

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (ФГАНУ «ВНИМИ») и в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

- Научный руководитель:** **Петров Андрей Николаевич**
доктор технических наук, академик РАН
- Официальные оппоненты:** **Новокшанова Алла Львовна**
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»
- Мягконосов Дмитрий Сергеевич**
кандидат технических наук, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института маслоделия и сыроделия – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет»

Защита состоится «04» июня 2026 г. в 10 часов 00 минут на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 24.1.515.01 при ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» по адресу 115093, г. Москва, ул. Люсиновская, д. 35, к.7, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» <http://www.vnimi.org>.

Автореферат разослан «___» _____ 2026 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,

кандидат технических наук, доцент

Т.С. Бычкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 совершенствования 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., 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 совершенствования технологии сухого молока и внедрение его в производство кисломолочных напитков.

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 различных режимов 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, внесённом 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, посвящённой 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).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ: 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 статья в журнале, индексируемом в международной базе Scopus, 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 рисунков, 167 литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту, результаты апробации и публикации, а также данные по структуре и объему диссертационной работы.

В главе 1 представлены основные характеристики СОМ, объёмы производства, технологии, факторы, оказывающие влияние на формирование качества и безопасности сухого молока. Особое внимание уделено влиянию термической обработки молока на физико-химические показатели и функционально-технологические свойства СОМ. Проанализировано влияние режимов хранения на основные показатели СОМ.

В главе 2 изложена структура, организация и схема проведения исследования (Рисунок 1).

