют на три класса по содержанию концентрации неденатурированного сывороточного белкового азота (UMSPN) в сухом молоке [2,14,15]:

1. низкотемпературная термообработка (не менее $6,0$ мг UMSPN на грамм);
2. умеренная термообработка (от $1,51$ до $5,99$ мг UMSPN на грамм);
3. высокотемпературная термообработка (не более $1,5$ мг UMSPN на грамм).

В отечественной практике сухое молоко классифицируют в соответствии со стандартом Республики Беларусь СТБ ISO 6735-2011 «Молоко сухое. Оценка класса термообработки», согласно которому его подразделяют на четыре класса термической обработки: низкотемпературный (НТО), умеренный (УТО), умеренно высокотемпературный (УВТО) и высокотемпературный (ВТО). В Таблице 1.3 приведена схема классификации термообработки для молока распылительной сушки, в соответствии со СТБ ISO 6735-2011 [15].

Показатель термообработки рассчитывают, как отношение содержания белкового азота, нерастворимого в кислоте (рН 4,8), к общему содержанию азота, умноженное на 100. Нерастворимый в кислоте белок состоит из казеина и денатурированного при нагревании сывороточного белка. В Таблице 1.3 также приведено соответствие каждого класса термообработки электрофореграмме неденатурированных белков молочной сыворотки в полиакриламидном геле (РАG) (UMSP) и (UMSPN) [15].

Таблица 1.3 – Классификация СМ по классу термообработки

Показатель	Класс термообработки	Электрофореграмма UMSP, полученная методом электрофореза в полиакриламидном геле (PAG)	UMSPN (мг/г сухого молока)
80,0 или менее	Низкотемпературная термообработка	Все окрашенные зоны четко видны, или окрашенная зона иммуноглобулина расплывчатая	$\geq 6,0$
От 80,1 до 83,0	Умеренная термообработка	Окрашенная зона иммуноглобулина едва видна или отсутствует; зона альбумина сыворотки расплывчатая	От 4,5 до 5,9
От 83,1 до 88,0	Умеренно высокотемпературная термообработка	Окрашенная зона альбумина сыворотки слегка видна или отсутствует; окрашенные зоны β -лактоглобулина расплывчатые; окрашенная зона δ -лактоглобулина уменьшена	От 1,5 до 4,4
88,1 или более	Высокотемпературная термообработка	Окрашенные зоны β -лактоглобулина слегка видны или отсутствуют; окрашенная зона α -лактоглобулина слегка видна или отсутствует	$\leq 1,4$

Следует отметить, что в России отсутствуют обязательные требования к маркировке класса термообработки сухого молока. Кроме того, по ряду технических и технологических причин отечественные производители в настоящее время, как правило, не готовы к выпуску сухого молока низкотемпературного класса. В связи с этим значительная доля такого молока поступает на рынок по импорту.

В продуктах детского, функционального и специализированного питания, а также в продуктах быстрого приготовления, как правило, используют сухое молоко низкотемпературного класса термообработки. В этой связи разработка технологии производства сухого молока, в частности, сухого обезжиренного молока низкотемпературного класса термообработки, представляет собой актуальную задачу для отечественной промышленности.

1.2 Технология сухого обезжиренного молока распылительной сушки

Ассортимент молочной продукции ежегодно расширяется, внедряются новые методы переработки и совершенствуются производственные процессы, что относится и к СМ [16]. Технология производства СМ представляет собой последовательную цепочку операций: приёмка и подготовка сырья, сепарирование,

пастеризация, сгущение, сушка, охлаждение порошка, фасовка и хранение [17].
Общая схема производства СОМ распылительным способом представлена на Рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Общая схема производства СОМ распылительным способом

Качество сырья является ключевым фактором при производстве сухих молочных продуктов. В соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013 сырое молоко до переработки допускается хранить при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ не более 36ч, а при производстве продукции детского питания – не более 24 ч. На сохранность и технологические свойства молока существенное влияние оказывают исходная

бактериальная обсемененность и активность природных ферментов [18,19,20].

Исследования, выполненные Радаевой И.А., Гордезиани В.С., Шулькиной С.П. (1986), а также Галстяном А.Г., Туровской С.Н., Червцовым В.В. (2015) [21,22], подтвердили, что производство молочных консервов требует использования сырья высокого качества. Это связано с тем, что пороки сырого молока не только сохраняются в готовых консервах, но и усиливаются вследствие концентрирования сухих веществ при сгущении (в 2-2,5 раза) и сушке (в 8-10 раз). В результате дефекты становятся более выраженными, что приводит к снижению качества продукции. При несоответствии исходного молока требованиям стандартов последующие технологические операции, как правило, не позволяют получить продукт, отвечающий действующим нормативным документам.

При приемке молочного сырья на предприятии определяют его массу и оценивают качество по органолептическим и физико-химическим показателям в соответствии с ГОСТ Р 52054-2023. Для гарантированного обеспечения качества СОМ целесообразно дополнительно контролировать общее содержание КМАФАнМ (не более 10^6 КОЕ/мл), в том числе количество психротрофных микроорганизмов [23].

Для продления срока хранения сырого молока применяют два основных метода: термизацию (нагревание, как правило, до 65°C в течение 15 с) и/или глубокое охлаждение до 2°C . Комбинирование этих методов позволяет безопасно увеличить срок хранения молока сырья до 3 суток [23]. Следует учитывать, что хранение сырого молока более 24 ч, даже при низких положительных температурах, приводит к повышению кислотности, что в дальнейшем ухудшает качество СОМ, его растворимость и восстановление [24].

Очистку молока проводят с целью удаления механических примесей: молоко пропускают через фильтры либо подвергают сепарированию (сепараторы-очистители), после чего направляют на дальнейшую переработку [25].

Разделение цельного молока на сливки и обезжиренное молоко проводят на сепараторах-сливкоотделителях. Для повышения эффективности и обеспечения оптимального разделения сырье предварительно нагревают до $35-55^{\circ}\text{C}$.

Пастеризация – это термической обработка, направленная на уничтожение патогенных микроорганизмов и снижение общей микробной обсемененности. Данный этап является критически важным и обязательным, поскольку определяет безопасность продукта и класс термообработки СОМ. Изменяя режимы пастеризации, можно получать сухое молоко различных классов. Управление параметрами пастеризации позволяет целенаправленно регулировать свойства конечного продукта, но при этом у авторов исследований по данному вопросу нет единого мнения, предлагаемые режимы имеют значительные расхождения (Таблица 1.4) [11,26,27,28,29,30,31].

Таблица 1.4 – Режимы пастеризации, получение СОМ различного класса термообработки.

Класс термообработки СОМ	Режимы термической обработки (пастеризация) СОМ	
	Температура, °С	Продолжительность выдержки
НТО	65±2	30 минут
	72±2	15 секунд
	Не более 70	До 2 минут
УТО	80±2	60 секунд
	71±1	До 5 минут
УВТО	90-105	30 секунд
	90±2	10 секунд
	73-78	До 20 минут
ВТО	90±2 / 120±2	5 минут / 1-2 минут
	88	До 30 минут
	81±1 / 125±5	15-20 минут / несколько секунд

При производстве СОМ сгущение, как правило, осуществляют методом вакуумного испарения. Исторически отечественные молочноконсервные предприятия массово оснащены вакуум-выпарными установками пленочного типа различной производительности и укомплектованы сушильным оборудованием соответствующей мощности [32,33]. По сравнению с температурой кипения при атмосферном давлении (100,2-100,5°C), применение вакуума обеспечивает интенсивное кипение молока при пониженных температурах (50-60°C), что позволяет снизить тепловую нагрузку на продукт. В ходе процесса свободная влага

переходит в пар и непрерывно удаляется, вследствие чего массовая доля сухих веществ в молоке достигает 40-55%. Вместе с водяным паром теряются нежелательные запахи (кормовые и др.), однако наряду с этим отмечаются потери до 15% исходного количества нативных ароматических веществ молока и низкомолекулярных жирных кислот [34, 35, 36].

Процесс сгущения сопровождается увеличением количества микроорганизмов за счет уменьшения объема водной фазы, из-за чего могут быть созданы предпосылки к микробиологической порче. В связи с этим особое внимание уделяется контролю спорообразующих термофильных бактерий в сухом молоке. Длительное хранение сгущенного молока при температуре $(35\pm 5)^\circ\text{C}$ является благоприятной средой для развития термостойкой микрофлоры, что повышает риск ухудшения качества готового продукта. Установлено, что уже через 12-16 ч непрерывной работы в финишном корпусе многокорпусных выпарных установках количество микроорганизмов начинает возрастать по экспоненциальному типу [23]. По данным Богданова В.М., в сгущенном молоке при длительном хранении общее количество микроорганизмов увеличивается более чем в 220 раз, а число спорных форм – более чем в 12 раз [37].

Сушка является ключевой технологической операцией производства СОМ. На практике обезжиренное сгущенное молоко сушат двумя способами – распылением или пленочным (сушка на вальцах). Вальцовая сушка преимущественно используется при получении многокомпонентных продуктов (таких как молочные каши), тогда как наиболее распространенной технологией производства СОМ является распылительная сушка, позволяющая получать продукт высокого качества. Ее преимущество связано с относительно низкой термической нагрузкой на молоко за счет кратковременности контакта частиц с теплоносителем.

Процесс распылительной сушки включает три основные стадии: распыление сгущенного молока, испарение влаги и отделение высушенного порошка от отработанного воздуха и водяных паров [33]. Горячий воздух с температурой $(180\pm 10)^\circ\text{C}$, в зависимости от конструкции сушильной башни, подается в

прямоточном, противоточном или смешанном режиме. При контакте с теплоносителем распыленные капли быстро теряют влагу и превращаются в сухой порошок. Высушенный продукт выгружается из нижней части башни, а увлажненный воздух удаляют через конденсаторы и циклоны за пределы сушилки. Влажность СОМ на выходе из сушильной башни не должна превышать 5% [33,38]. При этом следует отметить, что, несмотря на значительное тепловое воздействие, процессы сгущения и сушки не рассматриваются как основные факторы, определяющие структурные изменения белковой фракции молока и существенно снижающие количество микроорганизмов [39,40,41,42].

Охлаждение и упаковка являются заключительными стадиями технологического процесса получения СОМ. Высушенный продукт охлаждают воздушным потоком в системе пневмотранспорта и направляют в промежуточный бункер, из которого СОМ подается на фасовку [43]. Упаковывание сухого молока осуществляют в потребительскую и транспортную тару, включая, картонные, жестяные и комбинированные (картонно-жестяные) коробки, а также полиэтиленовые пакеты различной массы. Для последующей промышленной переработки СОМ фасуют в мешки из крафт-бумаги с полиэтиленовым вкладышем массой 20 кг и 25 кг. Срок хранения герметично упакованного продукта при температуре 1–10°C и относительной влажности воздуха не более 80% составляет 8 месяцев и более [17,44,45].

1.3 ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА

В молочной промышленности применяют различные виды термической обработки, включая термизацию, пастеризацию, стерилизацию, ультравысокотемпературную обработку (УВТ) и др. Указанные процессы направлены на подавление жизнедеятельности микроорганизмов, инактивацию ферментов и увеличение срока хранения продукта.

Термизация— представляет собой предварительную термическую обработку молока при температуре 55–68 °С с выдержкой менее 30 секунд. Термизация не

обеспечивает полной микробиологической безопасности, поэтому её применяют исключительно в сочетании с обязательной последующей пастеризацией по оптимальному режиму [30,46,47,48,49]. В зарубежной практике данный метод применяется более 30 лет. Термизация направлена на снижение количества вегетативных психротрофных видов микроорганизмов, включая штаммы, продуцирующие термостойкие липазы и протеиназы, что позволяет увеличить срок хранения охлажденного молока перед дальнейшей переработкой. После термизации молоко может храниться до 48 ч [37,50,51]. Под действием термизации на 80% инактивируются бактериофаги, поступающие с сырым молоком [52].

Предварительная термическая обработка на стадии приемки при $(60-68)^{\circ}\text{C}$ или $(74\pm 2)^{\circ}\text{C}$ с последующим охлаждением до $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ обеспечивает снижение бактериальной обсемененности, инактивацию ферментов и повышение термоустойчивости белков молока, рассматривается как один из способов улучшения качества и сохранности молочных консервов [53]. Результаты исследований Туровской С.Н. и др. (2018) [13] позволили разработать рекомендации по проведению термизации непосредственно на фермах или низовых заводах по схеме: очистка, термическая обработка $(70-74)^{\circ}\text{C}$, охлаждение $(2-6)^{\circ}\text{C}$ и доставка на перерабатывающие предприятия. При указанном варианте обработки после 24 ч хранения доля молока с низкой (по алкогольной пробе) термоустойчивостью снижалась на 10-15%, а сырое охлажденное молоко после 48 ч хранения утрачивает качество, необходимое для производства консервов. Следует подчеркнуть, что первичная пастеризация и термизация сырого молока являются дополнительными операциями при производстве консервов и не заменяют обязательную пастеризацию перед сгущением или сушкой [24,54].

В современной технологической практике, особенно в сыроделии, получила распространение двойная термическая обработка молока. Сущность метода заключается в предварительной термизации молока с последующим хранением при низких температурах и дальнейшей низкотемпературной пастеризацией в соответствии с принятыми в сыроделии регламентом [55]. Установлено, что на первой стадии (термизация) споры *Bacillus cereus* при переходе в вегетативные

формы утрачивают устойчивость и далее уничтожаются последующей пастеризацией [56,57,58]. Двойная термообработка повышает эффективность инактивации микрофлоры даже при высокой исходной контаминации. Подобная технология оказывает положительное влияние на физико-химические и технологические параметры сырья и одновременно существенно улучшает его санитарно-гигиенические показатели, что позволяет сохранять исходные свойства молока до 72 ч.

Пастеризация в соответствии с техническим регламентом на молочную продукцию может проводиться в температурном диапазоне от 63 до 100°C. Температура и продолжительность выдержки должны обеспечивать снижение количества патогенных и условно-патогенных микроорганизмов до безопасного уровня. Ключевым критерием эффективности пастеризации является режим, обеспечивающий инактивацию одного из наиболее термоустойчивых патогенов – *Mycobacterium tuberculosis* (выдержка в течение 30 мин при температуре 65°C). Косвенным индикатором эффективности обработки служит инактивация фермента фосфатазы, поскольку температура его разрушения превышает необходимую для уничтожения большинства патогенов [59]. Вместе с тем после пастеризации в молоке могут сохраняться термоустойчивые вегетативные бактерии и споровые формы микроорганизмов [60,61].

Эффективность пастеризации количественно оценивают, как массовую долю инактивированных микробных клеток от их исходного количества: данный показатель должен достигать 99,50-99,98%. Инактивация микроорганизмов определяется температурно-временными условиями обработки. Температурно-временные (t,z) показатели связаны зависимостью: $\ln Z = 36,84 - 0,48 \cdot t$, где постоянные характерны для туберкулезной палочки [59,62]. Режим пастеризации (63-100)°C выбирают с учетом микробиологических показателей сырья и технологических требований к конечному продукту [25,63,64,65]. По данным Садовой Т.Н., эффективность пастеризации при 75°C с выдержкой 20 с составляет 99,61%, при 80°C – 99,75%, при 85°C – 99,86%, при 90°C – 99,96% [66].

Теоретически выделяют два режима пастеризации:

- низкотемпературная (до 76°C) – обеспечивает инактивацию щелочной фосфатазы. Данный режим применяют при производстве питьевого молока, а также в сыроделии при выработке твердых сычужных сыров. Превышение температурного порога может приводить к ухудшению сычужной свертываемости молока, что обусловлено частичной денатурацией сывороточных белков, прежде всего β -лактоглобулина. Денатурированный белок образует комплексы с κ -казеином, вследствие чего увеличивается продолжительность свертывания, затрудняется формирование сгустка и ухудшается обработка полученного зерна [57,67,68];

- высокотемпературная (77-100°C) – приводит к инаktivации как щелочной фосфатазы, так и пероксидазы. При производстве кисломолочных продуктов применяют высокотемпературные режимы пастеризации: (85-87)°C с выдержкой 10-15 мин или (92-95)°C с выдержкой 2-8 мин, что создает благоприятные условия для развития заквасочной микрофлоры и способствует формированию более прочного сгустка, эффективно удерживающего сыворотку [16,69].

Эффективность пастеризации оценивают по двум тестам: ферментативному (отсутствие активности соответствующего фермента) и микробиологическому (отсутствие бактерий группы кишечных палочек (БГКП) в 10 см³ молока). При этом КМАФАнМ не должно превышать 10³ КОЕ/см³ молока после пастеризатора. Превышение допустимых значений БГКП рассматривается как индикатор нарушения санитарных условий производства [70,71]. Эффективность процесса пастеризации зависит от качественного и количественного состава микрофлоры молока-сырья и должна гарантированно обеспечить уничтожение вегетативных клеток патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [72,73,74,75,76]. При исходной концентрации свыше 10⁶ КОЕ/см³ клетки *Escherichia coli* могут частично сохранять свою жизнеспособность как при низкотемпературной (72±1)°C в течение 10-20 с, так и при высокотемпературной (80±1)°C в течение 10-20 с пастеризации. Явление реактивации после теплового шока также отмечается у стафилококков, псевдомонад и плесневых грибов [77]. В результате пастеризации в продукте может оставаться термостойкая микрофлора, способная сохранять свою

жизнеспособность. Дальнейшее поведение таких микроорганизмов зависит от многих факторов, которые могут вызывать как гибель клеток, так и развитие сублетального стресса с возможностью последующего восстановления [75,78,79,80].

Термическая обработка молока приводит к необратимым модификациям, затрагивающим ее органолептические, функционально-технологические и биологические свойства. Глубина изменений компонентов молока прямо коррелирует с температурно-временным режимом обработки. В наибольшей степени эти изменения отражаются на белковой и солевой фракциях молока [81]. Белки молока состоит из казеина и сывороточных белков, которые, в свою очередь, включают отдельные белки в различных соотношениях. Характеристика основных фракций белков коровьего молока приведена в Таблице 1.5 [82,83,84,85].

Таблица 1.5 – Основные характеристики белков коровьего молока

Содержание белка	Концентрация, г/л	Молекулярная масса, кДа	Количество аминокислотных остатков в молекуле
20% сывороточных белков (~5г/л)			
10% β -лактоглобулин	3-4	18,3	162
5% α -лактальбумин	1-1,5	14,2	123
3% Иммуноглобулины	06-1,0	150	...
1% БСА	0,1-0,4	66,3	282
Следы лактоферина	0,09	80	703
80% общий казеин (~30г/л)			
α ₁ -казеин	12-15	23,6	199
α ₂ -казеин	3-4	25,2	207
β -казеин	9-11	24,0	209
к-казеин	3-4	19,0	169

Белки молока в значительной степени различаются по устойчивости к термической обработке. Казеин характеризуется более высокой термоустойчивостью: его коагуляция в свежем молоке наблюдается, как правило, лишь при нагревании выше 145°C. Повышение кислотности молока снижает пороговую температуру коагуляции казеина. С увеличением температуры пастеризации наблюдается увеличение размера частиц казеина и повышение вязкости молока [86].

Денатурация сывороточных белков определяется температурой и продолжительностью выдержки, активной кислотностью (рН) молока и его минеральным составом [87]. Согласно Трухачеву В.И., белки молочной сыворотки по термоустойчивости условно подразделять на две группы: термолабильные и термостабильные. К термолабильным относят фракции α -лактальбумина и β -лактоглобулина. Термостабильные белки, представленные протеозопептонной фракцией [85,88].

Тепловые изменения сывороточных белков при нагревании протекают в две стадии. На первой стадии происходит денатурация, сопровождающаяся разворачиванием полипептидных цепей и экспонированием ранее скрытых функциональных групп (сульфгидрильных, гидроксильных). На второй стадии денатурированные белки взаимодействуют между собой через SH-группы с образованием дисульфидных связей, что приводит к агрегации, частичной или полной утрате растворимости и снижению гидратационной способности. Первичное образование агрегатов характерно для молекул β -лактоглобулина. При этом белковые молекулы могут сохраняться в растворимой форме и при коагуляции осаждаться совместно с мицеллами казеина [89].

Денатурация сывороточных белков начинается при температурах 62°C и выше, причем температура денатурации определяется продолжительностью теплового воздействия и рН молока [87,90,91,92,93]. Устойчивость основных сывороточных белков к высоким температурам (от наиболее термостабильного к менее термостабильному) характеризуется следующей последовательностью: α -лактальбумин > β -лактоглобулин > бычий сывороточный альбумин (БСА) > иммуноглобулин [94]. Иммуноглобулины начинают денатурировать при 60°C, сывороточный альбумин – при 64°C, β -лактоглобулин – при 70°C, тогда как наиболее устойчивый α -лактоальбумин – при 72°C [85].

Нагревание молока до 80°C снижает содержание сывороточных белков с 0,62% до 0,53% (на 14,51%), а до 90 °C – до 0,34% (на 45,16%). Основная масса сывороточных белков денатурирует при нагревании до 95°C в течение 5 мин.

Незначительное увеличение относительного содержания казеина связывают

с агрегацией денатурированных сывороточных белков на поверхности казеиновых мицелл [66]. Активная кислотность является критическим фактором, определяющим агрегацию денатурированных сывороточных белков при нагреве молока. В молоке, нагретом в диапазоне $(90-140)^{\circ}\text{C}$, денатурированные сывороточные белки либо формируют однородное покрытие на мицеллах казеина в виде комплексов с κ -казеином при $\text{pH} \leq 6,6$, либо присутствуют в плазме молока в форме растворимых агрегатов при $\text{pH} > 6,6$ [38].

Наиболее термостабильной частью сывороточных белков является α -лактальбумин. Он не коагулирует в изоэлектрической точке ($\text{pH} 4,2-4,5$) вследствие высокой гидратированности и не свертывается под действием сычужного фермента [95,96]. Высокая термоустойчивость α -лактальбумина определяет его способность к обратимой денатурации [97]. После охлаждения 80-90% α -лактальбумина восстанавливают нативную конформацию за счет самопроизвольной ренатурации (повторного сворачивания полипептидной цепи) и стабилизации ионами кальция третичной структуры белка [98,99].

В молоке β -лактоглобулин присутствует преимущественно в виде димеров, состоящих из двух полипептидных цепей с молекулярной массой около 18 000 Да каждая. При нагревании молока до 55°C β -лактоглобулин диссоциирует на мономеры, которые при дальнейшем повышении температуры агрегируют за счет образования дисульфидных связей [91].

Интегральный показатель функциональных свойств сывороточных белков формируется в результате синергического взаимодействия всех его фракций. В частности, β -лактоглобулин обладает высокой гелеобразующей, пенообразующей и эмульгирующей способностью, тогда как α -лактальбумин характеризуется выраженными эмульгирующими свойствами при относительно низкой способности к гелеобразованию [97,100].

Конформационные особенности сывороточных белков обуславливают их физико-химические характеристики, что в свою очередь связано с термоустойчивостью. При pH близкой к нейтральной (6,7) фракции β -лактоглобулина А, В и С обладают высокой термоустойчивостью.

Конформационные изменения аминокислотных остатков в порядке $C > A > B$ влияют на гидрофобность, заряд и стерические свойства молекулы. Все это отражается на реакционной способности тиольной группы, олигомеризации, растворимости и конформационной устойчивости белка, а следовательно, на отношении к нагреванию [88,101,102].

Бычий сывороточный альбумин (БСА) представляет собой глобулярный белок, состоящий из 583 аминокислотных остатков, содержащий 17 дисульфидных связей и имеющий молекулярную массу 66,399 кДа [103]. При нагревании α -спиральная структура БСА претерпевает две фазы структурных изменений, из которых первая носит обратимый характер, а вторая – необратимый. Обратимые конформационные изменения протекают практически мгновенно в интервале 42-50°C. Отрезок времени от обратимой до необратимой конформации занимает несколько секунд [104, 105]. Необратимая денатурация БСА происходит при температурах выше 50°C и ассоциируется с разрушением α -спиралей и формированием β -структур [106]. На стадии необратимой денатурации происходит раскрытие белка с экспонированием сульфгидрильной группы Cys-34, что инициирует образование дисульфидных сшивок [107,108,109]. Эти изменения также влияют на органолептические свойства молока. Увеличение количества сульфгидрильных групп при высокотемпературном воздействии придает молоку привкус кипяченого молока, его еще характеризуют как ореховый привкус [94].

На функционально-технологические свойства СОМ в определяющей степени влияет технологический процесс, в первую очередь режимы термической обработки: пастеризация, сгущение и сушка. Согласно современным представлениям [29,39,110,111,112], структурные изменения в СОМ главным образом связывают с температурой пастеризации. Исследователи отмечают прямую зависимость: повышение температурного воздействия на молоко увеличивает степень денатурации белкового комплекса молока. Вместе с тем понижение температуры пастеризации увеличивает риски, связанные с обеспечением микробиологической безопасности готового продукта, которые на территории стран таможенного союза законодательно регламентированы

нормативными документами [11,70,130]. При выборе режима пастеризации молока для производства молочных консервов необходимо учитывать исходное сырьё, тип и вид оборудования и требуемые показатели качества конечного продукта. Необходимо учитывать, что технологический регламент производства должен стремиться максимально сохранить пищевую и биологическую ценность продукта. Тем не менее термическая обработка неизбежно приводит к изменениям физико-химических, органолептических и потребительских свойств молока. Эти изменения обусловлены тем, что поглощаемая молоком тепловая энергия, в том числе пастеризация, активизирует, необходимые для разрыва химические связи [114,115]. Степень модификации нативной структуры молока определяется температурой нагрева и продолжительностью ее воздействия. Основные изменения, происходящие в молоке при высокотемпературной обработке, представлены в Таблице 1.6 [31,38].

Таблица 1.6 – Влияние высокой температуры на основные компоненты молока

Состав молока	Изменения функциональных и технологических свойств молока
Белки	Денатурация, агрегация и коагуляция белков (казеин и сывороточные белки). Комплексообразование β -лактоглобулина с κ -казеином. Снижение доступности аминокислот. Изменение растворимости и усвояемости белка. Снижение термоустойчивости казеина, осаждение белков
Жиры	Частичная денатурация белков мембран жировых шариков, нарушение их целостности. Появление дестабилизированного и свободного жира, риски автоокисления, липолиз. Образование неприятных запахов, нарушение однородности молока ухудшение визуального качества продукта
Лактозы	Изомеризация лактозы и взаимодействие с аминокислотами. Образование карбонильных соединений, углекислого газа, карбоновых кислот. Меланоидинообразование (реакция Майяра). Изменение цвета, вкуса и аромата молока. Увеличение кислотности
Минеральные вещества	Переход растворимых солей в нерастворимые, выпадение части солей в осадок, миграция кальция из казеинаткальцийфосфатного комплекса, минерализация поверхности мицелл коллоидным кальцием. Увеличение размера частиц казеина. Снижение термоустойчивости и способности связываться сычужным ферментом
Биоактивные компоненты	Разрушение витаминов (витамин С, витамины группы В), пигментов. Уничтожение ферментов и иммуноглобулинов. Снижение биологической ценности и полезных свойств молока

В процессе нагревания из молока удаляются растворенные газы – диоксид

углерода, кислород и азот, содержание которых снижается на 20% и более. Выделение CO₂ сопровождается уменьшением титруемой кислотности молока на 0,5-2°Т [86]. Режим пастеризации также оказывает влияние на реологические свойства молока: при повышении температуры его вязкость, как правило, снижается. Вместе с тем при высоких температурах пастеризации вследствие денатурации белков и протекания реакций меланоидинообразования возможен обратный эффект, проявляющийся ускорением роста вязкости. Сывороточные белки, обладая выраженными гидрофильными свойствами, усиливают способность казеина удерживать влагу и замедляют отделение сыворотки от сгустка [89].