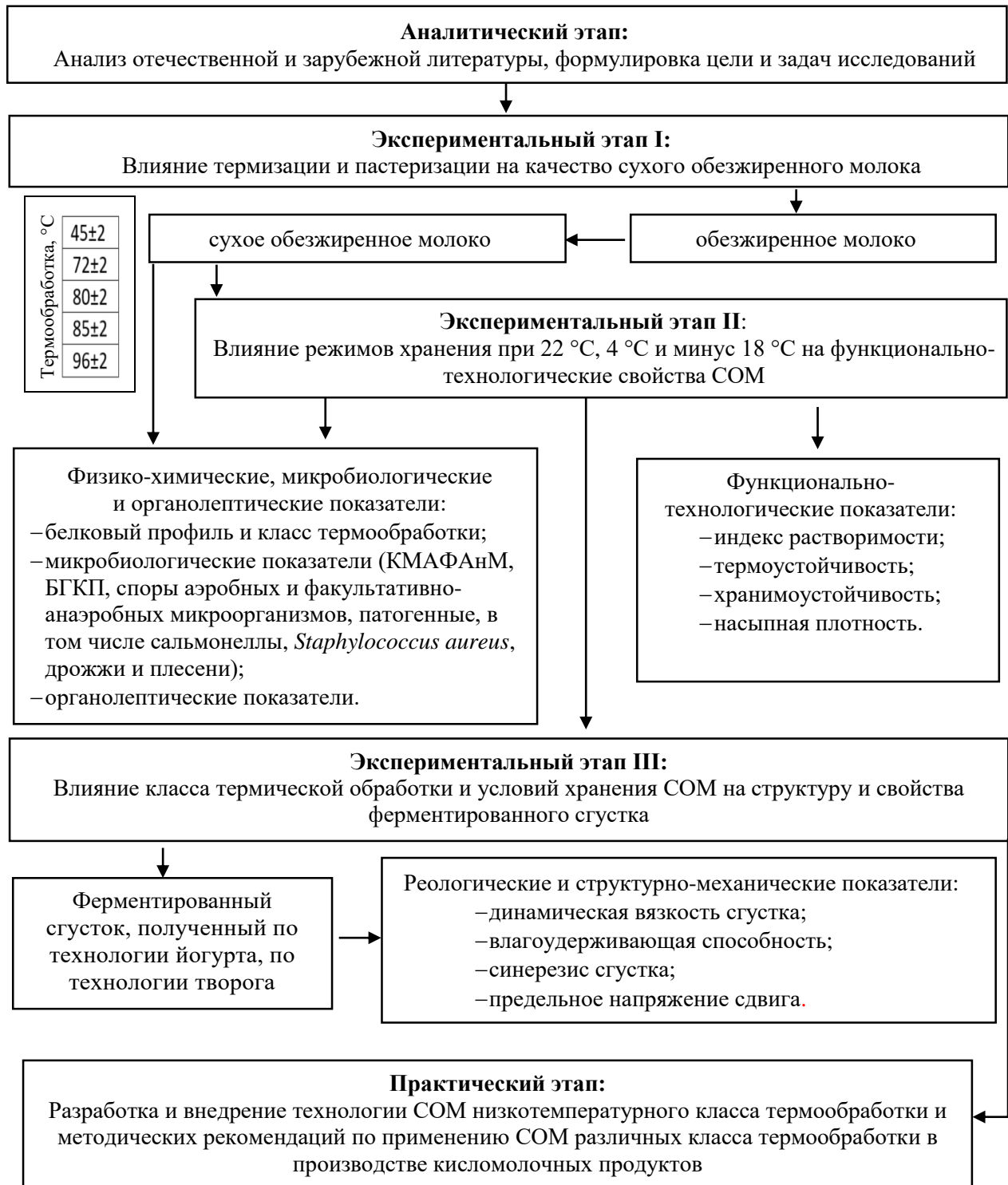


Рисунок 1 - Общая схема исследований

На различных этапах работы объектами исследований являлись: сырое молоко, обезжиренное молоко (ОМ), СОМ и сгустки, полученные путем его переработки: ферментированный сгусток, полученный по технологии йогурта (СГЙ) и по технологии творога (СГТ) кислотным способом.

В ходе производственного эксперимента выработано шесть партий СОМ общим объемом 36000 кг. Охлажденное молоко нагревали, сепарировали, 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 °С и выходящего 75 °С). В производственном эксперименте обезжиренное молоко (ОМ) перед сгущением подвергали термической обработке.

Режимы термообработки и соответствующие условные обозначения приведены в Таблице 1. Режимы выбраны на основе анализа литературных данных и позволили получить СОМ различных классов термообработки. Выработку опытных партий СОМ осуществляли на производственной площадке ООО «НОВАЯ ИЗИДА» в г. Пенза. Сырьем для производства СОМ служило молоко первого сорта по требованиям 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 группы.

Таблица 1 – Режимы термической обработки ОМ

Обезжиренное молоко	Сухое обезжиренное молоко	Режим термической обработки ОМ, °С (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±2 °С в течении 15 с, охлаждали до 10 °С и при этой температуре в течении 10 ч хранили, затем направляли на пастеризацию при 72±2 °С с выдержкой 15 с.

Физико-химические показатели и методы исследования: класс термообработки по СТБ ISO 6735-2011; белковый профиль сывороточных белков - методом диск-электрофореза в полиакриламидном геле по ГОСТ 33528-2015; массовая доля общего азота – методом Кьельдаля по ГОСТ 23327-98; массовая доля белка по ГОСТ 34454-2018; массовая доля небелкового азота – путем осаждения белковых азотистых веществ трихлоруксусной кислотой с последующим измерением общего азота в фильтрате по ГОСТ Р 55246-2012; массовая доля казеинового азота – по СТБ ISO 17997-1-2012; массовая доля сывороточных белков – методом Кьельдаля по ГОСТ 34536-2019; титруемую кислотность определили по ГОСТ ISO 6092-2015; индекс растворимости - по ГОСТ 30305.4-95; термоустойчивость восстановленного молока - тепловой пробой при 130 °С на устройстве контроля термоустойчивости УКТ-150 с модулем покачивания пробирок (Инжиниринговый центр БиоПищеМаш, Россия), оснащенном циркуляционным термостатом LOIP LT-316a (Лабораторное Оборудование и Приборы, Россия).

Реологические показатели: Динамическую вязкость определяли на ротационном вискозиметре BrookfieldDV-II+Pro (Engineering Laboratories, США); предельное напряжение сдвига на пенетрометре Petrotest PNR10 (Petrotest, Германия); влагоудерживающую способность сгустков - по методу центрифугирования путем измерения разницы в массе супернатанта образцов сквашенного кисломолочного продукта объемом 10 мл до и после центрифугирования; прочность сгустка - на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2» (Лаборатория качества, Россия); синерезис сгустков – по количеству сыворотки, отделившейся в результате фильтрования 100 см³ разрушенного сгустка через бумажный фильтр в течение 5 ч при комнатной температуре.

Микробиологические показатели (КМАФАнМ и БГКП) определили по ГОСТ 32901-2014; наличие протеолитических – по МР 2.3.2.2327-08; дрожжей и плесневых грибов по –ГОСТ 33566-2015; патогенных микроорганизмов (в т.ч. сальмонелл) – по ГОСТ 31659- 2012;

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

Все исследования проведены в 3-5 кратной повторности с отсеиванием статистически недостоверных данных по Tukey HSD 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.).

В главе 3 приведены результаты исследования влияния режимов термизации в сочетании с пастеризацией и отдельно пастеризации на белковый профиль, микробиологические, физико-химические показатели ОМ и СОМ.

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

Результаты исследования содержания азота и белковых фракций в ОМ, подвергшемся термическому воздействию, в контроле (ОМ1) приведены в Таблице 2.

Таблица 2 – 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 денатурированных 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 °С (ОМ1) до 96 °С (ОМ6) содержание неденатурированного сывороточного белка ОМ уменьшилось с 0,64 % до 0,29 %. 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 белок ОМ, по аналогии с оценкой класса термообработки СМ, принят показатель термообработки (Н), 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 °С 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 2.

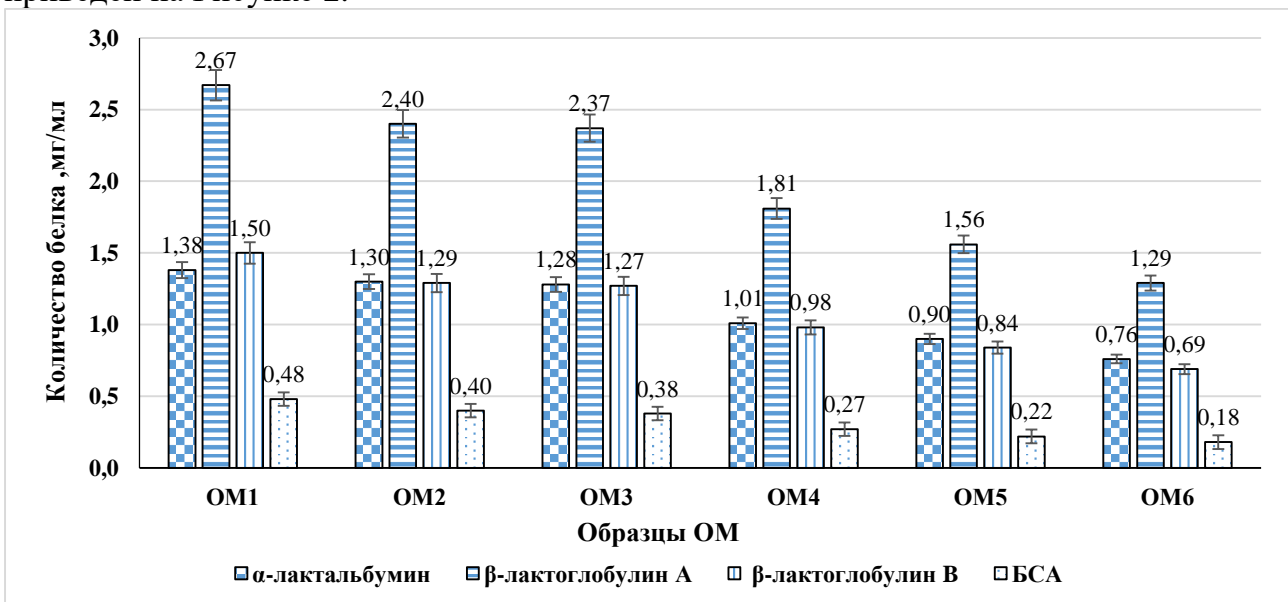


Рисунок 2 – Белковый профиль образцов ОМ

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 термостойкость проявляет фракция α-лактальбумина. Термостойкость α-лактальбумина объясняется его способностью к ренатурации с помощью кальция и в тоже время его компактной структурой и дисульфидными связями. Результаты исследования белкового профиля ОМ показали, что устойчивость основных фракций сывороточных белков к термической обработке (от наиболее термостабильного к менее термостабильному) характеризуется следующей последовательностью:

α-лактальбумин > β-лактоглобулин А > β-лактоглобулин В > БСА.

Наиболее выражено денатурация сывороточных белков проявляется при температурах выше 72 °С. Влияния термизации при идентичных режимах пастеризации 72±2 °С с выдержкой 15 с на изменение белкового профиля не обнаружено.