Качественные и количественные изменения белковой фракции молока при пастеризации определяют технологические и потребительские свойства сухого молока, включая растворимость, смачиваемость, термоустойчивость, насыпную плотность, содержание пригорелых частиц. [12,34,46,91,92,116].

Растворимость является ключевой характеристикой СОМ. Растворимость сухого молока распылительной сушки составляет более 99 %, в то время как вальцевой сушки около 85 % [117]. Низкая растворимость приводит к технологическим проблемам и производственным потерям. В процессе растворения участвуют практически все компоненты молока: лактоза и минеральные вещества, белки и жир. При интенсификации процесса растворения важную роль играют свойства воды [118].

К факторам, непосредственно влияющим на растворимость СОМ, относят:

- содержание молочной кислоты;
- режим термической обработки;
- тип распылительной сушки;
- уровень солевых ионов, связанных с белком;
- внесение термостабилизатора (солей-стабилизаторов);
- продолжительность и условия хранения [11,102,119,120,121].

СОМ низкого класса термообработки характеризуется более высокой растворимостью и выраженным натуральным молочным вкусом. [122]. Процесс восстановления считают завершенным в момент, когда физико-химические

свойства восстановленного молока максимально приближены к свойствам натурального [123].

Смачиваемость СОМ – этот показатель соотносят со степенью денатурации белков молока. Снижение степени денатурации ухудшат смачиваемость, при этом высокая скорость растворения в ряде случаев сохраняется. Смачиваемость СОМ зависит от особенности структуры, капиллярности поверхности. С показателем смачиваемости связаны такие свойства СОМ как гидрофильность, эмульгирующая, пенообразующая способность [118,124].

Термоустойчивость – это способность восстановленного молока сохранять физико-химическую и биологическую стабильность при воздействии высоких температур. Данное свойство молока проявляется в отсутствии видимой коагуляции белков: казеин остается в коллоидной взвеси, а сывороточные белки – в растворе [125]. Высокая термоустойчивость является определяющим критерием качества при производстве стерилизованного и ультравысокотемпературного молока, молочных консервов, а также продуктов детского и диетического питания.

Согласно проведенным исследованиям, термоустойчивость сырья для производства СОМ должна соответствовать уровню не ниже второй группы по алкогольной пробе [1]. На стабильность белковой системы восстановленного молока оказывает влияние комплекс факторов, сопровождающих технологический регламент производства сухого обезжиренного молока. К этим факторам относятся зоотехнические и гигиенические условия получения исходного молока-сырья, его физико-химические показатели, а также режимы термической обработки на этапах пастеризации, сгущения и сушки [126,127]. Ключевыми параметрами, определяющими термоустойчивость, являются стабильность белковых фракций, солевой состав и рН восстановленного продукта [128,129,130,131].

Для получения термоустойчивого восстановленного молока требуется использование СОМ высокого класса термообработки. Определяющим технологическим приемом, регулирующим термоустойчивость СОМ, является термическая обработка (пастеризация) нормализованного молока перед сгущением и сушкой. В промышленности применяют различные сочетания температуры и

времени выдержки: нагрев при 85-90°C в течение 10-20 мин; 99-120°C в течение 0,5-2,0 мин; 110-130°C в течение нескольких секунд [26].

Дополнительно для повышения термоустойчивости применяют стабилизирующие добавки, соли-стабилизаторы. Внесение цитратных и карбонатных солей способствует регулированию солевого равновесия и предотвращению коагуляции. В ферментированных молочных продуктах на процесс гелеобразования значительное влияние оказывают ионы кальция, высвобождаемые при термической нагрузке [26, 36].

Насыпная плотность – является косвенным показателем способности продукта к растворению и непосредственно связана с содержанием воздуха в продукте. Объемная насыпная плотность определяется, главным образом, размером частиц СОМ, тогда как насыпная плотность отражает прочность связей внутри и между высушенными частицами молока. Повышение степени денатурации сывороточных белков уменьшает количество абсорбированного воздуха, увеличивает плотность частиц и, как следствие, повышает насыпную плотность СОМ. При снижении степени денатурации наблюдается обратная тенденция [132]. Данный параметр имеет практическое значение при выборе упаковки, технологического оборудования, а также условий хранения и транспортирования.

Класс термообработки – отражает степень денатурации сывороточных белков и, соответственно, функциональные свойства СОМ. Использование СОМ высокотемпературного класса в сыроделии сопровождается технологическими проблемами, включая замедление коагуляции, нарушение синерезиса и ухудшение структуры сгустка. Вместе с тем такое молоко отвечает всем требованиям для производства стерилизованных продуктов и молока длительного хранения [39,133]. Функциональные свойства СОМ различных классов термообработки представлены в Таблице 1.7 [30].

Таблица 1.7 – Применение СОМ разного класса термообработки

Тепловая классификация	UMSPN (мг/г сухого молока)	Функциональные свойства	Готовый продукт
НТО	$\geq 6,0$	Хорошая растворимость, отсутствие привкуса пастеризации и пригорелости	Восстановленные молочные продукты, нормализация молока, производство творога, сыра, детских и функциональных продуктов
УТО	4,51-5,99	Эмульгирование, пенообразование	Мороженое, майонез, шоколадные и кондитерские изделия
УВТО	1,51-4,50	Абсорбция, вязкость	
ВТО	$\leq 1,50$	Термостойкость, связывание воды, гелеобразование	Восстановленные молочные продукты, сгущенное молоко, сухие смеси, сгущенное молоко с сахаром

Класс термообработки СОМ является ключевым технологическим параметром, который определяет целесообразность его использования для конкретных видов продукции.

1.4 Влияние условий хранения на качество сухого обезжиренного молока

Получение СОМ, отвечающего требованиям технических, нормативных и правовых актов, обусловлено интегрированным влиянием трех базовых факторов: качества исходного сырья, эффективность технологического процесса и условия хранения [4].

Согласно исследованиям, Labuza T.P., Tannenbaum S.R., Karel M., жизнедеятельность микроорганизмов приостанавливается при активности воды (a_w) ниже 0,6 [134]. Вместе с тем даже при $a_w = 0,4-0,5$, что соответствует массовой доле влаги 4,5-8,0%, в сухих продуктах протекают химические и биохимические изменения, включая гидролитические процессы и неферментативные изменения, сопровождающиеся изменением вкуса и запаха СОМ [53,134].

Нарушение температурно-влажностных условий хранения интенсифицирует развитие негативных изменений в СОМ:

- органолептические нарушения: формирование сероводородного привкуса вследствие гидролиза белков молока, а также возникновение карамельного привкуса и потемнение продукта в результате протекания реакции Майяра;

- ухудшение функциональных свойств: снижение растворимости, обусловленное агломерацией и спеканием частиц при нарушении влажностного режима [8,55,135,136].

В процессе хранения происходят физико-химические изменения, преимущественно связанные с переходом лактозы из аморфного в кристаллическое или стеклообразное состояние. Кристаллизация лактозы приводит к модификации микроструктуры и химического состава поверхности частиц сухого молока, вследствие чего снижается их сыпучесть. Параллельно дестабилизация белковых структур сопровождается уменьшением растворимости: наблюдаются слипание и разрушение частиц, что ухудшает такие функционально-технологические свойства как плотность и сыпучесть. Протекающие при хранении трансформации интенсифицируют химические и ферментативные реакции, в частности реакцию Майяра. Окислительные процессы катализируют межмолекулярные взаимодействия и агрегацию белков, что, в свою очередь, приводит к снижению растворимости и ухудшению эмульгирующих и пенообразующих свойств СОМ. Температура и относительная влажность воздуха являются ключевыми факторами, определяющими направленность и скорость указанных процессов [137,138]. Установлено, что растворимость СОМ снижается по мере увеличения продолжительности хранения. Нерастворимый осадок представлен главным образом мицеллами казеина и агрегатами, связанными дисульфидными мостиками, преимущественно с участием β -лактоглобулина [139]. При неблагоприятных условиях хранения пищевая и биологическая ценность СОМ может уменьшаться с 88,5% после 18 месяцев хранения до 71,1% примерно через 36 месяцев [140].

В исследованиях [141,142] установлено, что в СОМ, хранившемся при 55°C и относительной влажности 70%, обнаруживаются продукты гидролиза лактозы (галактоза, тагатоза, глицеральдегид, мальтол) и органические кислоты (муравьиная, уксусная, гликолевая). В основном эти изменения связаны с реакцией Майяра между белками и сахарами, но значимая часть выявленных соединений может образовываться также в результате гидролиза лактозы, катализируемого свободными основными аминогруппами казеина. Результат гидролиза лактозы

способствует ускорению реакции Майяра [143].

Развитие остаточной микрофлоры в процессе хранения зависит от температурных, влажностных, анаэробных условий и осмотического давления в консервах [144]. Нарушение режима хранения оказывает влияние и на микробиологическую безопасность. Показатель КМАФАнМ относится к числу наиболее значимых индикаторов, характеризующих безопасность, качество и продолжительность хранения продукта [70]. Допустимый уровень КМАФАнМ для сухих молочных консервов по ТР ТС не должен превышать 50 000 КОЕ/г (для непосредственного употребления) и 100 000 КОЕ/г (для промышленной переработки). Вместе с тем хранение при повышенной влажности (>85%) может приводить к многократному увеличению указанных значений, стимулируя развитие термофильных бактерий, таких как *Bacillus stearothermophilus*, а также плесневых грибов *Aspergillus* и *Penicillium*.

Одной из причин ухудшения качества СОМ в процессе хранения является абсорбция влаги вследствие негерметичности упаковки и перехода температурных условий хранения, через точку росы. Сухие молочные продукты характеризуются высокой гигроскопичностью, обусловленной, прежде всего, присутствием лактозы в аморфной форме [145]. Нарушение герметичности упаковки критически влияет на изменение влажности продукта, тем самым определяя продолжительность хранения и итоговые показатели качества [1].

Регламентация условий хранения и сроков годности определяется совокупностью факторов. Согласно ГОСТ 33629-2015 производитель самостоятельно устанавливает соответствующие параметры, принимая на себя ответственность за их обоснованность и гарантии сохранения качества продукта [1,146,147,148,149,150,]. Типовая инструкция к стандарту допускает широкий диапазон температур хранения от минус 30 до 25°C, со сроками годности от 8 месяцев и более [151]. Российские нормативы рекомендуют хранение СМ при 0–10 °С и влажности ≤85 %, в то время как мировая практика допускает температуру до 25 °С при влажности ≤65 % [152]. В международном стандарте Codex Alimentarius (CODEX STAN 207-1999) условия и сроки хранения не регламентируются. Вместе

с тем в производственной практике нередко имеет место хранение СОМ вне рекомендуемых режимов. Переход от минусовых к плюсовым температурам отрицательно сказывается на качестве, функциональных свойствах и безопасности СОМ. В связи с этим особое внимание уделяется вопросам хранения СОМ при экстремальных условиях. Несмотря на существенный объем выполненных исследований, остаются недостаточно изученными закономерности изменения функционально-технологических свойств СОМ различных классов термической обработки в процессе хранения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 1

Проведенный анализ научной литературы позволяет прийти к определенным заключениям. Сухое обезжиренное молоко является стратегически значимым молочным продуктом, широко востребованным в пищевой промышленности. Критическим фактором, определяющим качество СОМ, является уровень тепловой нагрузки, воздействующей на белковую составляющую молока. Наиболее чувствительными к нагреванию являются сывороточные белки. Степень их денатурации определяет классы термообработки СОМ, который, в свою очередь, влияет на функционально-технологические свойства. СОМ способно в значительной степени влиять на качество кисломолочных продуктов. С достаточной долей вероятности можно считать, что класс термообработки СОМ способен оказать значимое влияние на консистенцию ферментированных кисломолочных продуктов. В мировой практике использование низкотемпературного (low-heat) СОМ рассматривается как обязательное требование при производстве продуктов детского и специализированного питания, а также высококачественных кисломолочных продуктов. В Российской Федерации отсутствует нормативно закреплённая классификация по тепловым классам, и, как следствие, промышленное производство СОМ низкотемпературного класса ограничено. Сдерживает производство и то, что отсутствует доступная технология СОМ низкотемпературного класса.

Установленные реалии, связанные с производством, качеством и хранением

СОМ, позволяют вычлени́ть необходимость и своевременность решения проблем, связанных с изучением факторов, влияющих на свойства, сохранность, функционально-технологические и микробиологическим свойствам СОМ. Существует потребность в совершенствовании процессов производства, хранения и практического применения разных классов термообработки СОМ.

Учитывая значительный объем выпуска кисломолочной продукции из восстановленного молока, актуальны решения задач, связанных с научным обоснованием рекомендаций по применению СОМ для этих целей. Указанные обстоятельства определяют высокую научную и практическую актуальность и значимость исследований, направленных на изучение влияния класса термообработки СОМ и условий его хранения на качественные характеристики молочных продуктов.

ГЛАВА 2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация работы

Экспериментальные исследования выполнены в соответствии с постановленными задачами в ИЛ «МОЛОКО» ФГАНУ «ВНИМИ», на кафедре Технологии молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» и в производственной лаборатории ООО «НОВАЯ ИЗИДА». Общая схема исследования представлена на Рисунке 2.1 и включает в себя пять основных этапов.



Рисунок 2.1 Общая схема исследований

На первом этапе проводили анализ отечественной и зарубежной литературы по теме «Научное и практическое обоснование применения СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов» и сформулировали цель и задачи собственных исследований.

На втором этапе выработали шесть партий СОМ различного класса термообработки и проводили исследования по влиянию режимов термизации в сочетании с пастеризацией и отдельно пастеризации на белковый профиль, микробиологические, физико-химические показатели обезжиренного молока и СОМ.

На третьем этапе исследований изучали влияние режимов хранения на функционально-технологические свойства СОМ при 22°C, 4°C и минус 18°C. Четвертый этап связан с изучением влияния класса термической обработки и условий хранения СОМ на структуру и свойства ферментированного сгустка. Завершающим этапом исследования стали разработка и внедрение технологии производства СОМ низкотемпературного класса, а также создание методических рекомендаций по применению СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов.

2.2 Объекты исследования

Объектами исследования на разных этапах работы являлись: сырое коровье молоко; обезжиренное молоко (ОМ); сухое обезжиренное молоко (СОМ); ферментированный сгусток, полученный по технологии йогурта (СГЙ) и творога (СГТ); сыворотка (ЙС и ТС), полученная после центрифугирования (СГЙ и СГТ).

2.3 Методы исследования

При выполнении диссертационной работы использовали стандартные, общепринятые и оригинальные физико-химические, микробиологические, органолептические методы исследований.

2.3.1 Микробиологические исследования

1. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 32901-2014. Метод основан

на подсчете колоний термофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, вырастающих на твердой питательной среде КМАФАнМ при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 72 ч.

2. Бактерии группы кишечных палочек (БГКП) определяли по ГОСТ 32901-2014. Метод основан на способности БГКП сбраживать в питательной среде лактозу с образованием газа и кислоты при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч. Признак роста БГКП на жидкой среде Кесслер – визуально наблюдаемое накопление газа в поплавке.

3. Количество психротрофных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КПАФАнМ) определяли по ГОСТ ISO 17410-2013. Метод основан на подсчете колоний психротрофных микроорганизмов, вырастающих на поверхности плотной питательной среды при температуре $(6,5\pm 1,0)^\circ\text{C}$ в течение 10 дней.

4. Количество спор аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов определяли по ГОСТ 32901-2014. Метод основан на посеве предварительно прогретого при температуре $(88\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение (12 ± 2) мин посевного материала в питательную среду КМАФАнМ с последующим культивированием посевов при $(30\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 72 ч и подсчете видимых колоний. Метод предназначен для оценки санитарно-гигиенических показателей сырья и выявления источника микробиологической порчи продуктов переработки молока.

5. Количество протеолитических бактерий по методике ВНИМИ МР 2.3.2.2327-08. Метод основан на подсчете колоний протеолитических микроорганизмов, вырастающих на поверхности плотной питательной среды, при температуре $(30\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 48 ч.

6. *Staphylococcus aureus* определяли по ГОСТ 30347-2016. Метод основан на высеве навески продукта и разведении его в жидкую селективную среду, инкубировании посевов, учете положительных проб, пересеве на плотные селективные среды с последующим подтверждением принадлежности выросших колоний к *Staphylococcus aureus*.

7. Обнаружение *Salmonella* по ГОСТ 31659-2012. Метод определения

бактерий рода *Salmonella* основан на высеве определенного количества продукта в жидкую неселективную среду, инкубировании посевов, последующем выявлении в этих посевах бактерий, способных развиваться в жидких селективных средах, образующих колонии на агаризованных дифференциально-диагностических средах, имеющих типичные для бактерий рода *Salmonella* биохимические и серологические характеристики.

8. Количество дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 33566-2015. Метод основан на способности дрожжей и плесневых грибов образовывать, на плотной питательной среде через 3-5 суток видимые характерные колонии при температуре $(24\pm 1)^\circ\text{C}$.

9. Соматические клетки определяли по ГОСТ 23453-2014.

10. Сычужную пробу определяли по ГОСТ 32901-2014. Метод основан на способности молока, подвергнутого предварительной температурной обработке, свертываться под действием сычужного фермента. По характеру образовавшегося сгустка оценивают качество сырого молока на его пригодность для производства сыра.

2.3.2 Физико-химические исследования

1. Класс термообработки оценивали по принятому в международной практике показателю термообработки (Н), который рассчитывается по соотношению содержания нерастворимого в кислоте (рН 4,8) белкового азота и общего содержания азота, умноженное на 100 (нерастворимый в кислоте белок – это казеин и денатурированный нагреванием белок молочной сыворотки). Метод основан на осаждение казеина и денатурированного при нагревании белка молочной сыворотки в определенном объеме восстановленного СМ при рН $4,8\pm 0,3$ путем добавления раствора уксусной кислоты, а затем раствора ацетата натрия. Осадок промывали и определяли в нем содержание общего азота (на основании объема, эквивалентного объему стандартного титрованного раствора) по методу Кьельдаля СТБ ISO 6735-2011.

2. Белковый профиль сывороточных белков устанавливали методом диск-электрофореза в полиакриламидном геле по ГОСТ 33528-2015.

3. Массовая доля общего азота методом Кьельдаля по ГОСТ 23327-98. Метод основан на минерализации пробы молока концентрированной серной кислотой в присутствии окислителя, инертной соли – сульфата калия и катализатора – сульфата меди. При этом аминокруппы белка превращаются в сульфат аммония, растворенный в серной кислоте. Массовую долю азота в этом растворе измеряют путем подщелачивания раствора, дистилляции аммиака с водяным паром, поглощения его раствором борной кислоты и титрования последнего раствором соляной кислоты с индикацией точки эквивалентности по изменению окраски индикатора (ручное титрование).

4. Содержание небелкового азота – путем осаждения белковых азотистых веществ трихлоруксусной кислотой с последующим измерением общего азота в фильтрате по ГОСТ Р 55246-2012.

5. Определение содержания казеинового азота по СТБ ISO 17997-1-2012. Содержание казеинового азота рассчитывают как разность между общим содержанием азота и содержанием неказеинового азота в молоке.

6. Определение массовой доли сывороточных белков методом Кьельдаля по ГОСТ 34536-2019. Метод основан на предварительном осаждении казеиновой фракции белка анализируемой пробы продукта раствором уксусной кислоты, последующей минерализации полученного фильтрата в присутствии концентрированной серной кислоты, окислителя и катализатора с образованием сернокислого аммония, переведении фильтрата в аммиак, отгонке аммиака в растворе борной кислоты и количественном определении аммиака титриметрическим методом и расчете массовой доли азота в анализируемой пробе продукта с последующим пересчетом результатов на массовую долю сывороточных белков в продукте.

7. Насыпную плотность определяли по ГОСТ Р ИСО 8967-2010 с помощью установки для измерения объемной плотности (Рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Установка для измерения объемной плотности

Метод основан на вычислении насыпной плотности по результатам измерений объема (100 ± 1) г сухого продукта непосредственно после помещения его в мерный цилиндр и уплотнения продукта установленным числом ударов дна мерного цилиндра о твердую поверхность. В соответствии с этим ГОСТом выделяются три плотности: объемная, рыхлая и насыпная. Объемная насыпная плотность, г/см^3 : отношение массы продукта к его объему в мерном цилиндре без уплотнения продукта. Рыхлая насыпная плотность, г/см^3 : отношение массы продукта к его объему в мерном цилиндре после 100 ударов. Насыпная плотность, г/см^3 : отношение массы продукта к его объему в мерном цилиндре после 625 ударов.

8. Индекс растворимости определяли по ГОСТ 30305.4-95. Методика основана на измерении объема не растворившегося осадка в 10 мл восстановленной пробе сухого молочного продукта (массовая доля сухих веществ молока 9%) с использованием центрифуги «ЦЛМ1-12».

9. Термоустойчивость СОМ определяли двумя способами.

По алкогольной пробе по ГОСТ 25228-82. Метод основан на воздействии этилового спирта на белки молока, которые полностью или частично денатурируются при смешивании равных объемов молока со спиртом. Перед исследованием предварительно восстанавливали образцы до массовой доли сухих

веществ 9% для СОМ.

По тепловой пробе. Методика разработана сотрудниками ФГАНУ «ВНИМИ» с использованием устройства контроля термоустойчивости УКТ-150 с модулем покачивания пробирок (производство Инжиниринговый центр БиоПищеМаш, Россия), оснащенный циркуляционным термостатом LOIP LT-316a при 90 и 130°C. Схема прибора представлена на Рисунке 2.3.

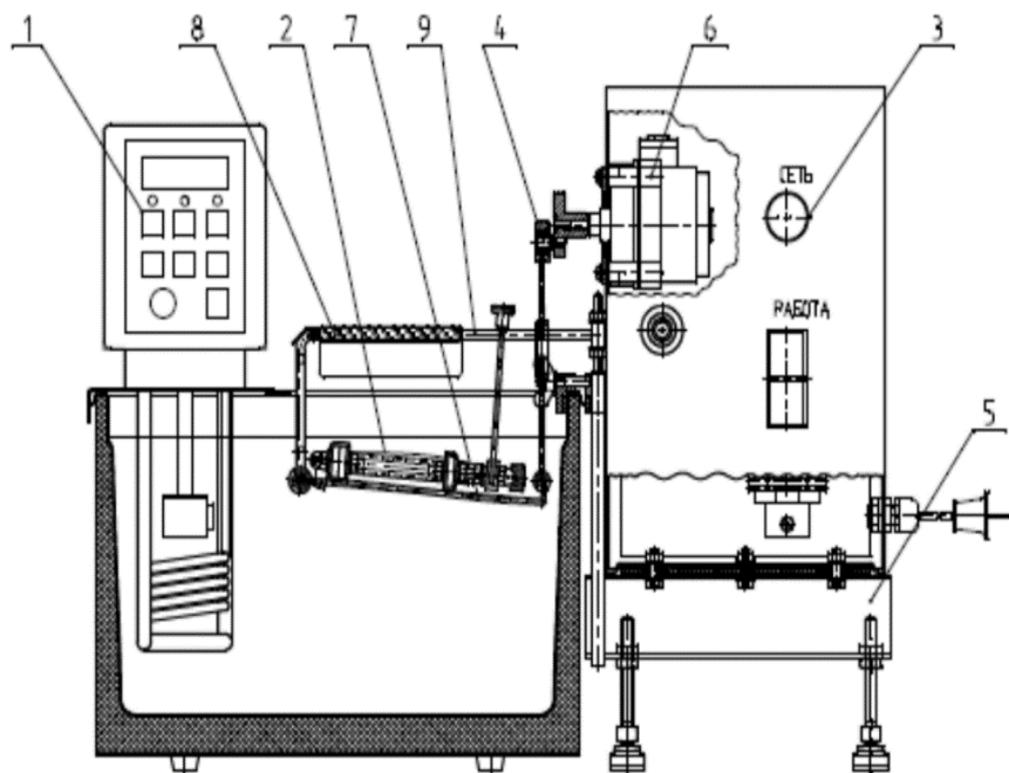


Рисунок 2.3 – УКТ-150 с модулем покачивания пробирок, оснащенный циркуляционным термостатом:

1 – блок управления термостатом; 2 – блок крепления пробирок; 3 – шкаф электрооборудования; 4 – шатунный механизм; 5 – опора; 6 – привод; 7 – подставка; 8–экран; 9 – кронштейн

Сущность метода состоит в сравнительном анализе продолжительности коагуляции белков молочных концентратов в глицериновой бане при заданной температуре. В пробирки объемом 8 мл вносили по 4 мл образца восстановленного молока (массовая доля сухих веществ 9%). Пробирки помещали в металлическую кассету-держатель устройства УКТ-150 и зажимали винтами в блоке. Шатунным механизмом кассете-держателю сообщали периодические движения во избежание пригара в процессе нагревания. Образцы выдерживали таким образом с фиксацией

пригара в процессе нагревания. Образцы выдерживали таким образом с фиксацией времени выдержки до начала коагуляции белковой фракции, регистрируемой визуально.

10. Группу чистоты определяли по ГОСТ 29245-91. Метод основан на фильтровании 250 см³ восстановленного СМ через фильтр диаметром 30 мм и сравнении фильтра с эталоном.

11. Определение титруемой кислотности по ГОСТ ISO 6092-2015.

12. Определение м.д. влаги по ГОСТ 29246-91.

13. Определение м.д. жира по ГОСТ 29247-91.

14. Определение эффективности пастеризации по ГОСТ 3623-2015.

2.3.3 Реологические исследования

1. Влагоудерживающую способность (ВУС) сгустков определяли методом, разработанным в ФГАНУ «ВНИМИ», с использованием центрифуги. Продукт объёмом 10 мл центрифугировали при частоте вращения 3000 и 6000 об/мин в течение 30 мин. Результаты оценивали по разнице в массе супернатанта (сыворотка) образцов сквашенного кисломолочного продукта до и после центрифугирования и рассчитывали по следующей формуле (1) [153]:

$$\text{ВУС (\%)} = (M - C) / M \times 100, \quad (1)$$

где С – масса сыворотки, г; М – масса образца, г.

2. Динамическую (эффективную) вязкость измеряли с применением вискозиметра Brookfield DV-II+Pro (Engineering Laboratories, США). В соответствии с поставленной задачей подобран измерительный шпиндель для определения сдвиговых характеристик. Для неразрушенного сгустка выбран измерительный шпиндель LV-4. Измерение проводили в течении 7 мин при скорости вращения шпинделя 20 об/мин при температуре (18±2)°С.