Влияние термической обработки на содержание микроорганизмов в обезжиренном молоке приведено в Таблице 3. Как и следовало ожидать, микробиологические показатели контрольного образца ОМ1 по содержанию КМАФАнМ (КОЕ/см³) 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 °С способствовало активизации отдельных видов микроорганизмов с переходом их в вегетативную форму. Применение в дальнейшем низкотемпературной пастеризации обеспечивает их уничтожение.

Таблица 3 – Микробиологические показатели пастеризованного ОМ

Показатели	Образцы					
	ОМ1	ОМ2	ОМ3	ОМ4	ОМ5	ОМ6
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	2,8×10 ⁵	9,3×10 ¹	6,3×10 ²	3,2×10 ²	1,5 ×10 ²	7,6×10 ¹
БГКП	Обнаружено в 0,001 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено в 10 см ³	Не обнаружено 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 1см ³	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Споры аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/см ³	5,1×10 ¹	8,0	5,2×10 ¹	4,2×10 ¹	5,4×10 ¹	3,7×10 ¹
Дрожжи, Плесени, КОЕ/см ³	4,0×10 ¹ , 9,0×10 ¹	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Объектом второго этапа исследований служило СОМ, выработанное из соответствующего ОМ. В Таблице 4 приведены физико-химические показатели шести промышленных партий СОМ. Тенденции и закономерности влияния термической обработки на содержание общего азота и массовую долю общего белка, денатурированного и неденатурированного сывороточного белка, выявленные в результате термической обработки ОМ, сохранились и 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±2 °С и выдержкой 15 с, по показателю термообработки (Н ниже 80,0) соответствовало низкотемпературному классу термообработки. Режим пастеризации ОМ 80±2 °С (с выдержкой 15 с) позволил получить СОМ умеренного класса термообработки, а СОМ с температурой пастеризации 96±2 °С соответствовало высокотемпературному классу.

Таблица 4 – Содержание азота, общего белка и его фракций в СОМ

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

Выявленное незначительное увеличение по сравнению с ОМ соотношения казеина и денатурированного сывороточного белка к неденатурированному сывороточному белку и показателя термообработки СОМ. Результаты исследования белкового профиля неденатурированных сывороточных белков СОМ приведены на Рисунке 3.