3. Определение предельного напряжения сдвига проведено на пенетрометре «Petrotest PNR10» (Petrotest, Германия), (Рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Пенетрометре «Petrotest PNR10»

Значение предельного напряжения сдвига (Θ_0 , Па) рассчитывали на основании величины пенетрации по формуле Ребиндера (2):

$$\Theta_0 = K \times m / h^2_{\max}, \quad (2)$$

где K – константа конуса равна 4,1; m – масса, действующая на конус равна 0,08 кг; h – максимальная глубина погружения конуса, м.

4. Прочность сгустка определяли на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2» (Лаборатория качества, Россия), (Рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Текстуроанализатор «Структурометр СТ-2»

Измерение проводили при помощи индентора с площадью $36,08 \text{ см}^2$ и массой $5,25 \text{ г}$ при его погружении в сгусток на глубину 4 мм со скоростью $1,0 \text{ мм/с}$. Максимальную величину усилия нагружения измеряли в граммах, что при данных условиях эквивалентно единицам силы Блюма («Bloom strength») сгустка.

5. Синерезис сгустков определяли по количеству сыворотки, отделившейся в результате фильтрования 100 см^3 разрушенного сгустка через бумажный фильтр в течение 5 ч при комнатной температуре [154].

2.3.4 Органолептическая оценка

Органолептические показатели определяли комиссионно в соответствии с ГОСТ 29245-91, используя 5-ти балльную шкалу оценки.

Все исследования проведены в 3-5 кратной повторности с отсеиванием статистически недостоверных данных по Tukey при $p \leq 0,05$ (для физико-химических исследований) и $p \leq 0,2$ (для микробиологических исследований).

Математическую обработку экспериментальных данных проводили в среде табличного процессора Excel 2019 (Microsoft Inc.).

ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЗАЦИИ И ПАСТЕРИЗАЦИИ НА КАЧЕСТВО СУХОГО ОБЕЗЖЕРЕННОГО МОЛОКА

В этой главе приведены результаты исследования по влиянию режимов термизации в сочетании с пастеризацией и отдельно пастеризации на белковый профиль, микробиологические, физико-химические показатели обезжиренного молока и СОМ, а также установлены параметры термического воздействия, которые обеспечивают получение СОМ низкотемпературного класса термообработки.

Рабочая гипотеза заключается в следующем – термизация, охлаждение, хранение молока с последующей низкотемпературной пастеризацией позволяют обеспечить микробиологическую безопасность, максимальную сохранность структуры белковой фракции, тем самым получить СОМ низкого класса термообработки. Гипотеза основывается на следующих предпосылках и предположениях:

1. Основные структурные изменения (денатурация) белков в сухом обезжиренном молоке связаны не с высокими температурами сгущения и сушки, а с температурой пастеризации: чем она ниже, тем меньше денатурация [41,155,156,157].

2. Включение в технологическую линейку производства СОМ процесса термизации, при температуре от 55 до 62°C с выдержкой менее 15 с и последующей низкотемпературной пастеризацией, оказывает минимальное влияние на белки молока [9,138,158,159]. Термизация позволяет значительно снизить общее количество микроорганизмов, относящихся к санитарно-гигиеническим показателям. Выдержка термизированного молока в течение 8-10 ч при температуре 10°C позволяет активизировать отдельные виды микроорганизмов и перевести их в вегетативную форму, а применение низкотемпературной пастеризации обеспечит их ингибирование.

3. Качественные и количественные изменения белковой фракции молока влияют на потребительские свойства СОМ. Чем выше температура пастеризации, тем больше белков молока переходит в денатурированное состояние [12].

На практике термизацию можно применять только в комбинации с обязательной последующей пастеризацией молока. Применение данного вида термической обработки с последующими охлаждением, выдержкой и низкотемпературной пастеризацией позволит решить две важные задачи: обеспечить микробиологическую безопасность продукта и максимально сохранить структуру и нативные свойства белковой фракции СОМ. Основываясь на этой рабочей гипотезе, разработана программа исследований.

Объектами исследования являлись сырое обезжиренное молоко (ОМ), выработанное при разных режимах термической обработки, и СОМ, выработанное из этого молока.

В ходе производственного эксперимента выработано шесть партий СОМ общим объемом 35000 кг. Цельное молоко сепарировали при температуре $(45\pm 2)^\circ\text{C}$, обезжиренное молоко пастеризовали, сгущали на вакуум-выпарной установке циркуляционного типа производительностью 4000 кг по испаренной влаге в час и сушили на сушилке распылительного типа производительностью 500 кг испаренной влаги в час (температура греющего воздуха $(170\pm 10)^\circ\text{C}$ и выходящего $(75\pm 5)^\circ\text{C}$). В производственном эксперименте ОМ перед сгущением подвергали термической обработке. Режимы термообработки и соответствующие условные обозначения приведены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Режимы термической обработки ОМ

Обезжиренное молоко	Сухое обезжиренное молоко	Режим термической обработки, $^\circ\text{C}$ (продолжительность выдержки 15 с)
ОМ1 (контроль)	СОМ1	-----
ОМ2*	СОМ2*	72 ± 2
ОМ3	СОМ3	72 ± 2
ОМ4	СОМ4	80 ± 2
ОМ5	СОМ5	85 ± 2
ОМ6	СОМ6	96 ± 2

*Обезжиренное молоко ОМ2 термизировали при $(63\pm 2)^\circ\text{C}$ в течении 15 с, охлаждали до 10°C и при этой температуре в течении 10 ч хранили, затем направляли на пастеризацию при $(72\pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 с.

Выработку опытных партий осуществляли на производственной площадке ООО «НОВАЯ ИЗИДА» г. Пенза. Сырьем для производства СОМ служило сырое

коровье молоко, соответствующее первому сорту ГОСТ Р 52054-2023 «Молоко коровье сырое. ТУ». При отборе сырого молока, наряду со стандартными показателями качества, к молоку были предъявлены дополнительные требования: кислотность не выше 18°Т и термоустойчивость по алкогольной пробе не ниже второй группе. Физико-химические, микробиологические и органолептические показатели сырого цельного и сырого обезжиренного молока представлены в Таблице 3.2.

Таблице 3.2 – Показатели качества сырого цельного и сырого обезжиренного молока

Наименование показателя	Сырое молоко	Сырое обезжиренное молоко	Нормативы по ГОСТ Р 52054-2023 для сырого молока первого сорта
Физико-химические показатели			
Массовая доля жира, %	3,58± 0,2	0,05± 0,03	Не менее 2,8
Массовая доля белка, %	3,15± 0,06	3,25± 0,06	Не менее 2,8
Кислотность, °Т	16,5±0,6	17,0±0,5	Не ниже 16,0 и не выше 18,0
Плотность, кг/м ³	1028±1	1032±1,2	Не менее 1027,0
Массовая доля сухих веществ, %	12,21±0,3	8,38± 0,2	-----
Физико-химические показатели			
Массовая доля влаги, %	87,98± 2	91,62±2	-----
Группа чистоты	I	I	Не ниже I
Алкогольная проба	I	I	-----
Микробиологические показатели			
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	2,9×10 ⁵	2,6×10 ⁵	Не более 3×10 ⁵
Содержание соматических клеток в 1 см ³	3,7×10 ⁵	3,5×10 ⁵	Не более 4×10 ⁵
Органолептические показатели			
Консистенция	однородная жидкость без осадка и хлопьев		однородная жидкость без осадка и хлопьев
Вкус и запах	вкус и запах чистые, без посторонних привкусов и запахов		вкус и запах чистые, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Белый	Белый с синеватым оттенком	От белого до светло-кремового

Результаты анализов сырого молока и сырого обезжиренного молока подтвердили, что сырое молоко относится к первому сорту в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52054-2023.

Исследование влияния термической обработки на физико-химические и микробиологические показатели проводили в два этапа. На первом этапе объектом исследования служило ОМ, а на втором СОМ.

Для обоснования целесообразности, определения времени и температуры на содержание микроорганизмов после термизации обезжиренного молока ((62±2)°С, 15 с) был поставлен двухфакторный эксперимент. Результаты данного эксперимента представлены в Таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты по влиянию температуры и времени термизированного обезжиренного молока на КМАФАнМ

Продолжительность активации ОМ, ч	Температура активации термизированного обезжиренного молока, °С					
	(4±1)°С		(10±1)°С		(18±1)°С	
	КОЕ/см ³	°Т	КОЕ/см ³	°Т	КОЕ/см ³	°Т
0 (контроль)	3,8·10 ³	17,0±0,5	3,8·10 ³	17,0±0,5	3,8·10 ³	17±0,5
5	4,2·10 ³	17,0±0,5	7,7·10 ³	17,6±0,4	4,0·10 ⁴	18,5±0,5
10	5,8·10 ³	17,2±0,5	1,2·10 ⁴	18,0±0,5	8,2·10 ⁴	20,0±0,7
20	7,3·10 ³	17,6±0,6	6,6·10 ⁴	19,7±0,6	7,8·10 ⁵	22,3±0,6

Исходное содержание КМАФАнМ в сыром молоке составляет 2,6×10⁵ КОЕ/см³.

Установлено, что режим хранения термизированного обезжиренного молока (10°С в течение 10 ч) приводит к увеличению КМАФАнМ в 3 раза и повышению титруемой кислотности с 17 до 18 °Т. При режиме хранения (4±1)°С не было отмечено значительного изменения КМАФАнМ и кислотности в течении 5, 10 и 20 ч хранения. Хранение молока при температуре 18°С приводило к повышению КМАФАнМ почти на порядок уже через 5 ч хранения, при этом кислотность повышалась в среднем на 1,5 °Т. При дальнейшем хранении термизированного обезжиренного молока в течении 10 и 20 ч отмечали повышение кислотности выше допустимой нормы. Исходя из полученных результатов, режим выдержки термизированного обезжиренного молока при температуре 10°С в течение 10 ч выбран как наиболее технологичный для решения поставленных в работе задач и позволяет обеспечить:

- активизацию определенных видов микроорганизмов, которые переходят в вегетативную форму;
- минимальное изменение титруемой кислотности, которая является критически важным требованием к молоку, направляемому на производство

СОМ низкотемпературного класса термообработки.

Выбранный режим выдержки термизированного обезжиренного молока не противоречит ТР ТС 033/2013, в котором допускается, что температура перевозки охлажденного сырого молока к месту переработки и на момент начала переработки не должна превышать 10°C.

Дополнительно проведены исследования по влиянию термизации и пастеризации сырого молока на содержание основных групп микроорганизмов КМАФАнМ, БГКП, психротрофные бактерии. Эксперимент был построен следующим образом. Сырое молоко термизировали (62±2°C) и пастеризовали при температуре (72±2)°C, (76±2)°C, (82±2)°C, (82±2)°C с выдержкой 15-20 с. Затем, молоко, прошедшее термическую обработку, хранили 24 и 48 ч при температуре (4±2)°C. В качестве контроля использовали сырое молоко. Результаты экспериментов представлены в Таблице 3.4.

Таблице 3.4 – Влияние режимов термической обработки и длительности хранения на микробиологические показатели молока

Период хранения, ч	Сырое молоко	Режим термической обработки молока			
		Режим термизации *	Режим пастеризации *		
			(62±2)°C	(72±2)°C	(76±2)°C
КМАФАнМ, КОЕ/см³					
0	1,7×10 ⁵ (контроль)	5,8×10 ³	1,6×10 ³	5,6×10 ²	1×10 ²
24	5,4×10 ⁵	8×10 ³	3,9×10 ³	2,5×10 ³	9,5×10 ²
48	1×10 ⁶	3×10 ⁴	5,8×10 ³	7,4×10 ³	3×10 ³
Количество психротрофных микроорганизмов, КОЕ/см³					
0	1,1×10 ⁴ (контроль)	1,5×10 ¹	1×10 ¹	Не обнаружено	Не обнаружено
24	4,6×10 ⁴	6×10 ¹	2,5×10 ¹	Не обнаружено	Не обнаружено
48	9,3×10 ⁴	1,5×10 ²	6×10 ¹	1×10 ¹	Не обнаружено
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП)					
0	Обнаружено в 0,01 см ³	Обнаружено в 1 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³
24	Обнаружено в 0,01 см ³	Обнаружено в 1 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³
48	Обнаружено в 0,001 см ³	Обнаружено в 0,1 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³
*Все режимы термической обработки осуществляли с выдержкой 15-20 с.					

Результаты исследований показали, что хранение сырого молока с исходной обсемененностью $1,7 \times 10^5$ КОЕ/см³ при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ приводит к увеличению КМАФАнМ на 0,5 порядка через 24 ч и на один порядок через 48 ч. Полученные данные свидетельствуют, что применение термизации позволило снизить первичную контаминацию по КМАФАнМ и БГКП на 1,5-2 порядка, а по содержанию психротрофных микроорганизмов на 2-3 порядка в зависимости от исходного количества микроорганизмов и видового состава микрофлоры сырого молока. Отмечено, что пастеризация молока способствует снижению исходной микрофлоры на 2-3 порядка и снижает количество психротрофных бактерий и БГКП на 3-4 порядка и на 4-5 порядков соответственно в зависимости от режима пастеризации и состава микрофлоры в сыром молоке.

3.1 Влияние термизации и пастеризации на качество обезжиренного молока

Результаты первого этапа исследования образцов ОМ, подвергнутых термическому воздействию, и контроля (ОМ1) по показателям азота и содержанию белка приведены в Таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Содержание азота, общего белка и его фракций в ОМ

Показатели	Образцы					
	ОМ1	ОМ2	ОМ3	ОМ4	ОМ5	ОМ6
Массовая доля общего азота, %	0,534 ±0,004	0,535 ±0,005	0,535 ±0,005	0,536 ±0,006	0,537 ±0,006	0,537 ±0,005
Массовая доля небелкового азота, %	0,026 ±0,002	0,027 ±0,002	0,027 ±0,002	0,027 ±0,002	0,028 ±0,002	0,029 ±0,002
Массовая доля общего белка, %	3,41 ±0,02	3,41 ±0,03	3,41 ±0,03	3,42 ±0,04	3,43 ±0,04	3,43 ±0,03
Массовая доля неденатурированных сывороточных белков, %	0,64 ±0,06	0,61 ±0,06	0,59 ±0,05	0,49 ±0,05	0,40 ±0,05	0,29 ±0,04
Степень денатурации сывороточных белков, %	0	4,68	7,81	23,43	37,50	54,68
Массовая доля казеина и денатурированного сывороточного белка, %	2,60 ±0,08	2,64 ±0,08	2,65 ±0,08	2,76 ±0,08	2,90 ±0,09	3,03 ±0,09
Соотношение казеина и денатурированного сывороточного белка к сывороточному белку	4,06	4,33	4,49	5,63	7,52	10,44
Показатель термообработки (Н)	76,7 ±0,8	77,6 ±0,8	77,9 ±0,9	81,0 ±0,8	84,4 ±1,0	88,7 ±1,0

С повышением температуры от 45°C (ОМ1) до 96°C (ОМ6) содержание неденатурированного сывороточного белка ОМ уменьшилось с 0,64% до 0,21%. При этом содержание массовой доли казеина и денатурированного сывороточного белка пропорционально возросло с 2,60% до 3,03%. С достаточно высокой долей вероятности можно предположить, что осажденный казеин в своем составе содержит определенное количество денатурированных сывороточных белков.

Дополнительным параметром для оценки термического воздействия на белки ОМ, по аналогии с оценкой класса термообработки СМ, принят показатель термообработки, который по факту отражает соотношение содержания нерастворимого в кислоте белкового азота (казеин и денатурированный нагреванием сывороточный белок) и общего азота. Соответственно, чем выше показатель термообработки, тем значительнее изменения в составе белка молока. Значения показателей термообработки и соотношения казеина и денатурированного сывороточного белка к неденатурированному сывороточному белку коррелируют между собой и значительно увеличиваются при температуре 80°C и выше. Полученные результаты свидетельствуют о том, что режимы термообработки ОМ в исследуемом диапазоне температур практически не влияют на содержание общего белка и небелкового азота.

Дополнительные исследования проведены в отношении неденатурированных сывороточных белков. Их белковый профиль приведен на Рисунке 3.1.

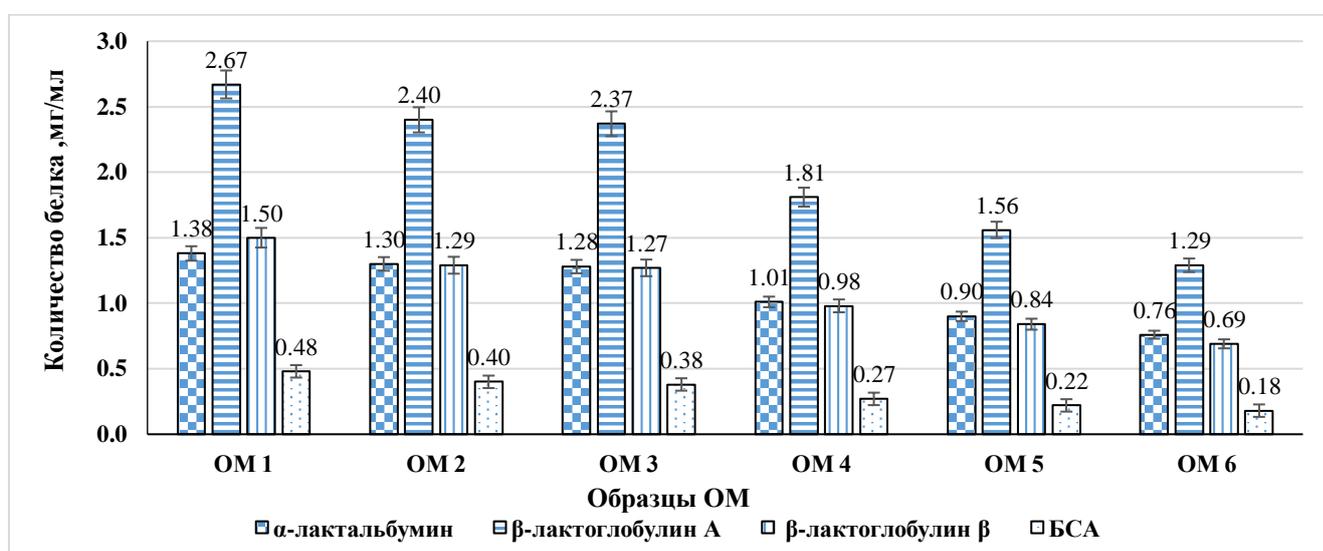


Рисунок 3.1 – Белковый профиль образцов ОМ

Повышение температуры пастеризации ОМ приводит к уменьшению массовой доли фракций неденатурированных сывороточных белков. Подтверждено, что наиболее термолабильным из сывороточных белков является бычий сывороточный альбумин (БСА). На фоне снижения содержания всех фракций сывороточных белков в исследуемом диапазоне температур высокую термоустойчивость проявляет фракция α -лактальбумина. Термоустойчивость α -лактальбумина объясняется его способностью к ренатурации с помощью кальция и в тоже время его компактной структурой и дисульфидными связями. Наиболее выражено денатурация сывороточных белков проявляется при температурах выше 72°C . Влияния термизации при идентичных режимах пастеризации $(72\pm 2)^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 15 с на изменение белкового профиля не обнаружено.

Влияние термической обработки на содержание микроорганизмов в обезжиренном молоке приведено в Таблице 3.6. Как и следовало ожидать, микробиологические показатели контрольного образца ОМ1 (непастеризованного молока) по содержанию КМАФАнМ ($\text{КОЕ}/\text{см}^3$) были на три-четыре порядка выше, чем в образцах ОМ, подвергнутых термической обработке. Включение в технологию производства процесса термизации с последующей пастеризацией (ОМ2) приводило к уменьшению содержания КМАФАнМ по сравнению с содержанием этих микроорганизмов в образцах, подвергнутых только пастеризации ОМ3. Это можно объяснить тем, что использование дополнительной выдержки молока после процесса термизации в течение 10 ч при температуре 10°C способствовало активизации отдельных видов микроорганизмов с переходом их в вегетативную форму. Применение в дальнейшем низкотемпературной пастеризации обеспечивает их уничтожение.

Таблица 3.6 – Микробиологические показатели ОМ

Показатели	Образцы					
	ОМ1 (контроль)	ОМ2	ОМ3	ОМ4	ОМ5	ОМ6
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	$2,8 \times 10^5$	$9,3 \times 10^1$	$6,3 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$1,5 \times 10^2$	$7,6 \times 10^1$
БГКП	Обнаружено в 0,001 см ³	Не обнаружен о в 10 см ³	Не обнаружен о в 10 см ³	Не обнаружен о в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружен о в 10 см ³
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, в 25 см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 см ³	Не обнаружен о	Не обнаружен о	Не обнаружен о	Не обнаружено	Не обнаружен о	Не обнаружено
Споры аэробных и факультативно- анаэробных микроорганизмов , КОЕ/см ³	$5,1 \times 10^1$	8,0	$5,2 \times 10^1$	$4,2 \times 10^1$	$4,4 \times 10^1$	$3,7 \times 10^1$
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	$4,6 \times 10^4$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, плесени, КОЕ/см ³	$4,0 \times 10^1$, $9,0 \times 10^1$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Результаты исследований модельных образцов обезжиренного молока с внесенными условно-патогенными микроорганизмами *Escherichia coli* в количестве 1×10^5 КОЕ/см³ показали, что режим термизации и низкотемпературной пастеризации $(72 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 с обеспечивает отсутствие провоцирования роста и полноту ингибирования таких микроорганизмов.

3.2 Влияние термизации и пастеризации на качество сухого обезжиренного молока

Объектом второго этапа исследований служило СОМ, выработанное из соответствующего ОМ (Таблица 3.1). В Таблице 3.7 приведены данные физико-химических показателей шести промышленных партий СОМ. Тенденции и закономерности влияния термической обработки на содержание общего азота и массовой доли общего белка, денатурированного и неденатурированного сывороточного белка, выявленные в результате термической обработки ОМ, сохранились в СОМ. Показатель термообработки позволил соотнести режим

пастеризации ОМ с показателем термообработки и классом термообработки СОМ. В результате только СОМ2 и СОМ3, выработанное из ОМ с режимом пастеризации $(72\pm 2)^\circ\text{C}$ и выдержкой 15 с, по показателю термообработки (H ниже 80,0) соответствовал низкотемпературному классу термообработки, причем образец, прошедший термизацию, имел более низкий показатель термообработки. Режим пастеризации ОМ $(80\pm 2)^\circ\text{C}$ (с выдержкой 15 с) позволил получить СОМ умеренного класса термообработки. СОМ с температурой пастеризации $(96\pm 2)^\circ\text{C}$ соответствовало высокотемпературному классу.

Таблица 3.7 – Содержание азота, общего белка и его фракций в СОМ

Показатели	Образцы					
	СОМ1	СОМ2	СОМ3	СОМ4	СОМ5	СОМ6
Массовая доля общего азота, %	5,814 $\pm 0,006$	5,813 $\pm 0,006$	5,816 $\pm 0,007$	5,812 $\pm 0,007$	5,820 $\pm 0,005$	5,821 $\pm 0,006$
Массовая доля небелкового азота, %	0,317 $\pm 0,003$	0,315 $\pm 0,003$	0,316 $\pm 0,003$	0,310 $\pm 0,003$	0,299 $\pm 0,003$	0,311 $\pm 0,003$
Массовая доля общего белка, %	37,09 $\pm 0,04$	37,09 $\pm 0,04$	37,11 $\pm 0,05$	37,08 $\pm 0,05$	37,13 $\pm 0,03$	37,16 $\pm 0,04$
Массовая доля неденатурированных сывороточных белков, %	6,37 $\pm 0,05$	6,10 $\pm 0,06$	6,00 $\pm 0,05$	4,92 $\pm 0,05$	4,03 $\pm 0,04$	3,00 $\pm 0,03$
Массовая доля казеина и денатурированного сывороточного белка, %	28,70 $\pm 0,86$	28,96 $\pm 0,91$	28,86 $\pm 0,80$	30,18 $\pm 0,85$	31,72 $\pm 0,91$	33,28 $\pm 0,96$
Соотношение казеина и денатурированного сывороточного белка к неденатурированному сывороточному белку	4,51	4,74	4,81	6,13	7,87	11,09
Показатель термообработки (H)	77,6 $\pm 0,8$	78,2 $\pm 0,7$	78,4 $\pm 0,8$	81,6 $\pm 0,7$	85,2 $\pm 1,1$	89,6 $\pm 1,0$
Класс термообработки	НТО	НТО	НТО	УТО	УВТО	УВТО

Результаты исследования белкового профиля неденатурированных сывороточных белков СОМ приведены на Рисунке 3.2. Выявленное незначительное снижение содержания денатурированных сывороточных белков в СОМ по сравнению с ОМ.

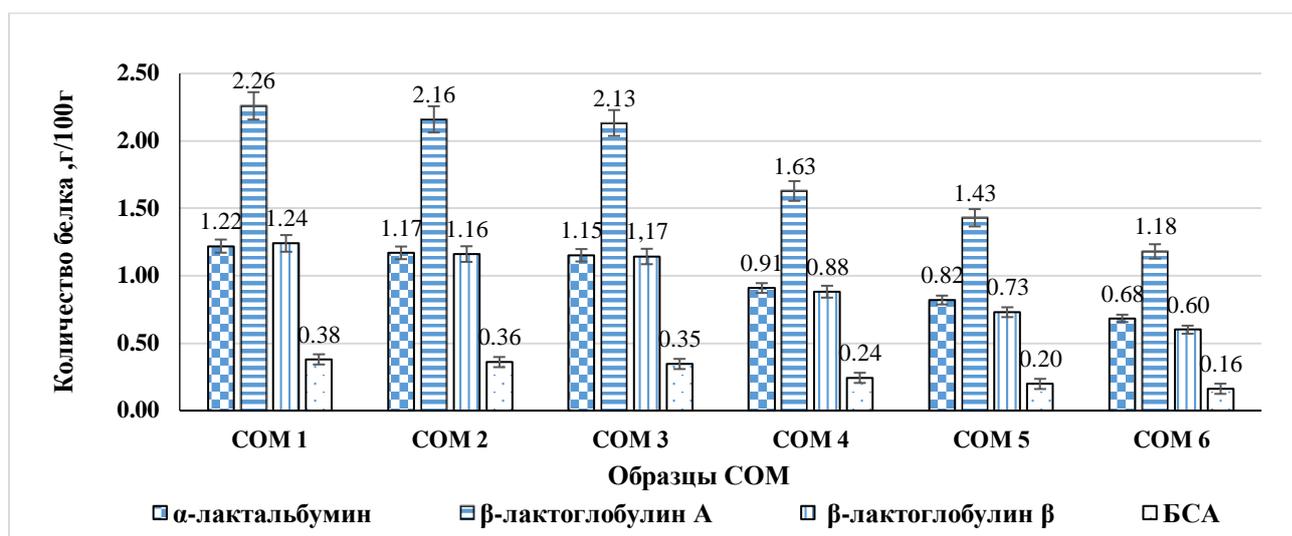


Рисунок 3.2 – Белковый профиль СОМ

Выявленное незначительное изменение фракции сывороточных белков по сравнению с ОМ укладывается в рамки погрешности проведения промышленного эксперимента. Анализ белкового профиля СОМ свидетельствует, что последующие за пастеризацией ОМ технологические операции (сгущение и сушка) значимого влияние на структурные изменения в составе сывороточных белков не оказывают. Результаты микробиологических исследований СОМ приведены в Таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Микробиологические показатели СОМ

Показатели	Сухое обезжиренное молоко					
	СОМ1 (контроль)	СОМ2	СОМ3	СОМ4	СОМ5	СОМ6
КМАФАнМ, КОЕ/г	$3,5 \times 10^4$	$6,2 \times 10^2$	$2,9 \times 10^3$	$2,7 \times 10^3$	$1,5 \times 10^3$	$4,3 \times 10^2$
БГКП, в 0,1 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные, в том числе сальмонеллы, в 25 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Споры аэробных и факультативно- анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$7,0 \times 10^2$	$8,5 \times 10^1$	$4,3 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$
Дрожжи, плесени, КОЕ/г	$1,0 \times 10^1$, $7,0 \times 10^1$	<10 <10	<10 <10	<10 <10	<10 <10	<10 <10

В исследовании не было выявлено значимого влияния режима пастеризации на споровые формы микроорганизмов.