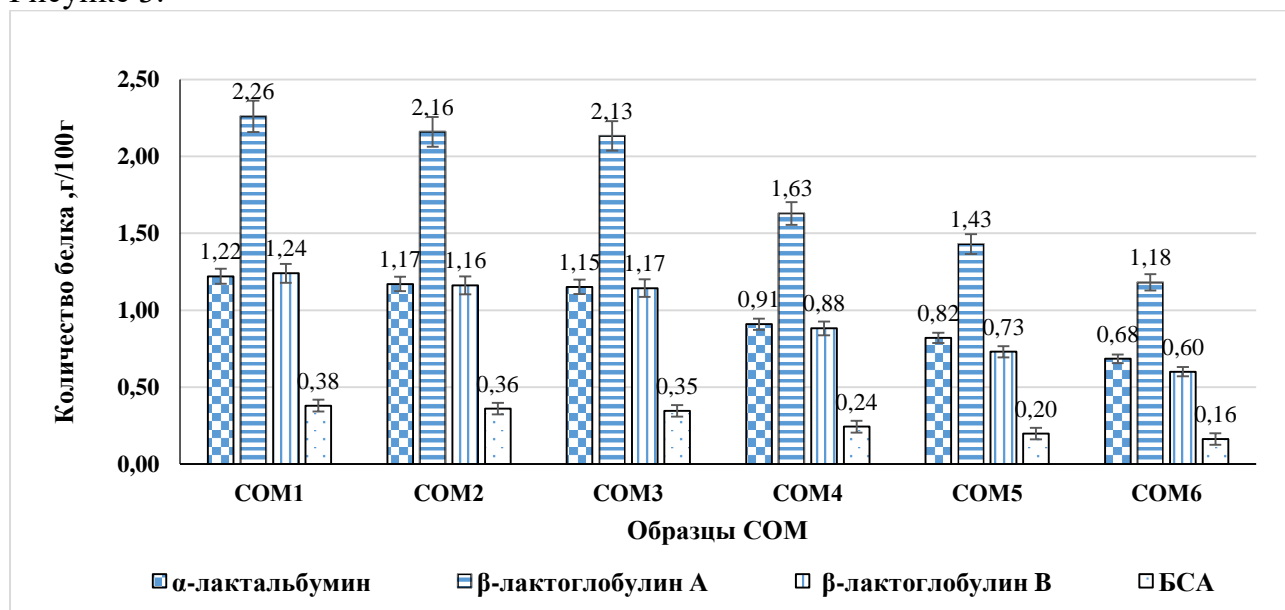


Рисунок 3 – Белковый профиль СОМ

Анализ белкового профиля СОМ свидетельствует, что последующие за пастеризацией ОМ технологические операции (сгущение и сушка) значимого влияния на структурные изменения в составе сывороточных белков не оказывают. Выявленное незначительное изменение фракции сывороточных белков по сравнению с ОМ укладывается в рамки погрешности проведения промышленного эксперимента. Результаты микробиологических исследований СОМ приведены в Таблице 5.

Таблица 5 – Микробиологические показатели СОМ

Показатели	Образцы					
	СОМ1	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 1г	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 статистически значимому снижению показателя КМАФАнМ, что в конечном итоге позволяет получить СОМ низкотемпературного класса термообработки с гарантией микробиологической безопасности.

В главе 4 приведены результаты исследований СОМ различного класса термообработки в процессе хранения в течение 16 месяцев СОМ при трех температурных режимах: минус 18 ± 2 °С, 4 ± 2 °С и 22 ± 3 °С.

Растворимость СОМ. Индекс растворимости свежеизготовленного СОМ составил менее $0,10 \text{ см}^3$ сырого остатка, при этом растворимость не изменилась в течение 8 месяцев независимо от температуры хранения и класса термообработки. На протяжении оставшегося периода хранения во всех исследованных образцах значение не превышало $0,15 \text{ см}^3$ сырого остатка, кроме СОМ6, в котором к 16 месяцам хранения при 22 ± 3 °С растворимость снизилась до $0,20 \text{ см}^3$ сырого остатка.

Кислотность. Начальная кислотность образцов СОМ при закладке на хранение составляла $16,8 \pm 1,0$ °Т. Наибольшее изменение кислотности зафиксировано при температуре хранения 22 °С в контрольном образце СОМ1 – 20 °Т. В Таблице 6 приведены данные по титруемой кислотности образцов СОМ после хранения в течение 16 месяцев.

Таблица 6 – 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	$17,3 \pm 0,5$	$20,3 \pm 0,5$	$19,1 \pm 0,5$	$18,3 \pm 0,6$
СОМ2	$17,6 \pm 0,6$	$19,5 \pm 0,4$	$19,0 \pm 0,5$	$18,3 \pm 0,5$
СОМ3	$17,4 \pm 0,5$	$19,7 \pm 0,5$	$19,4 \pm 0,6$	$18,5 \pm 0,7$
СОМ4	$16,7 \pm 0,5$	$18,6 \pm 0,7$	$17,8 \pm 0,5$	$17,5 \pm 0,4$
СОМ5	$16,5 \pm 0,6$	$18,2 \pm 0,6$	$17,5 \pm 0,4$	$17,3 \pm 0,6$
СОМ6	$16,0 \pm 0,6$	$17,4 \pm 0,6$	$16,5 \pm 0,8$	$16,2 \pm 0,5$

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.

Термоустойчивость СОМ. В рамках исследований определена динамика изменения термоустойчивости СОМ по тепловой пробе в зависимости от класса термообработки и режима хранения (Рисунок 4). Установлено, что повышение термоустойчивости зависит от температуры пастеризации: чем выше класс термообработки, тем выше устойчивость СОМ к тепловым нагрузкам. Самый низкий показатель термоустойчивости (38 мин) отмечен в СОМ 1, хранившемся 16 месяцев при температуре 22 °С. При температурах 4 °С и минус 18 °С изменения термоустойчивости в процессе хранения происходили менее интенсивно. Эти результаты согласуются с представленными ранее данными по изменению состава сывороточных белков и образуемого при термической обработке комплекса казеин-сывороточный белок.

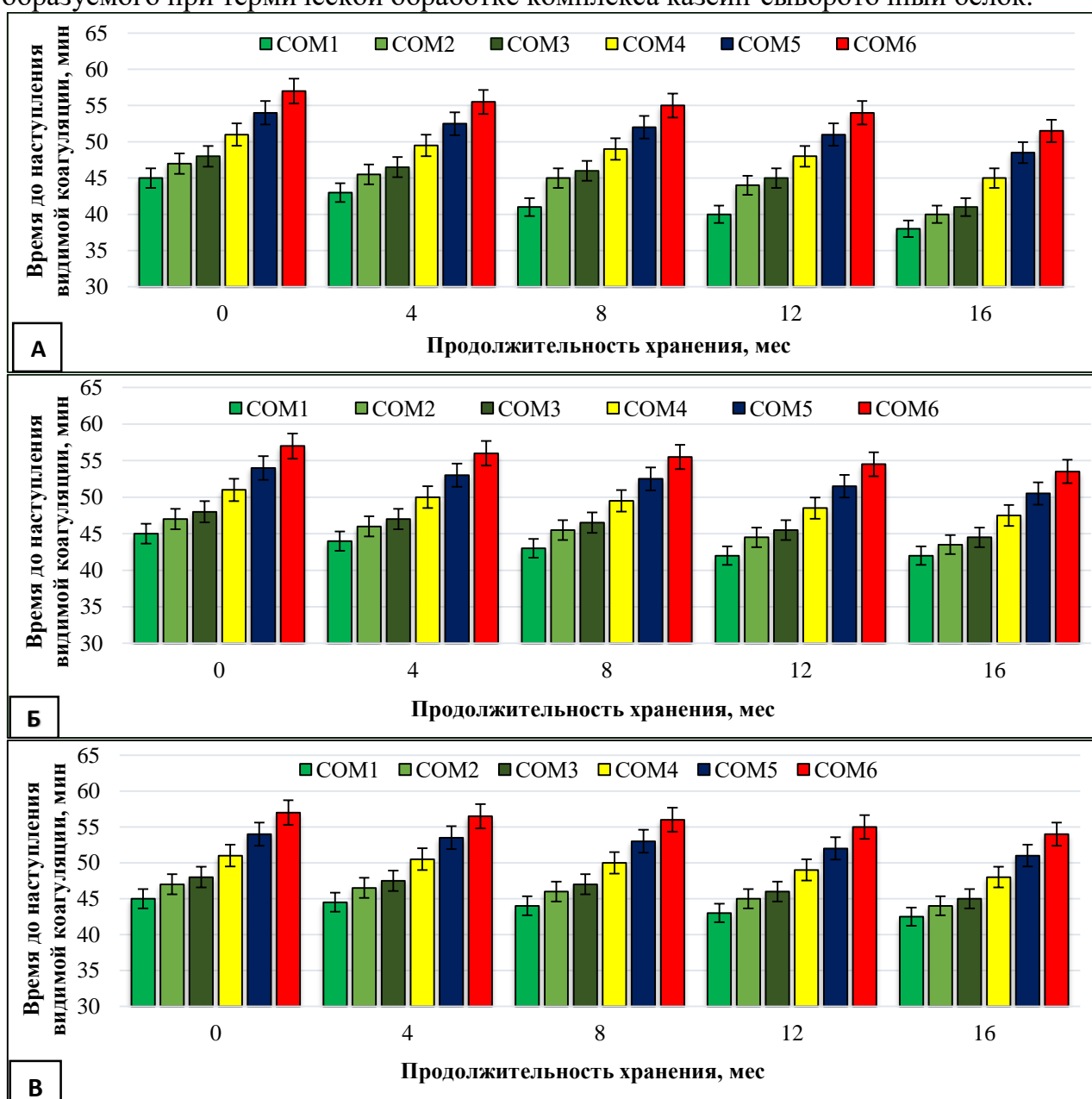


Рисунок 4. Термоустойчивость образцов СОМ в процессе хранения
 А – температура хранения 22 ± 3 °С; Б – температура хранения 4 ± 2 °С;
 В – температура хранения -18 ± 2 °С

Насыпная плотность. В ходе проведения исследований образцов определен показатель насыпной плотности (Таблица 7), который косвенно свидетельствует о степени растворения СМ и наличии в его структуре воздушных включений.