Результаты исследования ОМ и СОМ показали, что введение режима

термизации обезжиренного молока и низкотемпературной пастеризации приводит к снижению показателя КМАФАнМ почти на три порядка, что в конечном итоге позволяет получить СОМ низкотемпературного класса термообработки с гарантией микробиологической безопасности. Результаты органолептической оценки СОМ по 5-ти балльной шкале представлены в Таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Органолептические показатели СОМ

Наименование показателя	Образцы СОМ						Норматив по ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 33629-2015
	СОМ1	СОМ2	СОМ3	СОМ4	СОМ5	СОМ6	
Внешний вид и консистенция	5	5	5	5	5	5	Однородный мелкий сухой порошок
Вкус и запах	5	5	5	5	5	5	Чистые, свойственные пастеризованному молоку
Цвет	5	5	5	5	5	5	Белый, равномерный по всей массе

Все органолептические показатели СОМ вне зависимости от режима термообработки соответствовали требованиям по ТР ТС 033/2013.

Полученные в ходе двухэтапных исследований результаты позволяют сделать вывод и подтвердить правильность предложенной рабочей гипотезы. Исходя из полученных данных, можно утверждать, что предварительная термизация при идентичных условиях пастеризации (72°C) не оказывает значимых изменений на термическую нагрузку белка молока. Режим термизации в сочетании с низкотемпературной пастеризацией способствует снижению начальной обсемененности КМАФАнМ, БГКП и гарантирует выпуск безопасного для потребления продукта.

В данной работе при прочих равных условиях нас интересовал температурный фактор. Результаты исследования фракционного состава белка, ОМ и СОМ, позволили подтвердить, что приоритетное влияние на белки молока оказывает режим пастеризации. Большинство исследователей придерживается мнения о том, что тепловая денатурация β -лактоглобулина – наиболее многочисленной фракции сывороточных белков – проходит два этапа [164]. Первый этап – это переход из глобулярного в развернутую форму, второй этап – это агрегация данной молекулы.

При сравнительном анализе результатов термообработки ОМ и СОМ установлено, что сгущение в вакуум-выпарной установке и процесс сушки значимого влияния на структуру белка не оказывают. Эти результаты коррелируют с ранее полученными выводами [160,161]. Наше исследование косвенно подтвердил ранее полученный вывод Мюнха Г.-Д. и др. о том, что влияние распылительной сушки на снижение исходной концентрации микроорганизмов, в том числе термофильных, незначительно [162]. Большинство сывороточных белков молока термолабильно, начало их денатурации наступает при температуре 60°C и выше [93]. Белковые молекулы остаются в растворимой форме и при коагуляции осаждаются совместно с мицеллами казеина, что нашло подтверждение в наших исследованиях [156,92]. Эти изменения значительно влияют на качество СОМ. Основываясь на экспериментальных данных, которые приведены в данной работе, можно сделать вывод о том, что тепловое воздействие на молоко при (72±2)°C позволяет получить СОМ низкотемпературного класса термической обработки. Температура пастеризации выше (80±2)°C значительно снижает содержание неденатурированных фракций α-лактоальбумина, β-лактоглобулина А, β-лактоглобулина В и бычьего сывороточного альбумина (Рисунок 3.1 и 3.2).

Сочетание режима термизации молока ((63±2)°C в течение 15 с, охлаждение до 10°C и выдержка в течении 10 ч) и низкотемпературной пастеризации ((72±2)°C с выдержкой 15 с) позволяет получить СОМ низкотемпературного класса, которое будет соответствовать требованиям ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 33629-2015. Применение термизации и низкотемпературной пастеризации решает две важные для повышения качества СМ задачи: минимизировать тепловое воздействие на белки молока и обеспечить микробиологическую безопасность готового продукта. Полученные в работе закономерности влияния режимов теплового воздействия, включая термизацию обезжиренного молока, на фракционный состав белков, их термоустойчивость и микробиологические показатели позволили установить режимы термизации и пастеризации, которые дают возможность получать СОМ низкотемпературного класса термообработки.

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ХРАНЕНИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУХОГО ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА

Данное исследование представляет собой продолжение работы по изучению влияния режимов термической обработки на качество СОМ. В этой главе проанализированы функционально-технологические свойства СОМ в зависимости от класса термообработки (низкого, умеренного, умеренно высокого и высокого), условий и продолжительности хранения. Основное внимание уделено динамике значений насыпной плотности, индекса растворимости, термоустойчивости, микробиологических и органолептических характеристик.

Для проведения исследований использовали СОМ различного класса термообработки. В качестве контроля использовали СОМ1 с технологически минимально необходимым тепловым воздействием (Таблица 3.1).

Образцы СОМ упакованные в герметичные пакеты хранили при трех температурных режимах: $(22\pm 3)^\circ\text{C}$, $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, минус $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха от 30 до 60 %. Предварительные исследования заложенных на хранение образцов по органолептическим, физико-химическим, микробиологическим показателям подтвердили соответствие СОМ требованиям ГОСТ 33927-2016. В качестве контролируемых показателей определены: насыпная плотность, термоустойчивость, индекс растворимости. В процессе хранения исследовали микробиологические показатели: КМАФАнМ, количество спор, протеолитических бактерий.

В Таблице 4.1 приведены данные о насыпной плотности образцов СОМ, которая является не только функциональной характеристикой, но имеет важное экономическое и коммерческое значение, поскольку связана с расходом упаковочного материала, выбором фасовочного оборудования, объемами контейнеров для перевозки и пр. [11]. Результаты исследований показали, что температурный режим и срок хранения существенно не повлияли на насыпную плотность СОМ. Наименьшие значения насыпной плотности ($0,67 \text{ г/см}^3$) отмечены у образца СОМ1, отнесенного к низкому классу термообработки, а наибольшие

значения ($0,74 \text{ г/см}^3$) – у образца COM6, полученного с использованием высокой температуры пастеризации. Эти изменения можно объяснить тем, что увеличение степени денатурации сывороточных белков в результате пастеризации молока-сырья перед его выпариванием и сушкой снижает содержание абсорбированного воздуха, повышает плотность частиц, следовательно, и насыпную плотность, и наоборот.

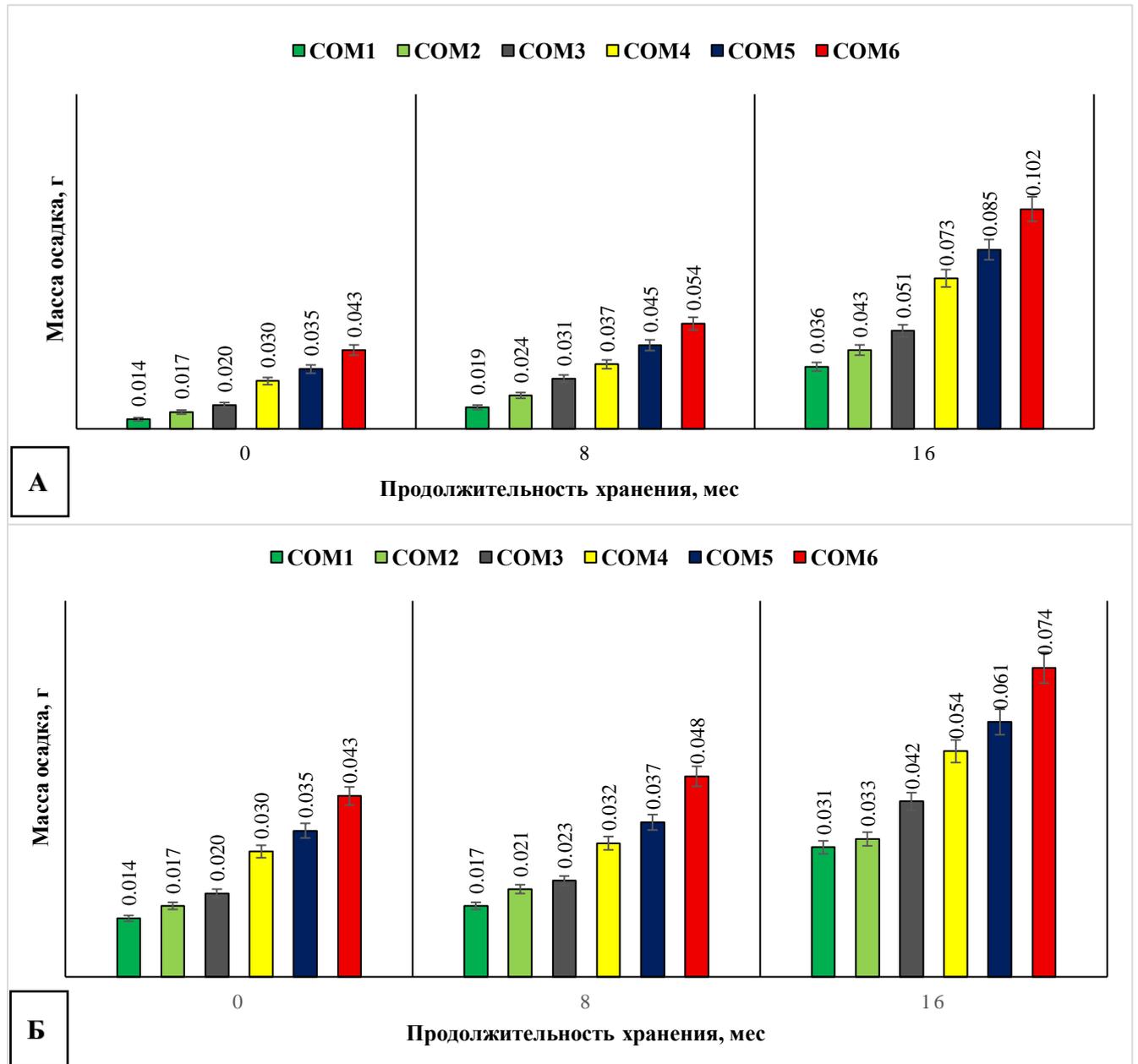
Таблица 4.1 – Насыпная плотность образцов СОМ

Обозначение образца	При закладке на хранение	8 месяцев хранения при температуре, °С			16 месяцев хранения при температуре, °С		
		(22±3)	(4±2)	минус (18±2)	(22±3)	(4±2)	минус (18±2)
Объемная насыпная плотность, г/см^3							
COM1	0,50	0,51	0,51	0,50	0,53	0,52	0,52
COM2	0,48	0,50	0,48	0,48	0,52	0,48	0,47
COM3	0,49	0,51	0,48	0,49	0,53	0,51	0,48
COM4	0,53	0,54	0,53	0,52	0,56	0,55	0,54
COM5	0,55	0,56	0,55	0,55	0,59	0,57	0,56
COM6	0,58	0,60	0,58	0,59	0,62	0,60	0,58
Рыхлая насыпная плотность, г/см^3							
COM1	0,60	0,62	0,61	0,59	0,63	0,59	0,60
COM2	0,59	0,61	0,59	0,60	0,62	0,59	0,58
COM3	0,60	0,62	0,60	0,60	0,63	0,61	0,58
COM4	0,64	0,66	0,65	0,65	0,67	0,65	0,64
COM5	0,66	0,68	0,67	0,66	0,68	0,66	0,65
COM6	0,69	0,71	0,69	0,69	0,73	0,70	0,68
Насыпная плотность, г/см^3							
COM1	0,67	0,69	0,68	0,68	0,71	0,67	0,68
COM2	0,66	0,68	0,66	0,66	0,70	0,68	0,66
COM3	0,67	0,70	0,68	0,68	0,71	0,70	0,69
COM4	0,70	0,72	0,71	0,70	0,73	0,72	0,72
COM5	0,72	0,73	0,70	0,70	0,74	0,75	0,74
COM6	0,74	0,76	0,75	0,75	0,78	0,77	0,75

Показатель насыпной плотности косвенно свидетельствует о степени растворимости сухих продуктов. Полученные результаты можно интерпретировать таким образом, что физическая структура СОМ в исследованных границах эксперимента не зависит от условий хранения, но при этом прослеживается

влияние класса термообработки на насыпную плотность молока.

Растворимость является регламентированной характеристикой СОМ, которая выражается через ее индекс, измеряемый в см³ сырого осадка. Низкая растворимость молока приводит к потерям молочного сырья и, как следствие, к экономическим издержкам. В рамках исследований определена динамика растворимости СОМ в процессе хранения (Рисунок 4.1).



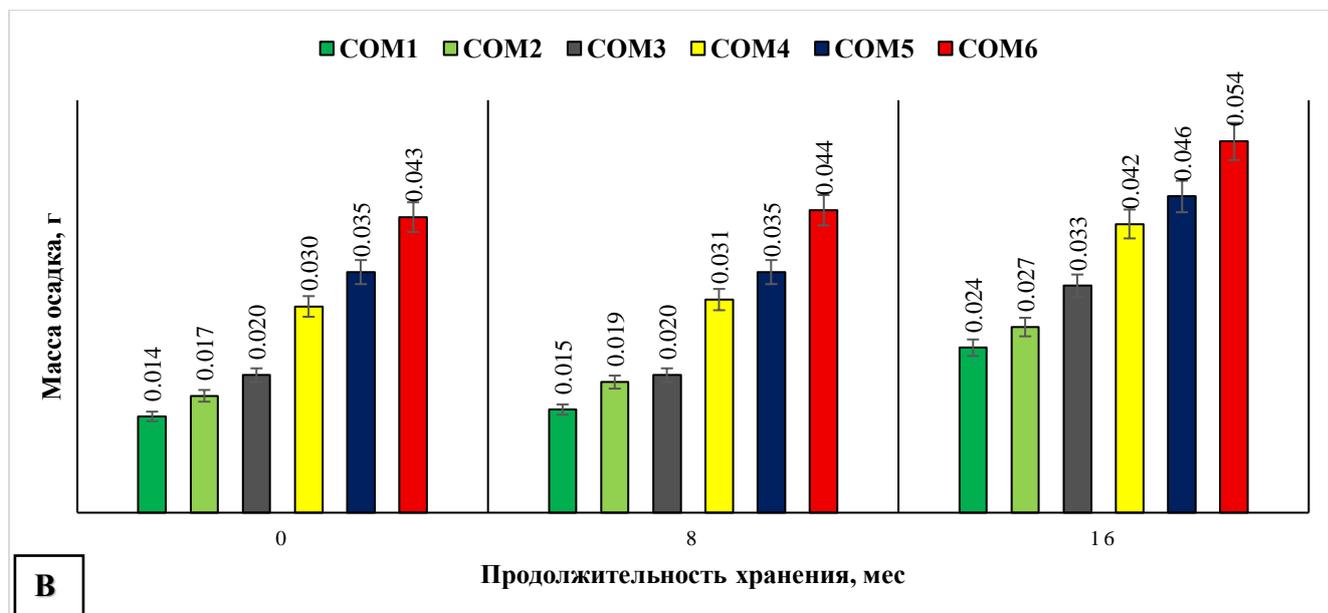
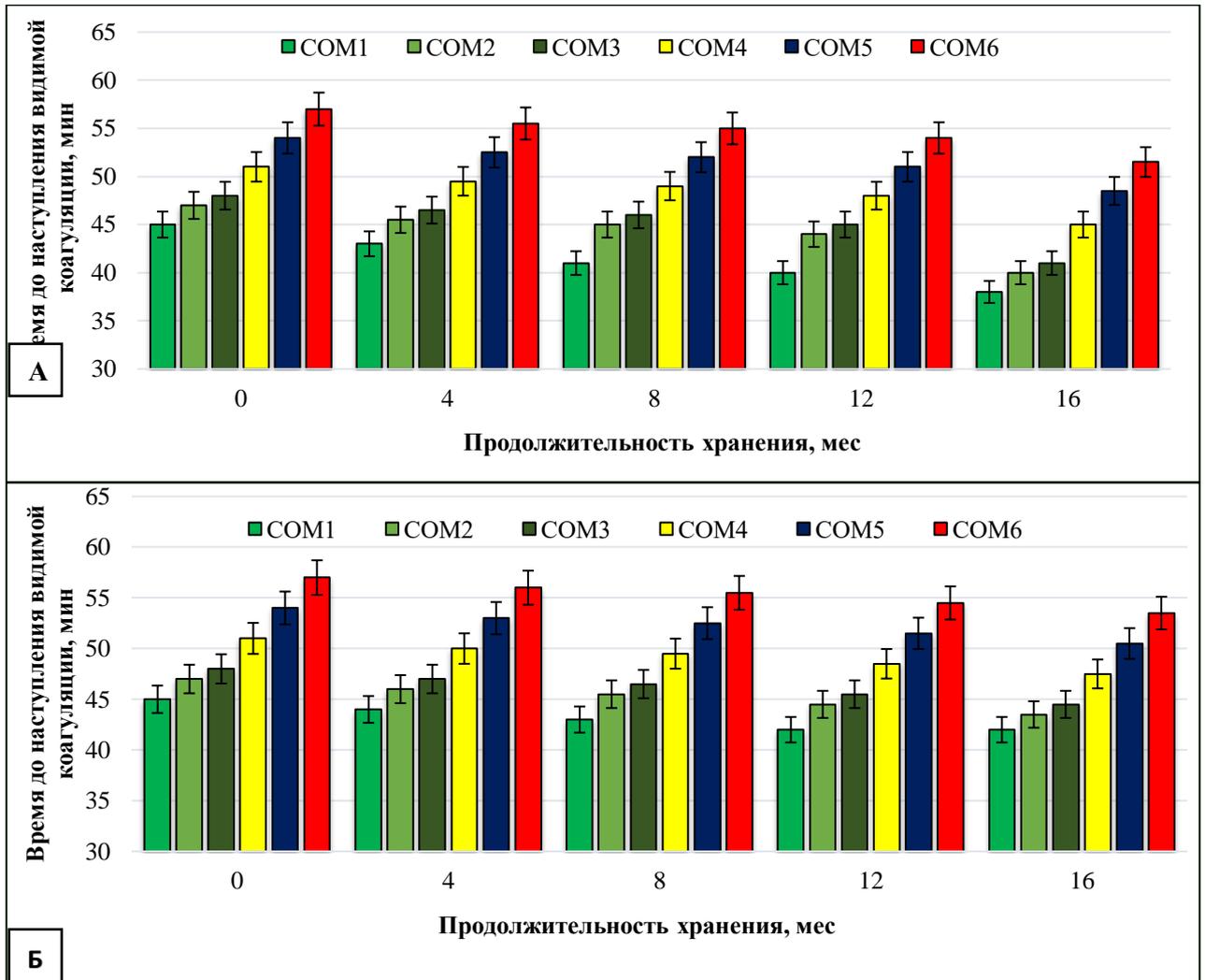


Рисунок 4.1 – Масса осадка образцов СОМ в процессе хранения
 А – температура хранения $(22\pm 3)^\circ\text{C}$; Б – температура хранения $(4\pm 2)^\circ\text{C}$;
 В – температура хранения $(18\pm 2)^\circ\text{C}$

В свежеработанном продукте перед закладкой на хранение индекс растворимости не превышал $0,10 \text{ см}^3$ сырого осадка. Поскольку это значение является минимально устанавливаемым данным методом и находится в пределах расхождения между результатами двух параллельных измерений, определение показателя проводили косвенно, путем взвешивания высушенного осадка. В результате исследования выявлены две закономерности. Первая – в процессе длительного хранения при трех температурных режимах индекс растворимости всех образцов не превышал $0,20 \text{ см}^3$ сырого осадка. Вторая – масса осадка контрольного образца, ввиду воздействия на него минимального теплового фактора, на протяжении всего исследования имели наименьшие значения по сравнению с другими образцами. По отношению к свежеработанным образцам СОМ4-СОМ6, в образцах низкого класса термообработки СОМ1, СОМ2 и СОМ3 при закладке на хранение определены минимальные массы осадка $0,014 \text{ г}$, $0,017 \text{ г}$ и $0,020 \text{ г}$ соответственно, которые к 8 месяцам хранения увеличились незначительно независимо от режимов хранения (как и массы остальных образцов), при этом также имели наименьшие величины. Однако к 16 месяцам, по отношению к хранению в течение 8 месяцев, масса осадка во всех образцах увеличилась почти

в 2 раза при температуре хранения $(22\pm 3)^\circ\text{C}$. Воздействие температур хранения $(4\pm 1)^\circ\text{C}$ и минус $(18\pm 1)^\circ\text{C}$ на растворимость имело менее выраженный характер. Массы осадков образцов СОМ низкого класса термообработки по отношению к другим образцам имели минимальные значения.

Термоустойчивость является значимым технологическим показателем СОМ. Этот показатель, как и насыпная плотность, не включен в действующий стандарт на СОМ, хотя среди многообразия методов определения термоустойчивости метод с использованием воздействия высоких температур является более надежным и объективным. Результаты исследования термоустойчивости СОМ приведены на Рисунке 4.2.



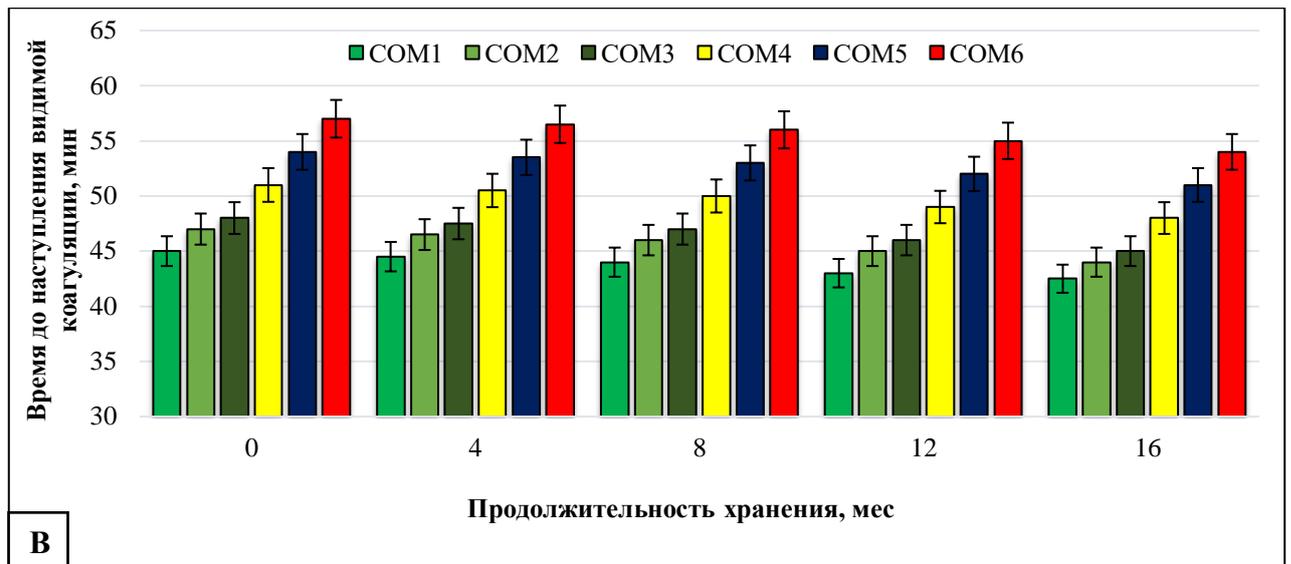


Рисунок 4.2 – Термоустойчивость образцов СОМ в процессе хранения
 А – температура хранения $(22\pm 3)^\circ\text{C}$; Б – температура хранения $(4\pm 2)^\circ\text{C}$;
 В – температура хранения $(18\pm 2)^\circ\text{C}$

Установлено, что повышение термоустойчивости зависит от температуры пастеризации: чем выше класс термообработки, тем выше устойчивость СОМ к тепловым нагрузкам. Эти результаты согласуются с представленными ранее данными по изменению состава сывороточных белков. Самый низкий показатель термоустойчивости (38 мин) отмечен в СОМ1, хранившемся 16 месяцев при температуре 22°C . При температурах 4°C и 18°C изменения термоустойчивости в процессе хранения происходили менее интенсивно. При хранении в режиме $(18\pm 1)^\circ\text{C}$ снижение термоустойчивости не превышало 6% по отношению к другим температурным условиям. Снижение термоустойчивости СОМ можно объяснить деградационными процессами в хранении и результатом термообработки, которые повлияли на стабильность белков.

Кислотность. Начальная кислотность образцов СОМ при закладке на хранение составляла $(16,8\pm 1,0)^\circ\text{T}$. Наибольшее изменение кислотности в процессе хранения зафиксированы при температуре 22°C в контрольном образце СОМ1 – 20°T . В Таблице 4.2 приведены данные по титруемой кислотности образцов СОМ после хранения в течение 16 месяцев.

Таблица 4.2 – Титруемая кислотность образцов СОМ

Обозначение образца	При закладке на хранение	16 месяцев хранения при температуре, °С		
		(22±3)	(4±2)	Минус (18±2)
Титруемая кислотность, °Т				
СОМ1	17,3±0,5	20,3±0,5	19,1±0,5	18,3±0,6
СОМ2	17,6±0,6	19,5±0,4	19,0±0,5	18,3±0,5
СОМ3	17,4±0,5	19,7±0,5	19,4±0,6	18,5±0,7
СОМ4	16,7±0,5	18,6±0,7	17,8±0,5	17,5±0,4
СОМ5	16,5±0,6	18,2±0,6	17,5±0,4	17,3±0,6
СОМ6	16,0±0,6	17,4±0,6	16,5±0,8	16,2±0,5

Значимые изменения титруемой кислотности отмечены на 16-й месяц хранения при температуре 22°С, но и при этом кислотность не превысила 21°Т, что соответствует нормативным требованиям. При температуре хранения минус 18°С существенных изменений кислотности не обнаружено. На основании проведенных результатов можно заключить, что в течение 16 месяцев при температурах хранения 4°С и минус 18°С отсутствуют достоверные изменения титруемой кислотности.

Параллельно исследованиям функционально-технологических свойств СОМ были получены данные его микробиологических показателей через 3, 6, и 16 месяцев хранения (Таблица 4.3). При всех исследуемых режимах хранения отмечено незначительное увеличение КМАФАнМ, причем при 22°С увеличение происходило через 3 месяца, а при 4°С и минус 18°С – через 5-6 месяцев хранения.

Таблица 4.3 – Микробиологические показатели СОМ

Обозначение образца	При закладке на хранение	3 месяца хранения при температуре, °С			6 месяцев хранения при температуре, °С			16 месяцев хранения при температуре, °С		
		(22±3)	(4±2)	минус (18±2)	(22±3)	(4±2)	минус (18±2)	(22±3)	(4±2)	минус (18±2)
КМАФАнМ, КОЕ/г										
СОМ1	3,5×10 ⁴	9×10 ⁴	4,5×10 ⁴	4,4×10 ⁴	6,2×10 ⁴	6,5×10 ⁴	6,2×10 ⁴	6,2×10 ³	1,2×10 ⁴	2,1×10 ⁴
СОМ2	6,2×10 ²	2,3×10 ³	5,4×10 ²	5,3×10 ²	8,3×10 ²	9,5×10 ²	8,1×10 ²	1,3×10 ²	2,0×10 ²	3,3×10 ²
СОМ3	2,9×10 ³	8,0×10 ³	3,5×10 ³	3,8×10 ³	4,6×10 ³	7,7×10 ³	5,5×10 ³	8,0×10 ²	1,8×10 ³	3,6×10 ³
СОМ4	2,7×10 ³	9,5×10 ³	4,0×10 ³	3,7×10 ³	3,0×10 ³	7,0×10 ³	4,5×10 ³	8,3×10 ²	1,0×10 ³	2,6×10 ³
СОМ5	1,5×10 ³	7,8×10 ³	3,1×10 ³	3,0×10 ³	4,2×10 ³	5,0×10 ³	5,0×10 ³	9,4×10 ²	1,6×10 ³	2,3×10 ³
СОМ6	4,3×10 ²	8,0×10 ²	4,5×10 ²	5,4×10 ²	3,9×10 ²	6,7×10 ²	6,8×10 ²	1,0×10 ²	2,8×10 ²	3,2×10 ²
Протеолитические бактерии, КОЕ/г										
СОМ1	5,0×10 ³	2,0×10 ⁴	8,2×10 ³	4,5×10 ³	8,5×10 ³	9,0×10 ³	7,2×10 ³	2,7×10 ²	4,0×10 ³	2,0×10 ³
СОМ2	9,5×10 ¹	5,2×10 ²	1,3×10 ²	8,5×10 ¹	2,2×10 ²	4,1×10 ²	1,5×10 ²	6,5×10 ¹	5,1×10 ²	3,0×10 ²
СОМ3	6,9×10 ²	4,3×10 ³	9,8×10 ²	8,3×10 ²	8,3×10 ²	2,3×10 ³	9,8×10 ²	7,3×10 ²	5,6×10 ²	4,2×10 ²
СОМ4	5,8×10 ²	4,5×10 ³	9,5×10 ²	6,8×10 ²	9,5×10 ²	1,5×10 ³	8,6×10 ²	7,3×10 ²	6,5×10 ²	4,3×10 ²
СОМ5	5,3×10 ²	2,4×10 ³	8,2×10 ²	4,3×10 ²	8,4×10 ²	2,0×10 ³	7,8×10 ²	6,0×10 ²	7,8×10 ²	3,0×10 ²
СОМ6	6,0×10 ¹	4,2×10 ²	9,0×10 ¹	5,8×10 ¹	1,0×10 ²	3,2×10 ²	9,5×10 ¹	7,5×10 ¹	6,5×10 ¹	4,5×10 ¹
Количество спор аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г										
СОМ1	7,0×10 ²	8,2×10 ²	7,2×10 ²	6,5×10 ²	6,5×10 ²	6,0×10 ²	4,2×10 ²	8,7×10 ²	7,0×10 ²	5,0×10 ²
СОМ2	8,5×10 ¹	9,5×10 ¹	7×10 ¹	6,0×10 ¹	5,0×10 ¹	6,0×10 ¹	7,5×10 ¹	5,0×10 ¹	7,5×10 ¹	7,0×10 ¹
СОМ3	4,3×10 ²	5,8×10 ²	5,5×10 ²	4,3×10 ²	4,5×10 ²	6,3×10 ²	6,0×10 ²	3,3×10 ²	4,6×10 ²	3,3×10 ²
СОМ4	3,6×10 ²	5,0×10 ²	5,3×10 ²	4,3×10 ²	6,2×10 ²	5,3×10 ²	5,3×10 ²	4,3×10 ²	4,5×10 ²	4,3×10 ²
СОМ5	3,2×10 ²	4,2×10 ³	5,9×10 ²	4,2×10 ²	6,4×10 ²	5,5×10 ²	4,4×10 ²	5,6×10 ²	6,8×10 ²	5,0×10 ²
СОМ6	2,6×10 ²	4,3×10 ²	3,3×10 ²	3,8×10 ²	4,2×10 ²	3,8×10 ²	3,0×10 ²	3,0×10 ²	5,2×10 ²	3,8×10 ²
БГКП в 0,1 г не были обнаружены до конца срока хранения во всех образцах СОМ										
<i>S. aureus</i> в 1 г не был обнаружен до конца срока хранения во всех образцах СОМ										
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы, в 25 г не были обнаружены до конца срока хранения во всех образцах СОМ										
Психротрофные бактерии в 1 г не были обнаружены до конца срока хранения во всех образцах СОМ										

Однако, к концу срока хранения во всех образцах, при всех исследуемых режимах, наблюдалось снижение КМАФАнМ, которое можно объяснить отсутствием свободной воды для жизнедеятельности микроорганизмов. Температурный режим и срок хранения до 16 месяцев не повлияли на количество

спор аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Все микробиологические показатели соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».

Учитывая, что все предыдущие исследования показали незначительные изменения функционально-технологических свойств СОМ в процессе хранения и качество образцов оставалось в пределах требований действующих правовых актов и нормативных документов, логичным и закономерным выглядит полученный результат сенсорной оценки, свидетельствующий об отсутствии органолептических дефектов и сохранении потребительских качеств СОМ во всем исследованном температурном и временном диапазоне хранения. Органолептическая оценка всех образцов на протяжении периода исследований имела следующий результат: внешний вид и консистенция – однородный мелкий сухой порошок; вкус и запах – чистый, свойственный пастеризованному молоку; цвет – равномерный белый со светло-кремовым оттенком. Полученные результаты полностью соответствуют ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 33629-2015.

В результате проведенных исследований получены новые данные по влиянию режимов и хранения СОМ на функционально-технологические свойства (насыпная масса, растворимость, термоустойчивость). На протяжении всего срока хранения при температурных режимах $(22\pm 3)^\circ\text{C}$, $(4\pm 2)^\circ\text{C}$, минус $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ не отмечено критических изменений СОМ. Образцы СОМ имели схожие закономерности снижения основных показателей термоустойчивости и повышения значений массы осадка как показателя растворимости. Установлено, что все исследуемые образцы соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 и ГОСТ 33629-2015 на протяжении всего периода хранения. Хранение при минус $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ обеспечивало максимальную стабильность всех основных показателей СОМ.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ КЛАССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ СУХОГО ОБЕЗЖЕРЕННОГО МОЛОКА НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО СГУСТКА (МОЛОЧНО-БЕЛКОВОГО)

В процессе производства под действием температурных нагрузок происходят глубокие изменения белковой составляющей СОМ, что отражается на процессе сквашивания восстановленного молока. Для всех кисломолочных продуктов консистенция и внешний вид – очень важные идентификационные показатели, нормируемые законодательством. В этой связи актуальной проблемой является научно обоснованное использование СОМ с учетом его класса термообработки и режимов хранения в производстве кисломолочных продуктов.

В главе 5 приведены результаты исследования по влиянию класса термообработки СОМ на структуру и свойства ферментированного сгустка. Объектами исследований являлись ферментированные сгустки, полученные путем ферментации восстановленного обезжиренного молока. Сырьем для восстановленного молока (ВМ) служило СОМ четырех классов (низкий; умеренный; умеренно высокий и высокий), в производстве которого применены различные режимы пастеризации. Сгустки получали по технологии двух видов кисломолочных продуктов: йогурта и творога.

СОМ восстанавливали в воде при температуре $(40\pm 2)^\circ\text{C}$, фильтровали, охлаждали до 8°C и выдержали при этой температуре 4 ч, удаляя вработанный при перемешивании и растворении воздух для достижения постоянной плотности и вязкости. Восстановленное молоко пастеризовали, охлаждали, вносили закваску, сквашивали и охлаждали. Весь регламент получения сгустка соответствовал утвержденным типовым технологическим инструкциям, разработанным в ФГАНУ «ВНИМИ» для производства творога и йогурта. Основные технологические режимы получения сгустка представлены в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технологические параметры получения сгустка

Обозначение образца	Сгусток, полученный по технологии йогурта (И), по технологии творога (Т)	Состав заквасочной микрофлоры	Режим термической обработки молока		Режим сквашивания	Кислотность готового продукта		Массовая доля сухих веществ, %
			Температура, °С	Выдержка		pH	°Т	
BM1	СГЙ1	<i>Streptococcus salivarius</i> <i>ssp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> . 4,5: 0,5 - (5%)	(85±2)	10 минут	(40-42)°С в течение 4 часов	4,7±0,1	(83±2)	14
BM2	СГЙ2							
BM3	СГЙ3							
BM4	СГЙ4							
BM5	СГЙ5							
BM6	СГЙ6							
BM1	СГТ1	<i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> . 1:1:1 - (3%)	(78±2)	(15-20) секунд	(30±1)°С в течение 8 часов	4,8±0,1	(76±2)	12
BM2	СГТ2							
BM3	СГТ3							
BM4	СГТ4							
BM5	СГТ5							
BM6	СГТ6							

В реологии одним из основных инструментально определяемых показателей является динамическая вязкость.

Динамическая вязкость. По определению Тёпела А. коэффициент внутреннего трения или вязкость – это та сила, которая требуется для сдвига относительно друг друга двух соседних слоев данной среды, расстояние между которыми составляет 1 м, с градиентом скорости 1 м/с [102,85]. На Рисунках 5.1 и 5.2 представлено влияние класса термообработки СОМ и режима хранения на динамическую вязкость СГЙ и СГТ соответственно. Зависимость динамической вязкости сгустка, полученного по технологии йогурта и творога, от класса термообработки СОМ имеет монотонно возрастающий линейный характер, что согласуется с увеличением доли денатурированных сывороточных белков, участвующих в формировании структуры геля. Анализ данных неразрушенного сгустка показал, что эффективная вязкость находилась в пределах от 8,6 до 11,6 Па·с для СГЙ и от 4,6 до 9,3 Па·с для СГТ. С повышением класса термообработки СОМ увеличивается вязкость сгустка, и это имеет практическое значение для производства определенных видов кисломолочных продуктов.

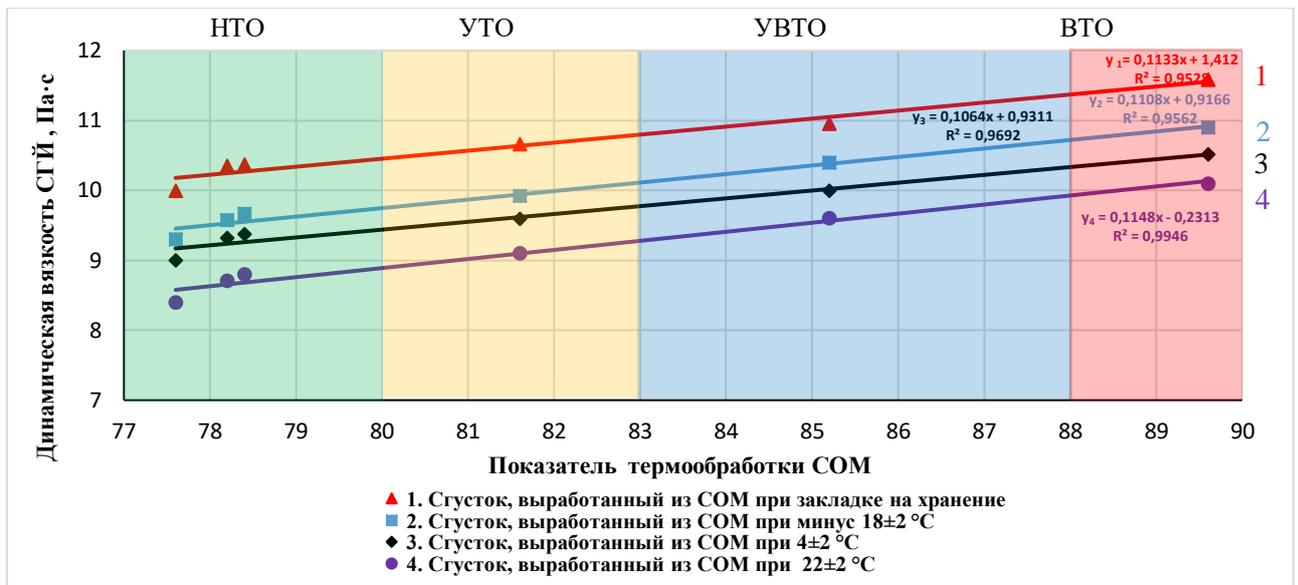


Рисунок 5.1 – Динамическая вязкость СГЙ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

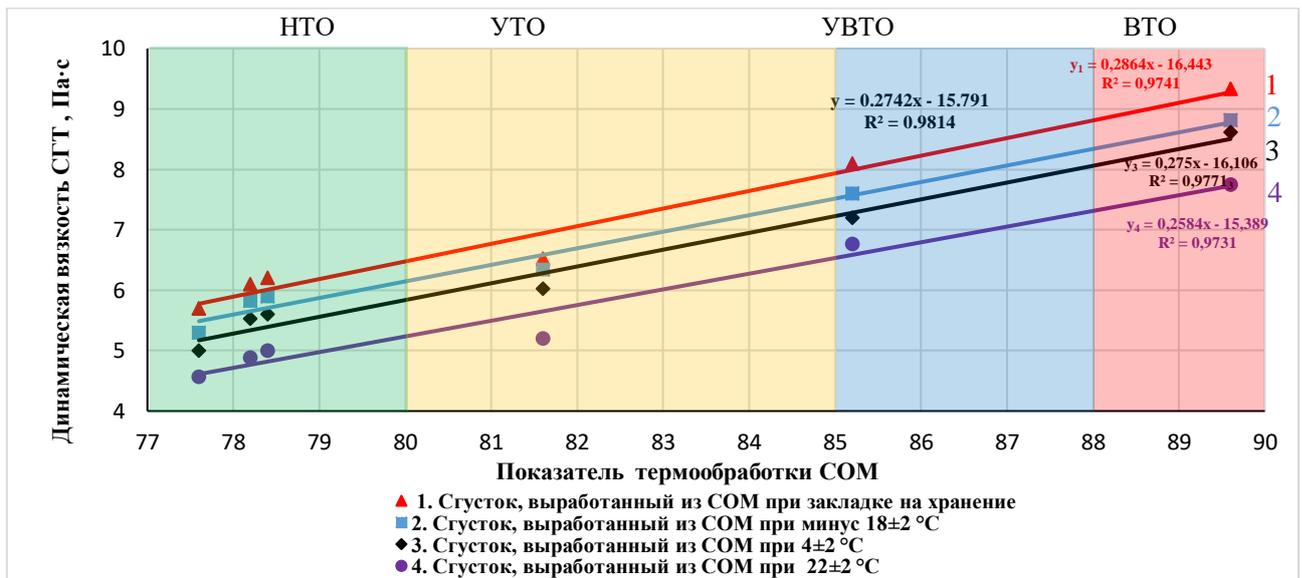


Рисунок 5.2 – Динамическая вязкость СГТ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

С увеличением класса термообработки СОМ увеличивается вязкость сгустка, но при режиме пастеризации выше 85°C рост вязкости замедляется, что может быть связано с определенной стадией денатурации белков (новые связи почти не образуются и структура геля стабилизировалась). Это имеет практическое значение для производства определенных видов кисломолочных продуктов. В пределах погрешности эксперимента вязкость творожных сгустков в зависимости от класса термообработки СОМ также как у СГН носит линейный характер. Процесс

хранения СОМ сопровождается изменениями, оказывающими влияние на структуру ферментированного сгустка. Хранение СОМ в течение 16 месяцев при температуре 22°C снижает динамическую вязкость СГЙ и СГТ уменьшилась на 15% и 20% соответственно. Образцы СГЙ1 и СГТ1 имели самую низкую вязкость после хранения в течении 16 месяцев при 22°C (8,6 и 4,2 Па.с соответственно). Полученные результаты подтверждают, что низкие температуры хранения (4°C и минус 18°C) предпочтительны, так как получаемый сгусток по своим характеристикам на протяжении всего процесса хранения имеет стабильные характеристики.

Напряжение сдвига и глубина пенетрации сгустков. Следующим этапом исследования установлено влияние класса термообработки СОМ на предельное напряжение сдвига и значение глубины пенетрации сгустка (Рисунки 5.3 и 5.4 соответственно).

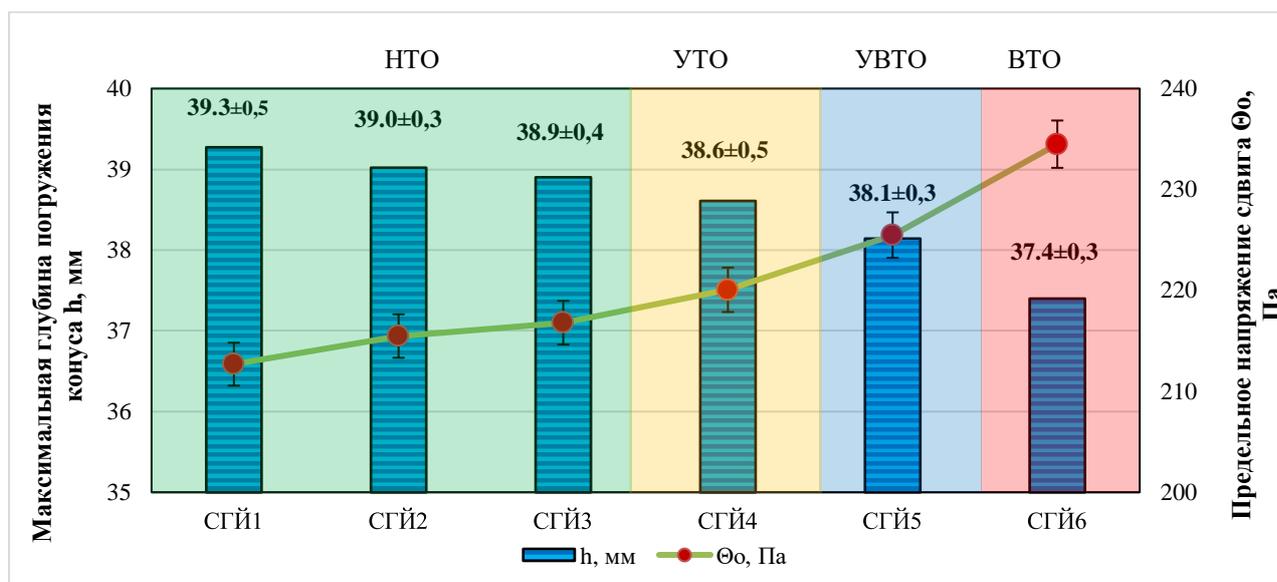


Рисунок 5.3 – Предельное напряжение сдвига и глубина пенетрации СГЙ

Для сгустка йогурта выявлена тенденция, при которой увеличение термической нагрузки на СОМ приводит к увеличению предельного напряжения сдвига и уменьшению глубины погружения конуса пенетromетра. Наиболее значимые изменения, а именно повышение прочности, снижения глубины погружения конуса (39,3 мм) фиксированы в сгустке, сырьем которого было СОМ6.

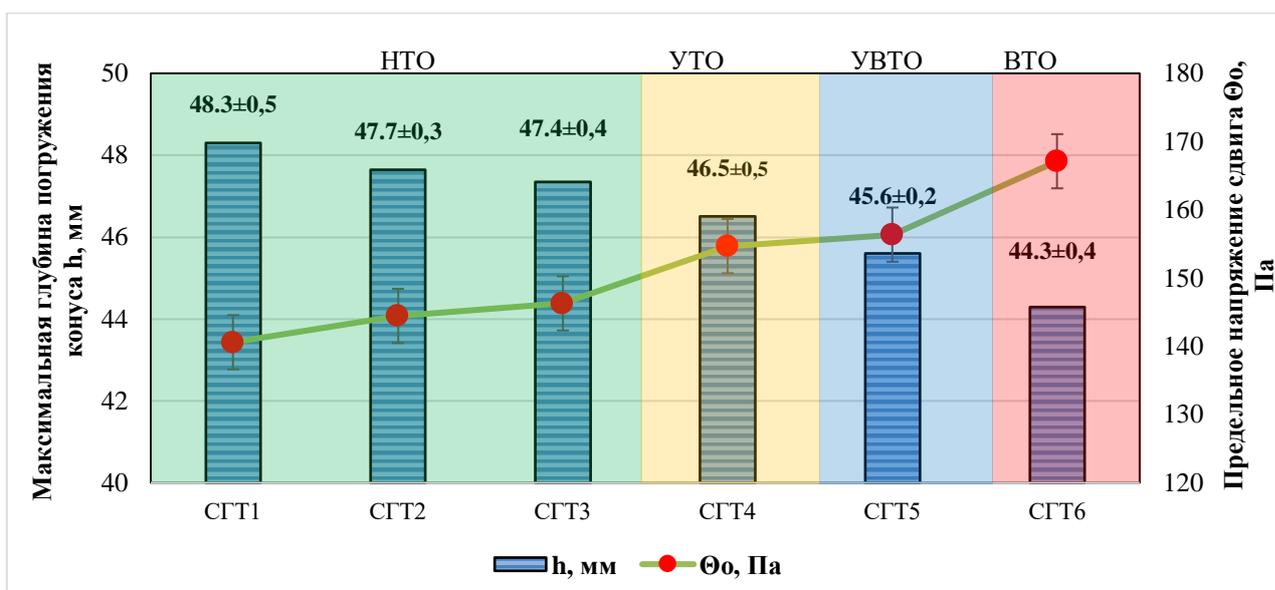


Рисунок 5.4 – Предельное напряжение сдвига и глубина пенетрации СГТ

Для творожного сгустка (Рисунок 5.4) при совпадении общего характера изменений со сгустком йогурта, полученные значения по глубине погружения конуса были в среднем на 15-20% выше. Соответственно выше и предельное напряжение сдвига сгустка.

Данные по влиянию класса термообработки на прочность сгустка приведены на Рисунках 5.5 и 5.6.

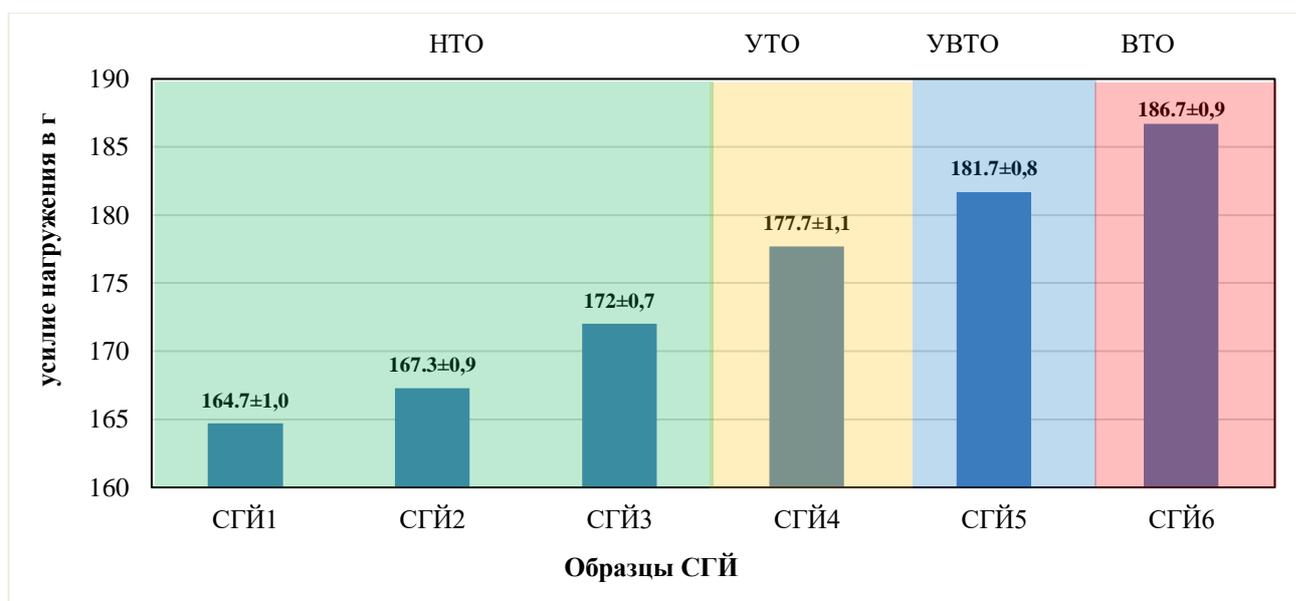


Рисунок 5.5 – Влияние класса термообработки на прочность СГЙ

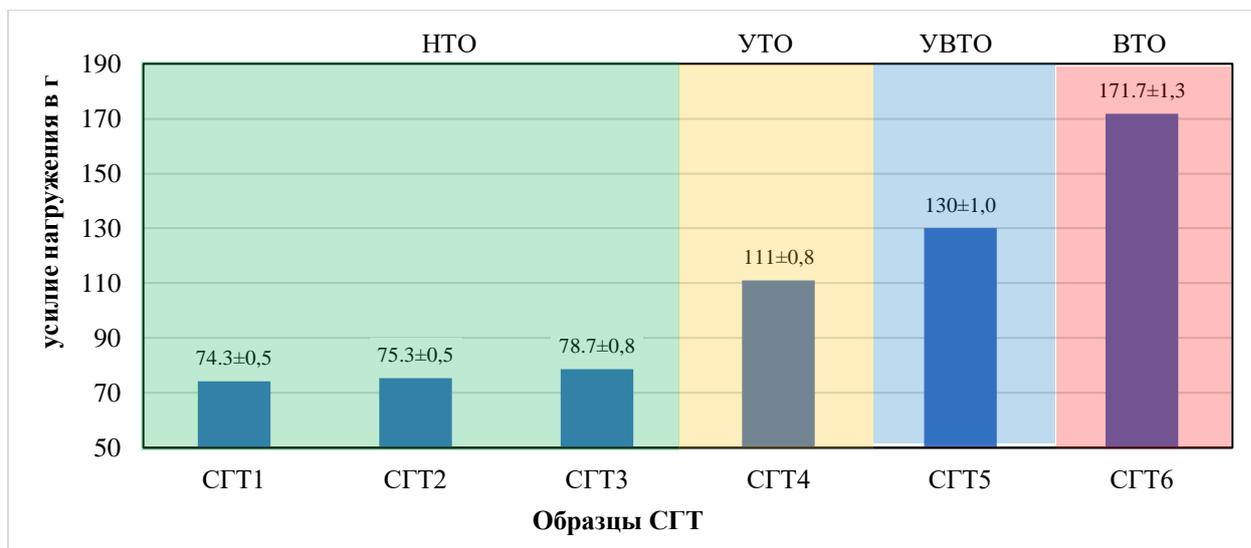


Рисунок 5.6 – Влияние класса термообработки на прочность СГТ

Полученные результаты подтверждают ранее приведенные данные (Рисунки 5.3 и 5.4) о влиянии класса термообработки СОМ на прочностные характеристики сгустков. С повышением температуры пастеризации увеличивается прочность (предельное напряжение сдвига) творожного сгустка и снижается интенсивность отделения им сыворотки. Это можно объяснить увеличением содержания в сгустке денатурированных сывороточных белков, которые усиливают жесткость их пространственной структуры и влагоудерживающую способность.

Влагоудерживающая способность и синерезис. Показатели влагоудерживающая способность и синерезис коррелируют между собой и дополняют друг друга. Близкие по динамике, но противоположны по действию. Результаты исследований отражены на Рисунках 5.7 и 5.8, а также в Таблице 5.2.

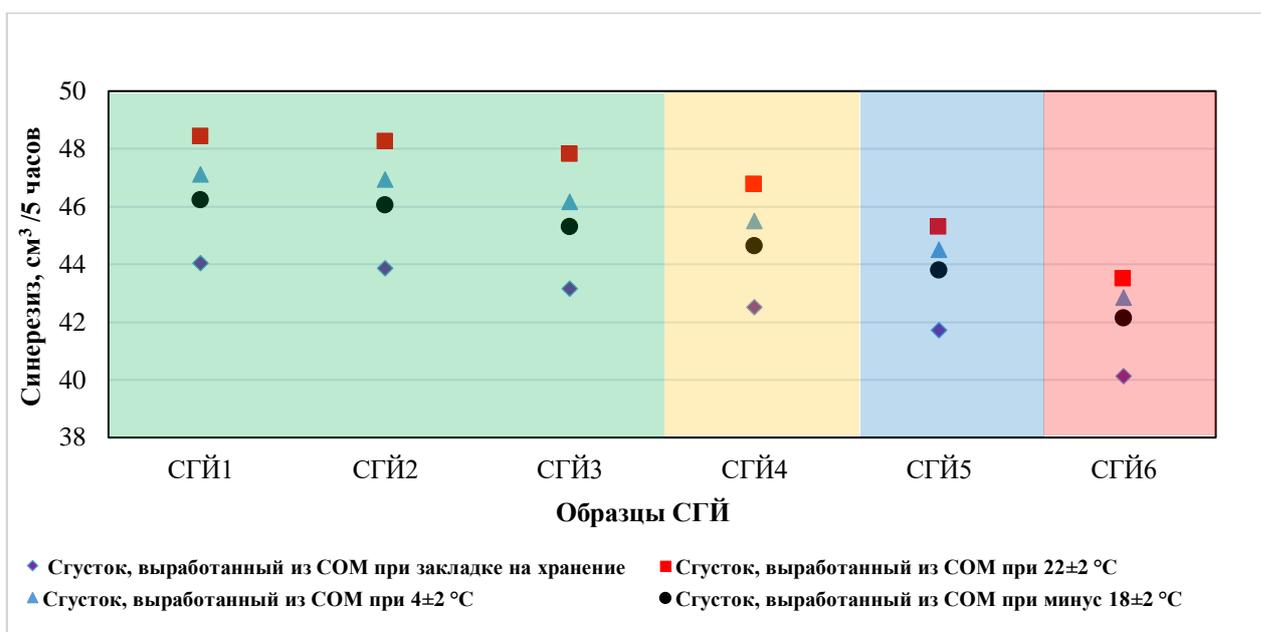


Рисунок 5.7 – Синергетические свойства СГЙ, выработанного из СММ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

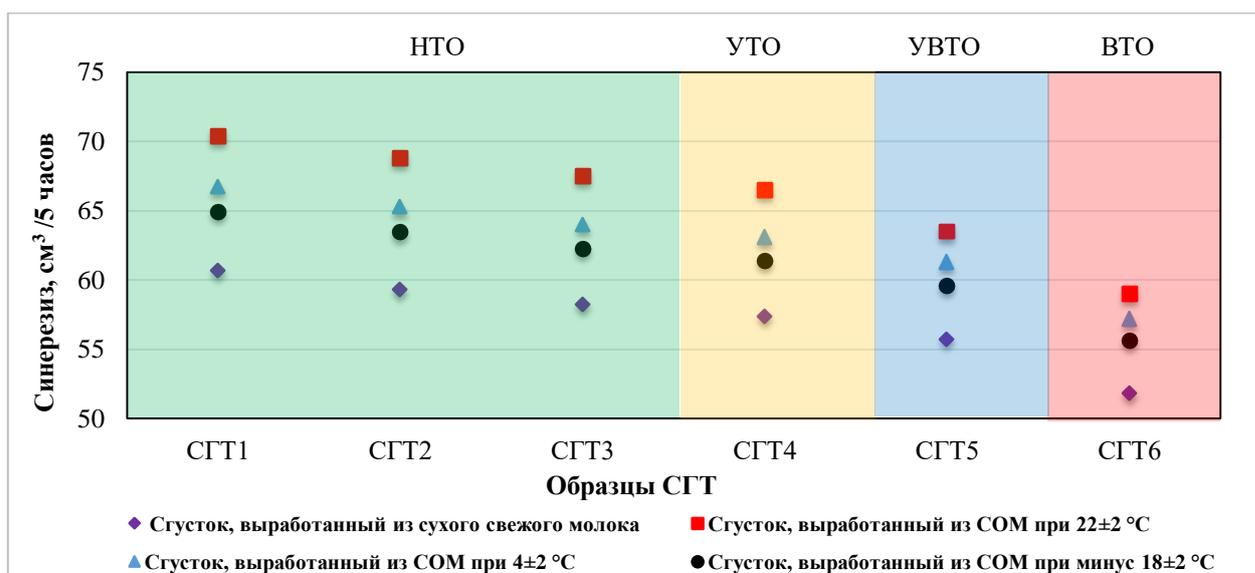


Рисунок 5.8 – Синергетические свойства СГТ, выработанного из СММ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

Благодаря своим высоким гидрофильным свойствам, казеин удерживает влагу, а также замедляет процесс отделения сыворотки от сгустка (синерезис). В связи с этим, закономерно, что повышение синерезиса зависит от температуры пастеризации: чем выше класс термообработки СММ, тем ниже синерезис сгустка. Продолжительное хранение в течение 16 месяцев при $(22\pm 3)^\circ\text{C}$ увеличивает синерезис почти на 10-15 % для СГТ. Температуры хранения $(4\pm 2)^\circ\text{C}$ и минус $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ показали менее интенсивную динамику изменения синерезиса. При

хранении в режиме минус $(18\pm 2)^\circ\text{C}$ изменение синерезиса не превышало 10% во всех образцах по отношению к другим температурным условиям.

Таблица 5.2 – Влагоудерживающая способность ферментированного сгустка

Обозначение образца	Масса сыворотки, выделенная при центрифугировании, г		Влагоудерживающая способность, %	
	3000 об/мин	6000 об/мин	3000 об/мин	6000 об/мин
СГЙ				
СГЙ1	4,94±0,20	7,23±0,30	50,6±2,0	27,7±1,0
СГЙ2	4,83±0,30	7,11±0,30	50,7±2,5	28,9±1,5
СГЙ3	4,72±0,20	7,01±0,30	52,8±2,0	29,9±1,3
СГЙ4	4,61±0,20	6,98±0,24	53,9±1,5	30,2±1,0
СГЙ5	4,44±0,30	6,95±0,30	55,6±2,0	30,5±1,0
СГЙ6	4,17±0,20	6,70±0,20	58,3±1,5	33,0±1,0
СГТ				
СГТ1	6,71±0,30	7,74±0,30	32,9±1,5	22,6±1,0
СГТ2	6,55±0,30	7,40±0,30	34,5±1,5	26,0±1,0
СГТ3	6,44±0,30	7,27±0,30	35,6±1,5	27,3±1,0
СГТ4	6,10±0,20	7,1±0,30	39,50±1,5	29,0±1,0
СГТ5	5,78±0,20	6,93±0,30	42,20±1,5	30,7±1,0
СГТ6	5,71±0,20	6,82±0,20	42,9±1,0	31,8±1,0

С повышением класса термообработки СОМ от НТО до ВТО влагоудерживающая способность твороженного сгустка повышается с 22,6% до 31,8% (при 6000 об/мин), а интенсивность отделения сыворотки в результате синерезиса снижается с $60,7 \text{ см}^3$ до $51,8 \text{ см}^3$ (Рисунок 5.8). Таким образом, данные по влагоудерживающей способности и синерезису хорошо согласуются друг с другом. Несмотря на различные технологии ферментации, в сгустках йогурта и творога в результате центрифугирования по мере увеличения класса термообработки СОМ снижался объем отделившей сыворотки и пропорционально увеличивалась его влагоудерживающая способность.

На следующем этапе исследования количественно определена миграция общего азота и белка из восстановленного молока различного класса термообработки в йогуртовую и твороженную сыворотку. Сыворотку отделяли центрифугированием ферментированных сгустков при частоте вращения 3000 об/мин в течение 30 мин. Полученные результаты по содержанию общего азота и белка в сыворотке приведены в Таблицах 5.3 и 5.4. Объектами исследований являлись восстановленное обезжиренное молоко (ВМ) и йогуртовая и

твороженная сыворотка (ЙС и ТС соответственно).

Анализ собранных данных показал, что трансфер общего белка в сыворотку для исследованных двух видов сгустка имел значительное различие. Процент перехода общего белка в йогуртовую сыворотку варьировался от 10,7% до 12,5%, тогда как в творожную сыворотку – от 17,8% до 21,1%. Таким образом, присутствие белка в творожных сыворотках практически удваивалось по сравнению с сывороткой йогурта. Изменения в массовых долях небелкового азота для образцов разных классов термообработки СОМ в однородных условиях эксперимента находились в пределах допустимой погрешности, однако выявлены значимые различия в содержании небелкового азота (НБА) между йогуртовой и творожной сыворотками. Процент перехода НБА в творожную сыворотку составлял $(90,6 \pm 1,3)\%$, в то время как в йогуртовую – лишь $(86,4 \pm 0,6)\%$.

Таблица 5.3 – Массовая доля азота и белка в йогуртовой сыворотке (ЙС)

Образцы	Показатель				
	Массовая доля общего азота, %	Массовая доля общего белка, %	Массовая доля небелкового азота, %	Степень перехода общего белка в сыворотку, %	Степень перехода небелкового азота в сыворотку, %
ВМ1	0,788±0,008	5,032±0,051	0,0685±0,0023	—	—
ВМ2	0,772±0,006	4,927±0,038	0,0690±0,0023	—	—
ВМ3	0,766±0,006	4,891±0,039	0,0704±0,0030	—	—
ВМ4	0,776±0,007	4,950±0,045	0,0720±0,0025	—	—
ВМ5	0,767±0,005	4,893±0,032	0,0731±0,0020	—	—
ВМ6	0,786±0,008	5,014±0,051	0,0720±0,0025	—	—
ЙС1	0,098±0,004	0,630±0,025	0,0565±0,0022	12,52	85,73
ЙС2	0,096±0,004	0,612±0,025	0,0598±0,0018	12,40	86,66
ЙС3	0,092±0,003	0,589±0,019	0,0610±0,0016	12,00	86,64
ЙС4	0,089±0,003	0,571±0,019	0,0612±0,0023	11,53	85,00
ЙС5	0,087±0,003	0,558±0,019	0,0627±0,0026	11,41	85,77
ЙС6	0,084±0,003	0,541±0,019	0,0605±0,0020	10,78	84,02

Таблица 5.4 – Массовая доля азота и белка в творожной сыворотке (ТС)

Образцы	Показатель				
	Массовая доля общего азота, %	Массовая доля общего белка, %	Массовая доля небелкового азота, %	Степень перехода общего белка в сыворотку, %	Степень перехода небелкового азота в сыворотку, %
BM1	0,657±0,006	4,192±0,038	0,0589±0,0011	—	—
BM2	0,662±0,007	4,224±0,045	0,0617±0,0016	—	—
BM3	0,660±0,004	4,211±0,026	0,0603±0,0015	—	—
BM4	0,665±0,006	4,243±0,038	0,0617±0,0016	—	—
BM5	0,657±0,005	4,192±0,032	0,0635±0,0020	—	—
BM6	0,673±0,007	4,294±0,045	0,0617±0,0018	—	—
ТС1	0,139±0,003	0,887±0,019	0,0531±0,0016	21,16	90,15
ТС2	0,134±0,003	0,854±0,019	0,0565±0,0020	20,21	91,57
ТС3	0,129±0,003	0,825±0,019	0,0551±0,0019	19,59	91,38
ТС4	0,127±0,002	0,809±0,012	0,0561±0,0023	19,06	90,90
ТС5	0,125±0,002	0,798±0,012	0,0567±0,0026	19,02	89,29
ТС6	0,120±0,002	0,767±0,012	0,0564±0,0021	17,84	91,39

В ранее проведенных исследованиях установлено, что при увеличении температуры термообработки молока с 45°C до 96°C содержание неденатурированных сывороточных белков в СОМ снижалось с 6,37% до 3,00%. Эти изменения сопровождались незначительным увеличением массовой доли казеинов и денатурированных сывороточных белков: от 28,71% до 33,28%. Следует логичный вывод о частичной тепловой денатурации сывороточных белков в диапазоне 72°C - 96°C, что согласуется с полученными в ходе данных исследований результатами. Проведенные исследования подтвердили изначальное предположение о влиянии класса термообработки СОМ на качество ферментированного сгустка из восстановленного молока. Установлена корреляция между качеством сгустка и классом термообработки исходного СОМ. С повышением класса термообработки усиливается гелеобразующая способность белков, тогда как низкотемпературная обработка способствует более полному сохранению структуры белка, улучшает растворимость сухого продукта и обеспечивает полноценное отделение сыворотки в творожных изделиях.

Органолептические показатели сгустков. Органолептические показатели полученных сгустков оценивали по 5-балльной шкале. Органолептическая оценка представлена на Рисунках 5.9 и 5.10. Как и следовало ожидать, в зависимости от класса термообработки СОМ самые выраженные изменения отразились на показателе «консистенция». Изменения визуального восприятия сгустка и его вкуса стали следствием изменения данного показателя. При этом влияние консистенции сгустка на внешний вид продукта не пропорционально изменению во вкусе и внешнем виде. Показатели цвет и запах остались без изменений.

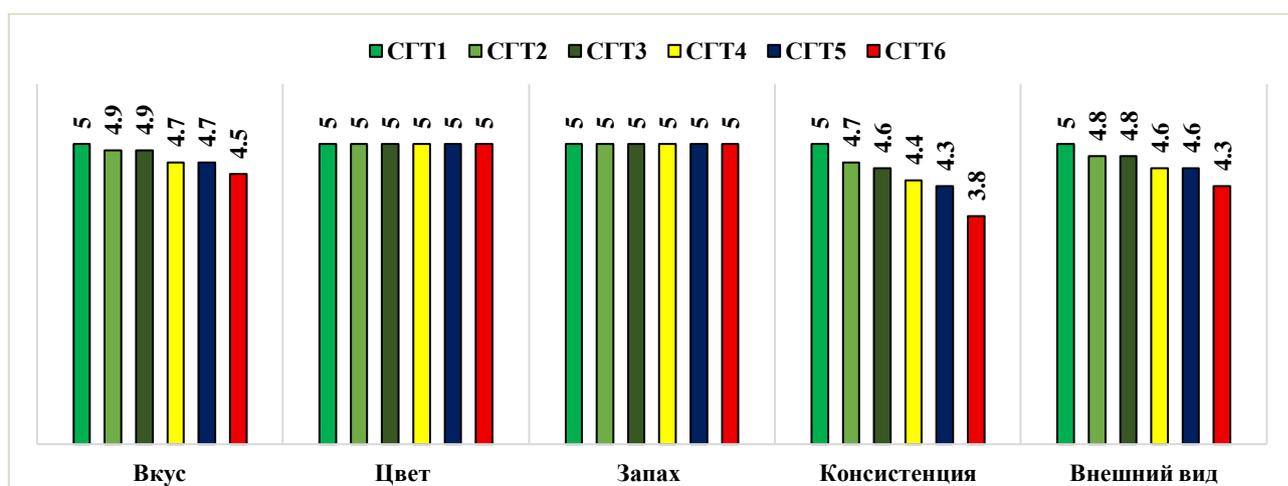


Рисунок 5.9 – Органолептическая оценка СГТ

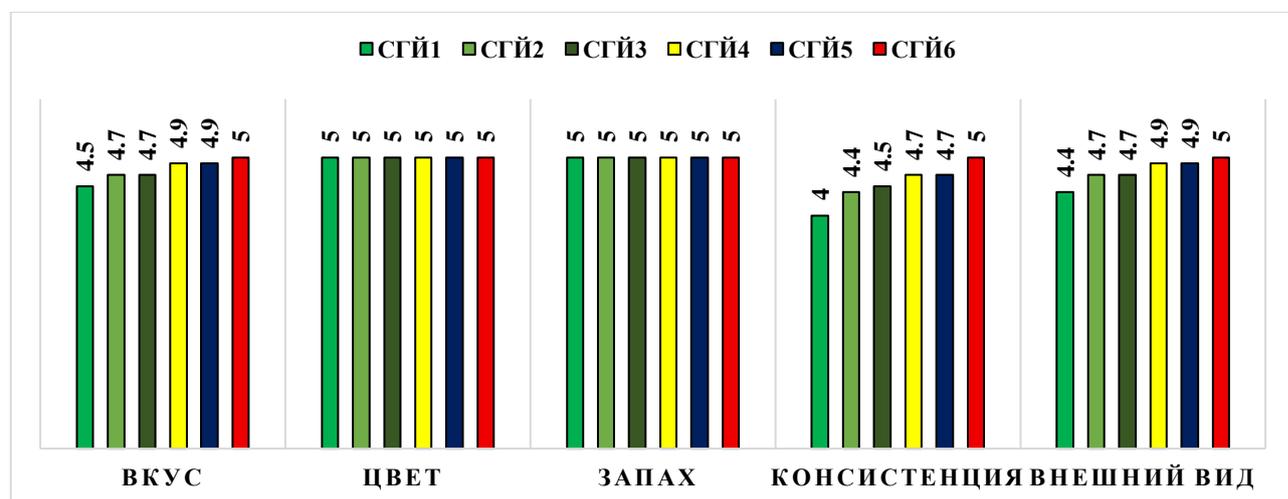


Рисунок 5.10 – Органолептическая оценка СГЙ

Необходимо отметить, что молоко-сырье с момента поступления на переработку и до получения сгустка проходило контроль на всех основных технологических этапах. Учитывая технологические возможности действующих молочных предприятий, с определенной долей допущения можно принять что

условия для проведения экспериментальных выработок (сырье, оборудование, технологические режимы, квалификация персонала) были величиной постоянной для всех полученных сгустков. Переменной величиной оставался только режим пастеризации в технологии производства СОМ. В связи с этим можно утверждать, что все полученные зависимости отражают исключительно влияние режимов пастеризации СОМ (и, как следствие, класс термической обработки) на свойства сгустка.

В существующих в настоящее время документах по стандартизации внешний вид и консистенция кисломолочных продуктов оценивается исключительно в описательном формате. Так, требования к наиболее распространенным кисломолочным продуктам (их внешнему виду и консистенции) приведены в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Требования к внешнему виду и консистенции кисломолочных продуктов

Вид продукта	Внешний вид и консистенция	Обозначение документа
Творожные продукты		
Творог	Мягкая, мажущаяся или рассыпчатая с наличием или без ощутимых частиц молочного белка. Для обезжиренного продукта – незначительное выделение сыворотки	ГОСТ 31453-2013
Детский творог	Мягкая мажущаяся или рассыпчатая (при получении творога методом прессования и (или) самопрессования), с наличием ощутимых частиц молочного белка или без них	ГОСТ 32927-2014
Зерненный творог	Рассыпчатая, с отчетливо различимыми мягкими творожными зёрнами, покрытыми сливками	ГОСТ 31534-2012
Пастообразные и жидкие кисломолочные продукты		
Йогурт	Однородная, с нарушенным сгустком при резервуарном способе производства, с ненарушенным сгустком – при термостатном способе производства, меру вязкая, при добавлении загустителей или стабилизирующих добавок – желеобразная или кремообразная. Допускается наличие включений нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов	ГОСТ 31981-2013
Сметана	Однородная густая масса с глянцевой поверхностью. Для продукта с массовой долей жира от 10,0% до 20,0% допускается недостаточно густая, слегка вязкая консистенция с незначительной крупитчатостью	ГОСТ 31452-2012
Кефир	Однородная, с нарушенным или ненарушенным сгустком. Допускается газообразование, вызванное действием микрофлоры кефирных грибов	ГОСТ 31454-2012
Тонус	Сгусток плотный. Консистенция однородная, невязкая или слабовязкая	ТУ 9229-369-00419785-04

Вид продукта	Внешний вид и консистенция	Обозначение документа
Ацидофилин	Однородная, с нарушенным или ненарушенным сгустком, в меру вязкая. Допускаются слегка тягучая консистенция и газообразование в виде отдельных глазков, вызванное нормальной микрофлорой	ГОСТ 31668-2012

В реологии для описания объектов исследования, как правило, применяют такие понятия как упругость – свойство структуры продукта восстанавливаться после снятия нагрузки; прочность – способность структуры продукта противостоять внешним нагрузкам; тиксотропность – самопроизвольное восстановление структуры после деформации [163,164]. Эти показатели инструментально определяются и дают объективную оценку внутренней структуре продукта и позволяют установить все факторы, влияющие на консистенцию. Однако в документах по стандартизации терминология, принятая в реологии, отсутствует для характеристики внешнего вида и консистенции (Таблица 5.5). Исключением, связывающим описательную часть консистенции продукта с инструментальным методом, является показатель вязкость сгущенного молока с сахаром определяемый на вискозиметре методом Геплера.

Примененные в исследованиях инструментальные методы позволили объективно характеризовать консистенцию и то влияние на структуру сгустка, которое оказывает температура пастеризации в производстве СОМ. При оценке сгустка кисломолочных продуктов использованы современные реологические методы. Полученные результаты подтверждают ранее установленные тенденции [60,165,166] и дают новые фактические данные, которые свидетельствуют, что с увеличением термической нагрузки в восстановленном молоке и в ферментированном сгустке повышается прочность и вязкости сгустка. Логично и это подтверждено данными исследованиями, что увеличение прочности способствует повышению влагоудерживающей способности и снижению интенсивности синерезиса сгустка. Все эти изменения, предположительно, связаны с влиянием температуры на структуру белка и белковый профиль, что полностью коррелирует с полученными в данной работе результатами.

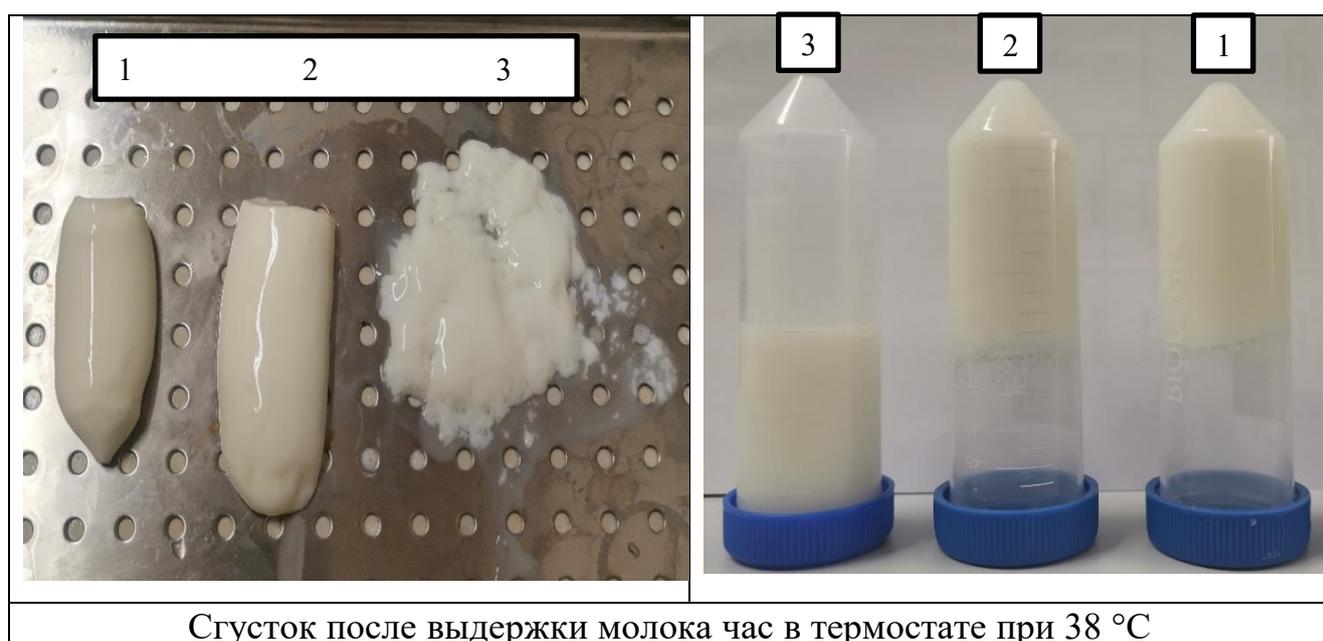
Эффективность применения СОМ для производства рекомбинированных

молочных продуктов зависит от его класса термообработки. В Таблице 5.6 представлены результаты оценки качества СОМ различного класса термообработки на пригодность для производства сычужных сгустков.

Таблица 5.6. Характеристика сычужных сгустков в зависимости от класса термообработки

Образец	Характеристика сгустка	Оценка молока по свертываемости	Класс термообработки
СОМ1	Плотный, с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков	Хорошее	1
СОМ2	Плотный, с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков	Хорошее	1
СОМ3	Плотный, с гладкой поверхностью, упругий на ощупь, без глазков	Хорошее	1
СОМ4	Сгусток с гладкой поверхностью, мягкий на ощупь, без глазков	Удовлетворительное	2
СОМ5	Сгусток с гладкой поверхностью, мягкий на ощупь, без глазков	Удовлетворительное	2
СОМ6	Вспучен, с наличием глазков, дряблый, хлопьевидны	Неудовлетворительное	3

Из полученных результатов (Таблице 5.6) следует, что сгусток, получивший оценки «Хорошее» и «Удовлетворительное» (1 и 2 класса соответственно) считается пригодным для производства продуктов на основе сычужного сгустка. На Рисунке 5.11 представлены сычужные сгустки, полученные в зависимости от класса термообработки СОМ.



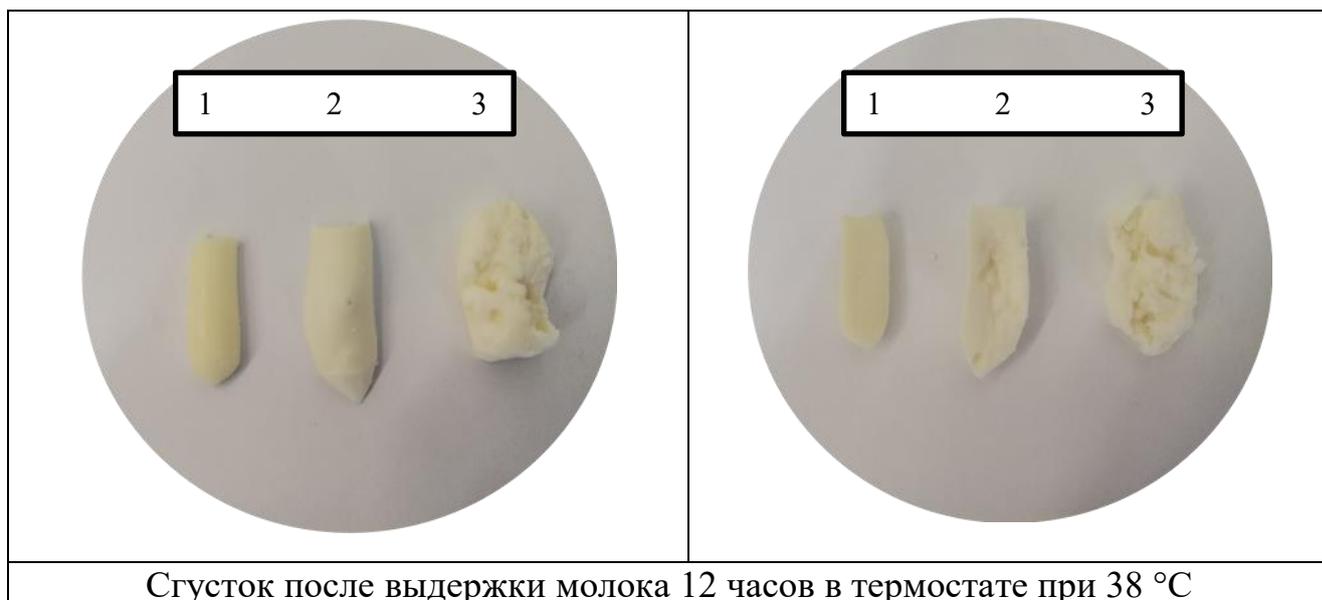


Рисунок 5.11 – Характеристика сгустка по сычужной пробе:
(1, 2 и 3 класса термообработки)

При использовании СОМ высокотемпературного класса получали дряблый хлопьевидный сгусток с наличием глазков, а при использовании СОМ низкотемпературного класса получали плотный сгусток, с гладкой поверхностью и без глазков. Причиной различия в полученных результатов являются все те же тепловые факторы, приводящие к изменению комплекса β -лактоглобулин/к-казеин. Глубину его структурных изменений определяет активность сычужного фермента, что ухудшает качество сгустка [167].

Полученные результаты подтверждают ранее установленные тенденции влияния класса термообработки СОМ на качества конечного продукта и дают новые фактические данные, которые свидетельствуют, что в ферментированном сгустке, полученном из восстановленного молока, прочность и динамическая вязкость возрастают пропорционально повышению класса термической обработки СОМ. Логично и это экспериментально подтверждено, что повышение прочности сгустка сопровождается увеличением его влагоудерживающей способности и снижением синерезиса. Установленные изменения непосредственно связаны с температурой термической обработки и степенью денатурации сывороточных белков. На основании проведенных исследований установлено, что температуры 4°C и -18°C наиболее предпочтительны для длительного хранения СОМ.

ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты исследования стали основанием для разработки технологии СОМ низкотемпературного класса термообработки и внедрения в практику рекомендаций по применению СОМ различных классов термообработки в производстве ферментированных молочных продуктов.

6.1 Разработка типовой технологической инструкции по производству сухого обезжиренного молока низкотемпературного класса термообработки

На основе проведенных исследований разработана и внедрена Типовая технологическая инструкция (ТТИ ГОСТ 33629-002 «Консервы молочные. Молоко сухое») на производство СОМ низкотемпературного класса термообработки. Инструкция вводит нормирование показателя «низкотемпературный класс термообработки»; ужесточает требования к молоку-сырью (допускается использование только высшего и первого сорта); включает дополнительное требование: по термоустойчивости должно быть не ниже II группы в соответствии с ГОСТ 25228». Типовая технологическая инструкция регламентирует следующие режимы термической обработки обезжиренного молока: термизация при $(63\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 15 с с последующим охлаждением до 10°C , промежуточное хранение 10 ч и пастеризация при $(72\pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 с. Введено ограничение на температурный режим сгущения не выше 63°C для получения низкотемпературного класса термообработки. Технологическая схема производства СОМ низкого класса термообработки представлена на Рисунке 6.1.



Рисунке 6.1 – Технологическая схема производства СОМ низкотемпературного класса термообработки

Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели СОМ низкотемпературного класса термообработки, выработанного в соответствии с ТТИ ГОСТ 33629-002, представлены в Таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели СОМ низкотемпературного класса термообработки

Наименование показателя	СОМ низкотемпературного класса термообработки
Внешний вид и консистенция	Однородный мелкий сухой порошок.
Вкус и запах	Чистые, свойственные пастеризованному молоку
Цвет	Белый, равномерный по всей массе
Массовая доля влаги, %	3,9±0,1
Массовая доля жира, %	<0,5
Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %	37,2±0,3

Наименование показателя	СОМ низкотемпературного класса термообработки
Массовая доля молочного сахара (лактозы), %	51,5±0,5
Индекс растворимости, см ³ сырого осадка	<0,05
Группа чистоты, не ниже	I
Кислотность, °Т	17±1
Показатель термообработки	77,2
Класс термообработки	Низкий
КМАФАнМ, КОЕ/г	6,2×10 ²
БГКП, в 0,1 г	Не обнаружено
Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г	Не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 1 г	Не обнаружено

Все показатели качества соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ГОСТ 33629-2015.

6.2 Разработка методических рекомендаций по применению сухого обезжиренного молока различных классов термообработки в производства кисломолочных продуктов.

Результаты реологических исследований позволили разработать методические рекомендации МР 00419785-088-2025 по применению СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов. Рекомендации по применению СОМ приведены в Таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Рекомендации по рациональному применению СОМ разных классов термообработки в производстве кисломолочной продукции

Класс термообработки	Показатель термообработки	Режим пастеризации	Рекомендация по рациональному применению СОМ в производстве кисломолочных продуктов
Низкотемпературная термообработка	80,0 или менее	72 °С / 15 с с предварительной термизацией	Творог и творожные продукты
Низкотемпературная термообработка	80,0 или менее	72 °С / 15 с	
Умеренная термообработка	От 80,1 до 88,0	85 °С / 15 с	Кисломолочные продукты (йогурт, кефир, простокваша, ряженка, сметана и др.)
Высокотемпературная термообработка	88,1 или более	96 °С / 15 с	

Для получения ложковых кисломолочных продуктов типа йогурта целесообразно применять СОМ высокотемпературного класса термообработки. Низкотемпературный класса термообработки СОМ целесообразно применять в

производстве творожных продуктов. Внедрение методических рекомендаций позволило сократить продолжительность технологического процесса, снизить энергозатраты при производстве творога, что позволило получить 5 тыс. рублей на 1 тонну творога.

6.3 Расчет экономической эффективности производства сухого обезжиренного молока низкотемпературного класса термообработки

В обоснование экономической эффективности заложены следующие показатели: себестоимость производства, прибыль и рентабельность. В Таблице 6.3 – представлены данные расчета экономической эффективности производства СМН низкотемпературного класса термообработки по сравнению с СМН ГОСТ 33629-2015.

Таблица 6.3 – Расчет себестоимости и рентабельности производства СМН.

Параметр	СМН низкотемпературного класса	СМН (обычное)
Термообработка	Минимальная (72-76)	Высокотемпературная пастеризация (85–95 °С)
Себестоимость сырья	30–40 руб./кг~35	
Энергозатраты	1,3 кВт·ч × 6 руб./кВт·ч = 7,8 руб./кг	
Фасовка, логистика	50 руб./кг СМН	
Выход продукта	~10 кг СМН из 100 кг молока	
Себестоимость 1 кг СМН	3500 (молоко) + 78 (энергия) + 500 (фасовка и логистика) = 4078 руб./10кг ~ 408 руб./кг	
Скорректированная себестоимость*	408 - (408×0,15) = 347 руб./кг	
Рыночная цена	510 руб./кг	450 руб./кг
Прибыль с 1 кг	163 руб.	103 руб.
Рентабельность затрат**	46,97%	29,68%
Рентабельность продаж***	30,96%	22,88%
*Крупные производители снижают себестоимость за счет масштаба. Реальная себестоимость обычно ниже на 15–20%.		
** Рентабельность затрат (%) =(Прибыль/Себестоимость) ×100%.		
*** Рентабельность продаж (%) =(Прибыль/Выручка) ×100%.		

Переход на производство СМН низкотемпературного класса повышает рентабельность затрат и продаж на 17% и на 8% соответственно, что подтверждает его экономическую целесообразность. Экономический эффект от внедрения данной технологии составил 60 тысяч рублей на 1 тонну.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Проанализированы и систематизированы факторы, способные влиять на качество СОМ. Особое внимание уделено роли термической обработки молока, в том числе процессу термизации в изменении белкового состава и функционально-технологических свойств СОМ.

2. Определено влияние режимов термической обработки на белковый профиль и микробиологические показатели ОМ и СОМ. С повышением температуры от 45 °С до 96 °С содержание неденатурированного сывороточного белка ОМ и СОМ уменьшилось в среднем на 55 % (с 0,64 % до 0,29 %). Температура пастеризации выше (80±2) °С значительно снижает содержание неденатурированных фракций сывороточных белков. Тепловое воздействие на молоко при (72±2) °С и ниже позволяет получить СОМ низкого класса термообработки.

3. На основе результатов исследования доказано, что регламентированные режимы сгущения и сушки не оказывают значимого влияния на класс термообработки. Основным фактором, влияющим на структуру белка СОМ, является режим пастеризации молока. Установлено, что сочетание режима термизации 63±2 °С и пастеризации молока 72±2 °С позволяет получить СОМ низкотемпературного класса термообработки с гарантией микробиологической безопасности.

4. Установлено влияние режима термической обработки ОМ и условий хранения СОМ на функционально-технологические свойства СОМ. Растворимость СОМ значительно снижается в процессе 16 месяцев хранения при температуре 22±3 °С. При режимах хранения минус 18 °С и 4 °С индекс растворимости СОМ не превышал 0,15 см³ сырого осадка. Показатель насыпная плотность остается стабильным на протяжении всего срока хранения, и при этом наименьшее значение отмечено в СОМ низкотемпературного класса термообработки 0,67 г/см³, а наибольшие 0,74 г/см³ в образце высокотемпературного класса термообработки. С повышением класса термообработки СОМ от низкотемпературного до высокотемпературного термоустойчивость увеличивается с 45 до 57 минут. Самый низкий показатель термоустойчивости (38 мин) отмечен в образцах, хранившихся

16 месяцев при температуре 22 °С. Органолептические характеристики всех исследуемых образцов СОМ на протяжении всего срока хранения не выходили за рамки требуемых показателей. Установлено отсутствие критически значимых изменений в СОМ на протяжении 16 месяцев хранения при 22 °С, 4 °С и минус 18 °С, все образцы соответствовали действующим требованиям нормативно-технической документации. Хранение при 4 °С и минус 18 °С обеспечивало максимальную стабильность всех исследуемых параметров.

5. Установлено, что реологические изменения вне зависимости от схемы получения ферментативного молочно-белкового сгустка (творог и йогурт) связаны с классом термообработки СОМ: чем выше класс термообработки, тем прочнее получаемый сгусток и выше влагоудерживающая способность. Подтверждено, что для получения йогурта из восстановленного молока целесообразно применять СОМ высокотемпературного класса термообработки, что обеспечивает получение плотного сгустка, обладающего высокой влагоудерживающей способностью. Низкотемпературный класс термообработки СОМ способствует получению колющего творожного сгустка, с ровными краями на изломе и с низкой влагоудерживающей способностью. Вне зависимости от класса термообработки СОМ, хранение при 4 ± 2 °С и минус 18 ± 2 °С обеспечивает менее интенсивную динамику всех структурно-механических свойств ферментированного сгустка по сравнению с режимом хранения при 22 ± 3 °С.

6. На основании установленных закономерностей разработаны и внедрены:

- Типовая технологическая инструкция ТТИ ГОСТ 33629-002 на производство СОМ низкотемпературного класса термообработки.
- Методические рекомендации МР 00419785-088-2025, регламентирующие использование СОМ различных классов термообработки в производстве кисломолочных продуктов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БСА – бычий сывороточный альбумин;

ВВУ – вакуум-выпарная установка;

ВМ – восстановленное молоко;

ВТО – высокотемпературный класс термообработки;

ЙС – сыворотка, полученная после центрифугирования СГЙ;

НБА – небелковый азот;

НТО – низкотемпературный класс термообработки;

М.Д. – массовая доля;

ОМ – обезжиренное молоко;

СГЙ – сгусток, полученный по технологии йогурта;

СГТ – сгусток, полученный по технологии творога;

СМ – сухое молоко;

СОМ – сухое обезжиренное молоко;

СЦМ – сухое цельное молоко;

ТС – сыворотка, полученная после центрифугирования СГТ;

УВТО – умеренно высокотемпературного класс термообработки;

УТО – умеренный класс термообработки;

α -ЛА – α -лактальбумин;

β -ЛГ – β -лактоглобулин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галстян А.Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов: специальность 05.18.04 «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / А.Г. Галстян. — Москва, 2009. — 360 с.
2. Petrov, A.N., Galstyan, A.G., Radaeva, I.A., Turovskaya, S.N., Illarionova, E.E., Semipyatniy, V.K., Khurshudyan, S.A., DuBuske, L.M., Krikunova, L.N. (2017). Indicators of Quality of Canned Milk: Russian and International Priorities. *Food and Raw material*, 5(2), 151–161. URL: <https://cyberleninka.ru>.
3. ГОСТ 33629-2015. Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия.
4. Галстян, А.Г., Радаева, И.А., туровская, С.Н., Корчагина, С.А., Червецов, В.В., Илларионова, е.е., Свистун, Н.Н., Гощанская, М.Н. (2011). Краткий справочник специалиста молочно-консервного производства. М, Ритм. — 151 с. ISBN 978–5–98422–148–1.
5. Радаева, И.А., Гордезиани, В.С., Шулькина, С.п. (1986). технология молочных консервов и заменителей цельного молока: справочник. М, Агропромиздат. — 351 с.
6. Анализ рынка сухого молока в странах СНГ в 2019-2023 гг, прогноз на 2024-2028 гг.: [Электронный ресурс]. М., 2023. URL: <https://businessstat.ru/catalog/id7829/>. (Дата обращения: 1.12.2023).
7. Обзор российского рынка сухого молока (включая сухие смеси). Июнь 2023. Прогноз развития до 2027 года.: [Электронный ресурс]. М., 2023. URL: https://dzen.ru/a/ZNuEzV16MWg_Rvok. (Дата обращения: 1.1.2024).
8. Галстян, А.Г., петров, А.Н., Радаева, И.А., туровская, С.Н., Червецов, В.В., Илларионова, е.е., Семипятный, В.К. (2016). теория и практика молочно-консервного производства. М, Издательский дом «Федотов Д.А.». — 181 с. ISBN 978–5–9908238–7–7.
9. Russian market of milk powder and dry mixes. June 2023. Development forecast until 2027 [Internet]. [cited 2024 Jan 01]. Available from:

https://dzen.ru/a/ZNuEzV16MWg_Rvok.

10. ТР ТС 033/2013 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности молока и молочной продукции".
11. Sharma A., Jana A. H., Chavan R. S. Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications—a review // *Comprehensive Reviews in Food science and Food safety*. – 2012. – Т. 11. – №. 5. – С. 518-528.
12. Кобзева Т. В., Юрова Е. А. Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока // *Молочная промышленность*. 2016. № 3. С. 32–35. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25502142>.
13. Радаева Искра Александровна, Кручинин Александр Геннадьевич, Туровская Светлана Николаевна, Илларионова Елена Евгеньевна, Бигаева Алана Владиславовна. Формирование технологических свойств сухого молока // *Вестник МГТУ*. 2020. №3. URL: <https://cyberleninka.ru>.
14. Patel H. et al. Understanding the role of dairy proteins in ingredient and product performance // *US Dairy Export Council: Rosemont, IL, USA*. – 2015.
15. СТБ ISO 6735-2011 молоко сухое. Оценка класса термообработки (контрольный метод определения показателя термообработки).
16. Забодалова Л.А., *Технология цельномолочных продуктов и мороженого*/ Л. А. Забодалова, Т.Н. Евстигнеева.: Учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ. - 2013. - 304 С.
17. Голубева Л. В. *Технология молочных консервов и заменителей цельного молока*. — М.: ДеЛи принт, 2005. — 376 с.
18. Юрова Е. А., Мельденберг Д. Н., Парфенова Е. Ю. Критерии оценки молока-сырья для получения продукта гарантированного качества // *Молочная промышленность*. – 2019. – №. 4. – С. 26-29.
19. Тихомиров И. А., Андрюхина О. Л. Основные направления повышения качества молока // *Техника и технологии в животноводстве*. – 2015. – №. 3 (19). – С. 54-61.
20. Анохин С. А. Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока:

специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. А. Анохин. – Мичуринск, 2022. – 184 с.

21. Радаева, И. А. Технология молочных консервов и заменителей цельного молока: справочник / И. А. Радаева, В. С. Гордезиани, С. П. Шулькина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.

22. Галстян А. Г. и др. Улучшение качества молочных консервов за счет использования пастеризованного молока-сырья //Молочная промышленность. – 2015. – №. 5. – С. 42-44.

23. Skanderby M. et al. Dried milk products //Dairy powders and concentrated products. – 2009. – С. 180-234.

24. Петров А. Н. и др. Производство молочных консервов: инновации в формировании свойств сырья //Молочная промышленность. – 2010. – №. 5. – С. 74-77.

25. Ивашина О.А. Исследование влияние компонентов молока на показатели качества растительно-сливочного спреда / О.А. Ивашина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №1. –С. 30.

26. Kelly PM. 1981. Heat-stable milk powders. J Soc Dairy Technol 34:157–162.

27. Миклух И. В. и др. Влияние режимов тепловой обработки на свойства восстановленного сухого молочного сырья, предназначенного для изготовления ферментированных молочных продуктов //Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – Т. 11. – №. 3. – С. 96-106.

28. Cao, Jialu, et al. "Comparison of nanofiltration and evaporation technologies on the storage stability of milk protein concentrates." Dairy Science & Technology 96 (2016): 107-121.

29. Дымар, Олег Викторович. "Принципиальные подходы к снижению термического воздействия в технологиях производства сухих молочных продуктов. Часть 1. Первичная обработка молока." Молочная промышленность 3 (2018): 70-75.

30. Kelly AL, O'Connell JE, Fox PF. 2003. Manufacture and properties of milk

powder. In: PF Fox, PLH Mc Sweeney, editors. Advanced dairy chemistry, vol. 1, proteins. New York : Kluwer Acad/Plenum Pub. p 1027–54.2.

31. Elias Al-Maida, Dairy Technology (Al-Baath University Publications, 2008). – 379 с.

32. Alan K. S., Subbiah J., Schmidt K. A. Application of a dry heat treatment to enhance the functionality of low-heat nonfat dry milk //Journal of dairy science. – 2019. – Т. 102. – №. 2. – С. 1096-1107.

33. Хропач А. И. Инновационные подходы в модернизации технологии и оборудования для производства питьевого молока //Молодежная наука-гарант инновационного развития АПК. – 2019. – С. 441-446.

34. Кручинин А. Г. и др. Влияние способов концентрирования на технологические свойства сухого молока //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 2 (167). – С. 135-142.

35. Радаева И.А., Галстян А.Г., Петров А.Н. [и др.]. Сгущенное молоко – сырье для молочной промышленности. Новые виды // Пере работка молока. 2011. № 6 (140). С. 42–43.

36. Радаева И.А., Червецов В.В., Галстян А.Г. [и др.]. Межгосударственный стандарт на сухое молоко // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 36–38.

37. Соляник Т. В., Гласкович М. А. Микробиология. Микробиология молока и молочных продуктов: курс лекций. – 2014. — 76 с.

38. Зобкова З. С. и др. Влияние режимов термообработки на относительную биологическую ценность молока //Молочная промышленность. – 2020. – №. 7. – С. 52-54.

39. Alan K. S., Subbiah J., Schmidt K. A. Application of a dry heat treatment to enhance the functionality of low-heat nonfat dry milk //Journal of dairy science. – 2019. – Т. 102. – №. 2. – С. 1096-1107.

40. Хропач А. И. Инновационные подходы в модернизации технологии и оборудования для производства питьевого молока //Молодежная наука-гарант инновационного развития АПК. – 2019. – С. 441-446.

41. Kelly, J., Kelly, P. M., & Harrington, D. (2002). Influence of processing variables

on the physicochemical properties of spray dried fat-based milk powders. *Lait*, 82, 401–412.

42. Якупова Л.Ф., Товароведение и товарная экспертиза сырья и пищевых продуктов/ Л.Ф. Якупова, А.Х. Волков, Г.Р. Юсупова, Э.К. Папуниди Учебное пособие. - 2 изд. перераб. - Казань, 2019. – 193 С.

43. Хромова Л.Г. Молочное дело [Электронный ресурс]: учебник / Л.Г. Хромова А.В. Востроилов Н.В. Байлова. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань. - 2017. - 332 С.

44. Крючкова, В. В. Технология молока и молочных продуктов: учебное пособие / составитель В. В. Крючкова. — Персиановский: Донской ГАУ, 2018. — 232 с.

45. Шашлыкова Т. Е., Гудков С. Н. Технология производства сухого обезжиренного молока //Теория и практика современной аграрной науки. – 2020. – С. 672-673.

46. Герасимова О. А. и др. Теоретическое обоснование процесса термизации молока //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 1 (147). – С. 137-145.

47. Schröder M. J. A., Bland M. A. Effect of pasteurization temperature on the keeping quality of whole milk //Journal of Dairy Research. – 1984. – Т. 51. – №. 4. – С. 569-578.

48. Samelis J. et al. Changes in the microbial composition of raw milk induced by thermization treatments applied prior to traditional Greek hard cheese processing //Journal of Food Protection. – 2009. – Т. 72. – №. 4. – С. 783-790.

49. Технический регламент на молоко и молочную продукцию: федер. закон Российской Федерации от 30 мая 2008г. №88.

50. Шилин В. А. и др. Использование термизации для повышения качества молока на пастбищных комплексах //Техника и технологии в животноводстве. – 2013. – №. 3 (11). – С. 110-115.

51. Lindsay D. et al. Heat induced inactivation of microorganisms in milk and dairy products //International Dairy Journal. – 2021. – Т. 121. – С. 105096.

52. Сыроделие: техника и технология: учебник для СПО / И. И. Раманаускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина [и др.]. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2025.

— 508 с. — ISBN 978-5-507-50862-4.

53. Буйлова, Л. А. Технология молочных консервов: учебное пособие / Л. А. Буйлова. — 2-е изд. — Вологда: ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2010. — 89 с.
54. Туровская С. Н. и др. Безопасность молочных консервов как интегральный критерий эффективности их технологии. Российский опыт //Пищевые системы. — 2018. — Т. 1. — №. 2. — С. 29-54.
55. Радаева, И.А. Окисление липидов и порча молочных продуктов / И. А. Радаева, Л. В. Чекулаева и др. // Переработка молока. [Электронный ресурс]. — 2021.
56. Емельянов, С. А. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования технологических аспектов бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза: специальность 05.18.07 «Биотехнология пищевых продуктов»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / С. А. Емельянов. — Ставрополь, 2008. — 366с.
57. Rukke E. O., Sørhaug T., Stepaniak L. Heat treatment of milk: Thermization of Milk. — 2016.
58. Свириденко Г. М., Комарова Т. В. Влияние температуры пастеризации на состав остаточной микрофлоры молока // Молочная промышленность. 2024. №. 3. С. 38-42. URL:<https://jsocnet.ru/ru/nauka/article/83990/view>.
59. ТТИ ГОСТ 33629-001 «Типовая технологическая инструкция Консервы молочные. Молоко сухое». М: ВНИМИ, 2015. — 20 с. 3.
60. Алкадур, М. И. Изучение Влияние режима термизации и пастеризации сырого молока в процессе его хранения на микробиологические показатели / М. И. Алкадур // Пищевые инновации и биотехнологии: Сборник тезисов XII Всероссийской (национальной) научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 16 мая 2024 года. — Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. — С. 118-119.
61. Стрельчик, Н. В. Микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие / Н. В. Стрельчик. — Омск: Омский ГАУ, 2016. — С. 61.
62. Зарицкая В. В., Держапольская Ю. И. Микробиология молока и молочных продуктов: учебное пособие //Лань: электроннобиблиотечная система.—URL:

<https://e.lanbook.com/book/137710> (дата обращения: 16.06. 2022).—Режим доступа: для авториз. пользователей. – 2017.

63. Закиров В. В. Виды пастеризации молока //Молодежь и наука. – 2019. – №. 10-11. – С. 17-17.

64. МР 2.3.2.2327–08 «Методические рекомендации по организации производственного микробиологического контроля на предприятиях молочной промышленности».

65. Стандартизация, технология переработки и хранения продукции животноводства: учеб пособие для вузов по направлению подг. «Зоотехния»: допущено учеб.-метод. Об-нием / Г.С. Шарафудинов, Ф.С Сибгатуллин, Р.Р. Шайдуллин, А.С. Шукариков, Р.Ш. Аскарлов, Э.А. Шарафудинова, Н.А. Балакирев. – СПб.: Лань, 2012. – 624 с.

66. Садовая Т. Н. Изучение влияния процесса пастеризации на технологические свойства молока, используемого для выработки сыров с плесенью //Техника и технология пищевых производств. – 2011. – №. 2 (21). – С. 57-61.

67. Guyomarc'h F. Formation of heat-induced protein aggregates in milk as a means to recover the whey protein fraction in cheese manufacture, and potential of heat-treating milk at alkaline pH values in order to keep its rennet coagulation properties. A review //Le Lait. – 2006. – Т. 86. – №. 1. – С. 1-20.

68. Промышленные технологии сыров: учебное пособие /Н.Г. Догарева, С.В. Стадникова. Оренбургский гос. ун-т – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014 – 216 с.

69. Mahomud M. S., Katsuno N., Nishizu T. Role of whey protein-casein complexes on yoghurt texture //Reviews in Agricultural Science. – 2017. – Т. 5. – С. 1-12.

70. Рябцева, С. А. Микробиология молока и молочных продуктов / С. А. Рябцева, В. И. Ганина, Н. М. Панова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2023. — 192 с.

71. Животова Т. Ю., Атаев А. М., Кустов В. В. Микробиологические показатели молока в зависимости от влияния различных режимов пастеризации //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового

питания. – 2024. – №. 3. – С. 71-75.

72. Dash, K. K. A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products / K. K. Dash [et al.] // *Food Chemistry Advances*. 2022. Т. 1. 100041. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>

73. Deeth, H. C. Heat treatment of milk: Pasteurization (HTST) and thermization (LTLT). *Encyclopedia of Dairy Sciences: Third edition* / Edited by P. L. H. McSweeney, J. P. McNamara. – London: Academic Press, 2022. – P. 645–654. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818766-1.00133-1>.

74. Cebrián, G., Condón, S., Mañas, P. (2017). Physiology of the inactivation of vegetative bacteria by thermal treatments: Mode of action, influence of environmental factors and inactivation kinetics. *Foods*, 6(12), Article 107. <https://doi.org/10.3390/foods6120107>.

75. Емельянов С. А. и др. Влияние температуры на развитие микроорганизмов в молоке и молочных продуктах // *Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета*. – 2006. – №. 2. – С. 54-57.

76. Емельянов С. А. Микробиологические аспекты использования тепловой обработки молока-сырья // *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. НИ Вавилова*. – 2006. – №. 6. – С. 15-20.

77. Sviridenko G. M., Komarova T. V., Uskova E. E. Study of the composition of the residual microflora of milk after pasteurization // *Food systems*. – 2023. – Т. 5. – №. 4. – С. 344-352.

78. Evelyn, Silva, F. V.M. (2018). Differences in the resistance of microbial spores to thermosonication, high pressure thermal processing and thermal treatment alone. *Journal of Food Engineering*, 222, 292–297. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.037>.

79. McAuley, C. M., Gobius, K. S., Britz, M. L., Craven, H. M. (2012). Heat resistance of thermotolerant enterococci isolated from milk. *International Journal of Food Microbiology*, 154(3), 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.12.033>.

80. Li, R., Shi, Y., Ling, B., Cheng, T., Huang, Z., Wang, S. (2017). Thermotolerance and heat shock protein of *Escherichia Coli* ATCC25922 under thermal stress using test cell method. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(2), 91–97.

<https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-07-978> 14.

81. Шидловская В.П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов: справочник / В.П. Шидловская. – М.: Колос, 2002. – 359 с.
82. Taylor, S.L. Immunologic and allergic properties of cow's milk proteins in humans / S.L. Taylor // J. Food Prot. – 1986 – Vol. 49, № 3 – P. 239–250.
83. Wal, J.M. Cow's milk proteins/allergens / J.M. Wal // Ann. Allergy Asthma Immunol. – 2002 – Vol. 89, № 1. – P. 3–10.
84. Головач Т. Н., Курченко В. П. Аллергенность белков молока и пути ее снижения //Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2010. – Т. 5. – №. 1. – С. 9-55.
85. Мельденберг, Д. Н. Разработка методологии комплексной оценки белкового состава молочного сырья и молочной продукции: специальность 05.18.04 «технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Д. Н. Мельденберг. – Москва, 2020. – 141с.
86. Манькова А. В., Адушинов Д. С. Типы пастеризации и их влияние на качественный состав цельного молока //ББК 40 Н 347. – 2019. – С. 50.
87. Мельденберг, Д.Н. Определение содержания небелковых азотистых веществ (НБАВ) молока и оценка их влияния на качество готового продукта/ Д.Н.Мельденберг, Е.А.Юрова// Сборник: Пища. Экология. Качество. Труды XIII междунар. научно-практической конференции, 2016. С. 289–293.
88. Трухачёв, В.И. Концентраты белков молока: выделение и применение: монография/ В.И. Трухачёв, В.В. Молочников, Т.А. Орлова, Р.И. Раманаускас. – Ставрополь: АГРУС, 2009. – 152с.
89. Орденко Ю.А., Скиба О.В. Изменение физико-химических свойств молока в процессе хранения // Материалы XIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум».
90. Радаева Искра Александровна, Илларионова Елена Евгеньевна, Туровская Светлана Николаевна, Рябова Анастасия Евгеньевна, Галстян Арам Генрихович

Принципы обеспечения качества отечественного сухого молока // Пищевая промышленность. 2019. №9. URL: <https://cyberleninka.ru>.

91. Витушкина М.А., Дулепова М.А. сывороточные белки молока и их свойства // Вестник науки. 2020. №8 (29).

92. Dumpler J., Huppertz T., Kulozik U. Invited review: Heat stability of milk and concentrated milk: Past, present, and future research objectives // Journal of dairy science. – 2020. – Т. 103. – №. 12. – С. 10986-110.

93. Гунькова П. И., Горбатова К. К. Биотехнологические свойства белков молока. СПб: ГИОРД, 2021. 216 с.

94. Шегидевич Е. Д. Изменение белкового состава молочного сырья при механической и термической обработке // Молодежь в науке-2021. – 2021. – С. 131-133.

95. Курбанова М. Г., Гоппе А. И. Характеристика фракций и свойства сывороточных белков молока // Научные основы развития АПК: Сб. науч. тр. по материалам XIX Всерос. научн.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (16 мая-03 июня 2017 г.)–Томск-Новосибирск: ИЦ золотой колос, 2017.–369 с. – 2017. – С. 167.

96. Bahna, S.L. Milk hypersensitivity. II. Practical aspects of diagnosis, treatment and prevention / S.L. Bahna, M.D. Gandhi // Ann. Allergy. – 1983 – Vol. 50 – P. 295–301.

97. Verheul, M. Kinetics of heat-induced aggregation of β -Lactoglobulin / M. Verheul, S.P.F.M. Roefs, K.G. de Kruif // J. Agric. Food Chem. – 1998 b – Vol. 46. – P. 896-903.

98. Brew, K. α -Lactalbumin / K. Brew // Advanced Dairy Chemistry, 3rd ed. 1. -2003.- P. 387-419.

99. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник / К.К. Горбатова, П.И. Гунькова; под общ. ред. К.К. Горбатовой. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2010.- 336 с.

100. Pearce, K.N. Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique / K.N. Pearce, J.E. Kinsella // J. Agric. Food Chem. – 1978. – Vol. 26. – P. 716-723.

101. de la Fuente, M.A. Recent advances in the characterisation of heat-induced

- aggregates and intermediates of whey proteins / M.A. de la Fuente, H. Singh, Y. Hemar // Trends in Food Sci. Technol. – 2002. – Vol. 13. – P. 262-274.
102. Тёпел, А. Химия и физика молока / А. Тёпел; пер. с нем. под ред. канд. техн. наук, доц. С.А. Фильчаковой. – СПб.: Профессия, 2012. – 832 с.
103. Ельчанинов В.В. Номенклатура и биохимические свойства основных сывороточных белков коровьего молока. 3. Альфа-лактальбумин и сывороточный альбумин // Сыроделие и маслоделие. 2009. № 5. С. 50–52
104. Мягконосов Д. С. и др. Использование турбидиметрии для оценки тепловой нагрузки при пастеризации молока //Пищевые системы. – 2024. – Т. 7. – №. 1. – С. 105.
105. Fu L., Villette S., Petoud S., Fernandez-Alonso F., Saboungi M.L. H/D isotope effects in protein thermal denaturation: the case of bovine serum albumin // J Phys Chem B. 2011. – V. 115. – P. 1881-1888.
106. Shanmugam G., Polavarapu P.L. Vibrational circular dichroism spectra of protein films: thermal denaturation of bovine serum albumin // Biophys Chem. 2004. – V. 111. – P. 73- 77.
107. Мироненко И. М. Функциональные особенности сывороточных белков молока //Сыроделие и маслоделие. – 2017. – №. 4. – С. 44-48.
108. Antonov Y.A., Wolf B.A. Calorimetric and structural investigation of the interaction between bovine serum albumin and high molecular weight dextran in water // Biomacromolecules. 2005. – V. 6. – P. 2980-2989.
109. Борзова, В. А. Механизмы защитного действия шаперонов при агрегации белков: специальность 03.01.04 «Биохимия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата наук / В. А. Борзова. — Москва, 2016. — 181 с.
110. Gun'kova, P. I. Biotechnological properties of milk proteins/ Sterr. - St. Petersburg: gjord, 2021. - 216P.
111. Deeth H., Lewis M. Protein stability in sterilised milk and milk products //Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects. – 2016. – С. 247-286.
112. Pérez M. D., Calvo M. Interaction of β -lactoglobulin with retinol and fatty acids

and its role as a possible biological function for this protein: a review //Journal of dairy science. – 1995. – Т. 78. – №. 5. – С. 978-988.

113. Вестергаард В. Технология производства сухого молока //Выпаривание и распылительная сушка. Копенгаген, Niro A/S. – 2003.

114. Петрова, С. В. Физико-химические изменения в молочном порошке при распылительной сушке / С. В. Петрова, Л. В. Петрова // Молочная промышленность. – 2017. – № 5. – С. 76 – 77.

115. Репников, В. И. Оценка технологических процессов производства сухого цельного молока / В. И. Репников, Н. М. Беляев // Пищевая индустрия. - 2018. - №2(32). - С. 28 – 29.

116. Liu Y, Zhang W, Han B, Zhang L, Zhou P. Changes in bioactive milk serum proteins during milk powder processing. Food Chemistry. 2020;314:126177. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126177>.

117. Tamime A.Y.,ed. Dairy Powders and Concentrated Products. — John Wiley & Sons, Ltd, 2009. — 404 p.

118. Попова Н. В. Инновации в технологии восстановления сухого молока как фактор управления качеством восстановленных продуктов переработки молока //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2013. – Т. 7. – №. 4. – С. 181-186.

119. Липатов, Н.Н. (ст.) Восстановленное молоко (теория и практика производства восстановленных молочных продуктов) / Н.Н. Липатов и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

120. Singh H, Newstead DF. 1992. Aspects of proteins in milk powder manufacture. In: PF Fox, editor. Advanced dairy chemistry, vol. 1. Proteins. 2nd ed. New York : Elsevier Applied. Science Pub. p 735–65.

121. Shah K., Salunke P., Metzger L. Effect of storage of skim milk powder, nonfat dry milk and milk protein concentrate on functional properties //Dairy. – 2022. – Т. 3. – №. 3. – С. 565-576.

122. Петров А. Н., Радаева И. А., Шепелева Е. В. Методология формирования органолептических свойств консервов на молочной основе. Кемерово, 2013. 232 с.

123. Титов, Р.А. Линия восстановления сухого молока на базе установки непрерывного смешивания компании «Оскон» / Р.А. Титов // Молочная промышленность. – 2012. – №3. – С. 246.
124. Попова Н. В. Обеспечение интенсификации технологии восстановления сухого молока на основе методов математического моделирования //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016. – Т. 4. – №. 1. – С. 29-38.
125. Кочкина, И. К., Н. Ю. Гутов, and И. А. Мазеева. "Современные представления о термоустойчивости молока и факторы ее регулирования." *Холодильная техника и биотехнологии*. 2019.
126. Аристова В.П., Костыгов Л.В., Кутибашвили М.А. и др. Современные представления о термоустойчивости молока и ее изменения под влиянием различных факторов. – М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1991.
127. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2001.
128. Horne D. S., Muir D. D. Alcohol and heat stability of milk protein //Journal of Dairy Science. – 1990. – Т. 73. – №. 12. – С. 3613-3626.
129. Позднякова, В. Ф., П. О. Щеголев, and И. В. Карасева. "Термоустойчивость сырого молока." *Молочная промышленность* 8 (2009): 80-80.
130. Sikand V, Tong PS, Walker J. 2010. Heat stability of reconstituted,protein-standardized skim milk powders. J Dairy Sci 93:5561–71.
131. Singh H. 2004. Heat stability of milk. Int J Dairy Technol 57:111–9.Singh H, Aiqian Y. 2010. Controlling milk protein interactions to enhancethe reconstitution properties of whole milk powders – a mini review. DairySci Technol 90:123–68.
132. Миклух И. В. и др. Влияние режимов тепловой обработки на свойства восстановленного сухого молочного сырья, предназначенного для изготовления ферментированных молочных продуктов //Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2018. – Т. 11. – №. 3. – С. 96-106.

133. Кобзева Т. В., Юрова Е. А. Оценка показателей качества и идентификационных характеристик сухого молока // Молочная промышленность. 2016. № 3. С. 32–35. DOI: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25502142>.
134. Fu L., Villette S., Petoud S., Fernandez-Alonso F., Saboungi M.L. H/D isotope effects in protein thermal denaturation: the case of bovine serum albumin // J Phys Chem B. 2011. – V. 115. – P. 1881-1888.
135. Ивкова, И.А. Научное обоснование и практическая реализация технологий сухих молочных и молокосодержащих консервов с повышенной хранимоспособностью: специальность 05.18.15 «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / И. А. Ивкова. — Кемерово, 2016. – 338 с.
136. Рябова А. Е. К вопросу о влиянии температуры хранения на потребительские качества сухого цельного молока //Пищевые инновации и биотехнологии. – 2022. – С. 310-312.
137. Thomas M. E. C. et al. Milk powders ageing: effect on physical and functional properties //Critical reviews in food science and nutrition. – 2004. – Т. 44. – №. 5. – С. 297-322.
138. Phosanam A. et al. Effect of storage conditions on physicochemical and microstructural properties of skim and whole milk powders //Powder Technology. – 2020. – Т. 372. – С. 394-403.
139. Cao, Jialu, et al. "Comparison of nanofiltration and evaporation technologies on the storage stability of milk protein concentrates." Dairy Science & Technology 96 (2016): 107-121.
140. Studies of the Biological Value of the Proteins (Nitrogen) of Dried Skim Milk: Value As An Addition to Bread; Tests With Young and Olderrats; Effects of Storage //Journal of Dairy Research. – 1946. – Т. 14. – №. 3. – С. 403-414.
141. Richards E. L., Chandrasekhara M. R. Chemical changes in dried skim-milk during storage //Journal of dairy research. – 1960. – Т. 27. – №. 1. – С. 59-66.
142. Hurrell R. F., Finot P. A., Ford J. E. Storage of milk powders under adverse

conditions: 1. Losses of lysine and of other essential amino acids as determined by chemical and microbiological methods //British Journal of Nutrition. – 1983. – Т. 49. – №. 3. – С. 343-354.

143. Aalaei K., Rayner M., Sjöholm I. Стабильность при хранении сублимированных, распылительных и барабанных высушенных обезжиренных молочных порошков, оцененная по содержанию доступного лизина //LWT. – 2016. – Т. 73. – С. 675-682.

144. Ефимова Е. В. и др. Исследование качественных показателей сухих молочных продуктов при различных температурных режимах транспортировки и хранения //Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2023. – №. 16. – С. 89-97.

145. Ермолаев В. А., Шушпанников А. Б. Исследование показателя активности воды сухих молочных продуктов //Техника и технология пищевых производств. – 2010. – №. 2 (17). – С. 84-88.

146. ГОСТ 33629-2015. Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия.

147. Galstyan A. G. et al. Effects of critical fluctuations of storage temperature on the quality of dry dairy product //Journal of Dairy Science. – 2019. – Т. 102. – №. 12. – С. 10779-10789.

148. ТТИ ГОСТ 33629-001 «Типовая технологическая инструкция Консервы молочные. Молоко сухое». М: ВНИМИ, 2015. – 20 с.

149. Рябова А.Е. Хранимоустойчивость молочных консервов в квазиравновесных атипичных условиях: специальность 4.3.3 «Пищевые системы»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / А.Е. Рябова. — Москва, 2024. — 290 с.

150. Крусь, Г.Н. Технология молока и молочных продуктов/ Г.Н. Крусь, А.Г.Храмцов, З.В.Волокитина, С.В. Карпычев - М.: Колос С, 2006. - 455 с.

151. Рябова А. Е., Петров А. Н., Пряничникова Н. С. Актуализация сроков годности и условий хранения молочных консервов: изменения в действующие инструкции // Переработка молока. 2023. № 8 (286). С. 37.

152. Shelf Life and Packaging | Dairy for Global Nutrition. — URL: <https://www.dairyglobalnutrition.org/safety-and-quality/shelf-life-and-packaging>.
153. Akalin A. S., Unal G. Dinkci; N. & Hayaloglu A. A. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate // *Journal of Dairy Science*. 2012. Vol. 95. No. 7. P. 3617–3628.
154. Голубева Л. В. и др. Изучение процесса синерезиса кисломолочных напитков // *Пищевая промышленность*. – 2015. – №. 4. – С. 42-43.
155. Sanchez Alan K, Subbiah J, Schmidt KA. Application of a dry heat treatment to enhance the functionality of low-heat nonfat dry milk. *Journal of Dairy Science*. 2019;102(2):1096–1107. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15254>.
156. Martin GJO, Williams RPW, Dunstan DE. Comparison of casein micelles in raw and reconstituted skim milk. *Journal of Dairy Science*. 2007;90(10):4543–4551. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0166>.
157. Zhang Z. et al. Effect of Whey Protein Changes on Milk Flavor and Sensory Characteristics During Heating // *Foods*. – 2024. – Т. 14. – №. 1. – С. 33. <https://doi.org/10.3390/foods14010033>.
158. Schröder MJA, Bland MA. Effect of pasteurization temperature on the keeping quality of whole milk. *Journal of Dairy Research*. 1984;51(4):569–578. <https://doi.org/10.1017/S002202990003288X>.
159. Герасимова О. А. и др. Теоретическое обоснование процесса термизации молока // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2017. – №. 1 (147). – С. 137-145.
160. Хропач А. И. Инновационные подходы в модернизации технологии и оборудования для производства питьевого молока // *Молодежная наука-гарант инновационного развития АПК*. – 2019. – С. 441-446.
161. Oldfield DJ, Taylor MW, Singh H. Effect of preheating and other process parameters on whey protein reactions during skim milk powder manufacture. *International Dairy Journal*. 2005;15(5):501–511. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.09.004>.
162. Мюнх Г.-Д., Заупе Х., Шрайтер М. Микробиология продуктов животного

происхождения. Пер.с нем. М.: Агропромиздат, 1985- 592 с.

163. Delikanli B., Ozcan T. Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins // Journal of Food Processing and Preservation. 2017. No. 41 (5). Article e13101. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13101>.

164. Шуляк Т. Л., Гуца Н. Ф., Акулич А. В. Исследование структурно-механических свойств низколактозных кисломолочных продуктов из вторичного молочного сырья //Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2015. – №. 2. – С. 3-9.

165. Миклух И. И. В. и др. Исследование влияния состава и показателей сухого молочного сырья на качество восстановленных молочных основ, предназначенных для изготовления ферментированных молочных продуктов //Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. – 2021. – №. 12. – С. 94-102.

166. Nunes L., Tavares G. M. Thermal treatments and emerging technologies: Impacts on the structure and techno-functional properties of milk proteins // Trends in food science & technology. 2019. Vol. 90. P. 88–99.

167. Britten M., Giroux H. J. Rennet coagulation of heated milk: A review //International Dairy Journal. – 2022. – Т. 124. – С. 105179.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Титульные листы документов по стандартизации

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ФГАНУ «ВНИМИ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГАНУ «ВНИМИ»
д-р техн. наук, академик РАН


А.Г. Галстян
«06» _____ 2025 г.

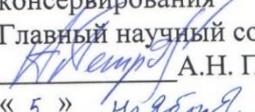
КОНСЕРВЫ МОЛОЧНЫЕ

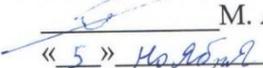
МОЛОКО СУХОЕ ОБЕЗЖИРЕННОЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КЛАССА ТЕРМООБРАБОТКИ

Типовая технологическая инструкция

ТТИ ГОСТ 33629-002

Дата введения в действие – 05.11.2025 г.

РАЗРАБОТАНО
ФГАНУ «ВНИМИ»
Лаборатория технологий
биотрансформации и
консервирования
Главный научный сотрудник
 А.Н. Петров
« 5 » _____ 2025 г.

Младший научный сотрудник
 М. Алкадур
« 5 » _____ 2025 г.

Москва
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ФГАНУ «ВНИМИ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГАНУ «ВНИМИ»
д-р техн. наук, академик РАН


А.Г. Галстян
«06» сентября 2025 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению сухого обезжиренного молока разных классов
термообработки в производстве кисломолочной продукции
(МР 00419785-088-2025)

Дата введения в действие – 12.11.2025 г.

РАЗРАБОТАНО

Лаборатория технологий
биотрансформации и
консервирования

Главный научный сотрудник
 А.Н. Петров
«5» ноября 2025 г.

Младший научный сотрудник
 М. Алкадур
«5» ноября 2025 г.

Москва 2025

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акты внедрения



Утверждаю

Генеральный директор

ООО «НОВАЯ ИЗИДА»

«20» ноября 2025 г.

АКТ

внедрения технологии производства сухого обезжиренного молока низкотемпературного класса термообработки

Основание: Технические условия и инструкция ГОСТ 33629-002/05.11-2025 «Молоко сухое обезжиренное низкотемпературного класса термообработки» (разработчик — ФГАНУ «ВНИМИ»).

Результаты:

В производственных условиях ООО «НОВАЯ ИЗИДА» осуществлено промышленное производство сухого обезжиренного молока (СОМ) низкотемпературного класса термообработки в объеме **6000 кг**.

Технологический процесс производства включал следующие этапы:

1. **Приемка, подготовка и хранение сырья.** В качестве сырья использовали молоко коровье сырое первого сорта, соответствующее требованиям ГОСТ Р 52054-2023.
2. **Сепарирование молока** при температуре $45\pm 2^\circ\text{C}$.
3. **Термизация обезжиренного молока** при $63\pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 секунд.
4. **Охлаждение** термизированного обезжиренного молока до 10°C и **хранение** при данной температуре в течение 10 часов.
5. **Низкотемпературная пастеризация** при $72\pm 2^\circ\text{C}$ с выдержкой 15 секунд.
6. **Сгущение** при температуре не выше 62°C до массовой доли сухих веществ $45\pm 5\%$.
7. **Распылительная сушка** при температуре воздуха на входе в сушильную башню $170\pm 10^\circ\text{C}$ и на выходе — $75\pm 10^\circ\text{C}$.
8. **Охлаждение** продукта до $25\pm 2^\circ\text{C}$, **упаковывание и маркирование.**

Заключение:

Полученная партия сухого обезжиренного молока полностью соответствует:

- Установленным требованиям безопасности Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции».
- Нормативным показателям качества, включая класс низкотемпературной термообработки согласно СТБ ISO 6735-2011.
- Технической документации ГОСТ 33629-002/05.11-2025.

Начальник производства _____ Чичиров И.А.

М. Алкадур



Утверждаю
Генеральный директор
ООО «НОВАЯ ИЗИДА»
«25» ноября 2025 г.

АКТ
выработки кисломолочных продуктов
(йогурт обезжиренный термостатный и творог обезжиренный)

В промышленных условиях на предприятии ООО «НОВАЯ ИЗИДА» (г. Пенза) в соответствии с методическими рекомендациями МР 00419785-088-2025 по применению сухого обезжиренного молока (СОМ) различных классов термообработки при производстве кисломолочной продукции выработаны два вида продуктов:

1. Обезжиренный йогурт термостатным способом.
2. Обезжиренный творог кислотным способом.

1. Йогурт обезжиренный
Объём выработки: 500 кг.

- **Фасовка:** пластиковые стаканчики по 200 г.
- **Сырьё:** СОМ высокотемпературного класса термообработки.
- **Основание для выработки:** техническая документация ТИ ТУ 9222-011-00419785-14 и МР 00419785-088-2025.

Технологический процесс:

1. Восстановление СОМ до содержания сухих веществ 14% в воде при температуре $(40\pm 2)^\circ\text{C}$, фильтрование, охлаждение до 8°C .
2. Пастеризация при $(85\pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 10 минут с последующим охлаждением до $40\text{--}42^\circ\text{C}$.
3. Забивание: внесение закваски (5%) (*Streptococcus salivarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgarius*) при $40\text{--}42^\circ\text{C}$ с перемешиванием.
4. Розлив в пластиковые стаканчики по 200 г, упаковка и маркировка.
5. Сбивание в термостатной камере при $(40\pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 4 часов до достижения кислотности $(80\pm 2)^\circ\text{T}$.
6. Охлаждение до температуры $(4\pm 2)^\circ\text{C}$.

Результаты контроля:

По физико-химическим, органолептическим и микробиологическим показателям продукт соответствует требованиям ГОСТ 31981-2013.

Использование СОМ высокотемпературной термообработки обеспечило формирование прочного сгустка (ложковый йогурт) и высокую влагоудерживающую способность.

2. Творог обезжиренный кислотный

- **Объём выработки:** 500 кг.
- **Фасовка:** пластиковая тара по 200 г.
- **Сырьё:** СОМ низкотемпературного класса термообработки.

ПРИЛОЖЕНИЕ В Дипломы и сертификаты

**РОСБИОТЕХ**РОССИЙСКИЙ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ДИПЛОМ

ПОБЕДИТЕЛЯ**НАГРАЖДАЕТСЯ****АЛКАДУР МОХАММЕД****ALKADOUR MOHAMMED**

с докладом «Влияние режимов пастеризации на качество сухого обезжиренного молока»

title of the report: «Effect of pasteurization regimes on the quality of skim milk powder»

в конкурсе работ в рамках научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Комплексные решения инженерных и технологических задач пищевых производств»

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ:**Петров А. Н.**

д.т.н., академик РАН

Ионова И. И.

к.т.н., доц.

SUPERVISOR:**A. N. Petrov**Doctor of Technical Sciences, Academician
of the Russian Academy of Sciences**Inna Isaakovna Ionova**

Associate Professor

А.А. СолдатовИ.о. ректора
Российского биотехнологического университета
(Университет РОСБИОТЕХ)

г. Москва, 25 апреля 2024 г.



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»
Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия
(филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Вологодский научный центр Российской академии наук»
Северо-Западный научно-исследовательский институт молочного
и лугопастбищного хозяйства имени А.С. Емельянова
– обособленное подразделение ФГБУН ВолНЦ РАН

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,**
посвящённая дню рождения
Николая Васильевича Верещагина
«Передовые достижения науки в молочной отрасли»
секция «Инновационные технологии
в переработке молока»

СЕРТИФИКАТ
УЧАСТНИКА ВРУЧАЕТСЯ
Алқадуру Моҳаммеду Ибраҳиму

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА



А.А. Кузин

Вологда-Молочное
23 октября 2025 г.

«НАПРАВЛЕНИЯ ПРОРЫВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ДОСТИЖЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО

ЛИДЕРСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ»

МОСКВА 28 ОКТЯБРЯ 2025 ГОДА

СЕРТИФИКАТ

ЛУЧШИЙ ПОСТЕРНЫЙ ДОКЛАД СРЕДИ АСПИРАНТОВ,
СОИСКАТЕЛЕЙ (БЕЗ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК)

УЧАСТНИК

Алкадур Мохаммед

Влияние класса термообработки сухого обезжиренного молока
на структурно-механические свойства
молочно-белкового сгустка



Всероссийский
научно-исследовательский
институт молочной промышленности



Директор, академик Галстян А.Г.