Таблица 7 – Насыпная плотность образцов СОМ в процессе хранения

Обозначение образца	При закладке на хранение, г/см ³			Объемная насыпная плотность, г/см ³			Рыхлая насыпная плотность, г/см ³			Насыпная плотность, г/см ³		
	Объемная Насыпная плотность	Рыхлая насыпная плотность	Насыпная плотность	После 16 месяцев хранения при температуре, °С								
				22	4	минус 18	22	4	минус 18	22	4	минус 18
СОМ1	0,50	0,60	0,67	0,53	0,52	0,52	0,63	0,59	0,60	0,71	0,67	0,68
СОМ2	0,48	0,59	0,66	0,52	0,48	0,47	0,62	0,59	0,58	0,70	0,68	0,66
СОМ3	0,49	0,60	0,67	0,53	0,51	0,48	0,63	0,61	0,58	0,71	0,70	0,69
СОМ4	0,53	0,64	0,70	0,56	0,55	0,54	0,67	0,65	0,64	0,73	0,72	0,72
СОМ5	0,55	0,66	0,72	0,58	0,57	0,56	0,68	0,66	0,65	0,74	0,75	0,74
СОМ6	0,58	0,69	0,74	0,62	0,60	0,58	0,73	0,70	0,68	0,78	0,76	0,75

При увеличении степени денатурации сывороточных белков снижается содержание абсорбированного и адсорбированного воздуха (повышается плотность частиц и насыпная плотность) и наоборот. Наименьшее значение насыпной плотности (0,67 г/см³) отмечено в образце СОМ1 с низкой температурой пастеризации, а наибольшее (0,74 г/см³) - в образце СОМ6. Температурные условия и сроки хранения до 16 месяцев не выявили значительных изменений насыпной плотности.

Микробиологические показатели. 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 8).

Таблица 8 – Микробиологические показатели СОМ при хранении

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
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										

Однако, к концу срока хранения во всех образцах, при всех исследуемых режимах, наблюдалось снижение КМАФАнМ, которое можно объяснить отсутствием свободной воды. При этом микробиологические показатели СОМ соответствовали требованиям ТРТС 033/2013 "О безопасности молока и молочной продукции".

Органолептические показатели СОМ. При закладке и в процессе хранения СОМ представляло собой однородный мелкий сухой порошок белого или светло-кремового цвета, с чистым, свойственным пастеризованному молоку вкусом. В образцах СОМ в процессе хранения значимых органолептических изменений не было зафиксировано. Таким образом, анализ полученных данных показывает, что хранение при всех исследованных режимах в течение 16 месяцев существенно не повлияло на органолептические показатели.

В главе 5 приведены результаты исследования по влиянию класса термообработки СОМ на структуру и свойства ферментированного сгустка. Объектами исследований являлись молочно-белковые сгустки, полученные путем ферментации восстановленного обезжиренного молока (ВМ). Сырьем для ВМ служило СОМ четырех классов термообработки, которое было исследовано выше. Сгустки получали по технологии двух видов кисломолочных продуктов: йогурта и творога. Основные технологические режимы получения сгустка представлены в Таблице 9.

Таблица 9 – Технологические параметры получения сгустка

Обозначение образца	Сгусток, полученный по технологии йогурта (СГЙ), по технологии творога (СГТ)	Состав заквасочной микрофлоры	Режим термической обработки молока		Режим сквашивания	Кислотность сгустка		Массовая доля сухих веществ, %
			Температура, °С	Выдержка		рН	°Т	
ВМ1	СГЙ1	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> . 4,5: 0,5 - (5 %)	85±2	10 мин	41±1 °С в течение 4 часов	4,7±0,1	83±2	14
ВМ2	СГЙ2							
ВМ3	СГЙ3							
ВМ4	СГЙ4							
ВМ5	СГЙ5							
ВМ6	СГЙ6							
ВМ1	СГТ1	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> . 1:1:1 - (3 %)	78±2	15-20 с	30±1 °С в течение 8 часов	4,8±0,1	76±2	12
ВМ2	СГТ2							
ВМ3	СГТ3							
ВМ4	СГТ4							
ВМ5	СГТ5							
ВМ6	СГТ6							

Влагоудерживающая способность и синерезис. Показатели влагоудерживающей способности и синерезиса коррелируют между собой и дополняют друг друга. Близкие по динамике, но противоположные по действию. Результаты исследований отражены на Рисунках 5 и 6, а также в Таблице 10.

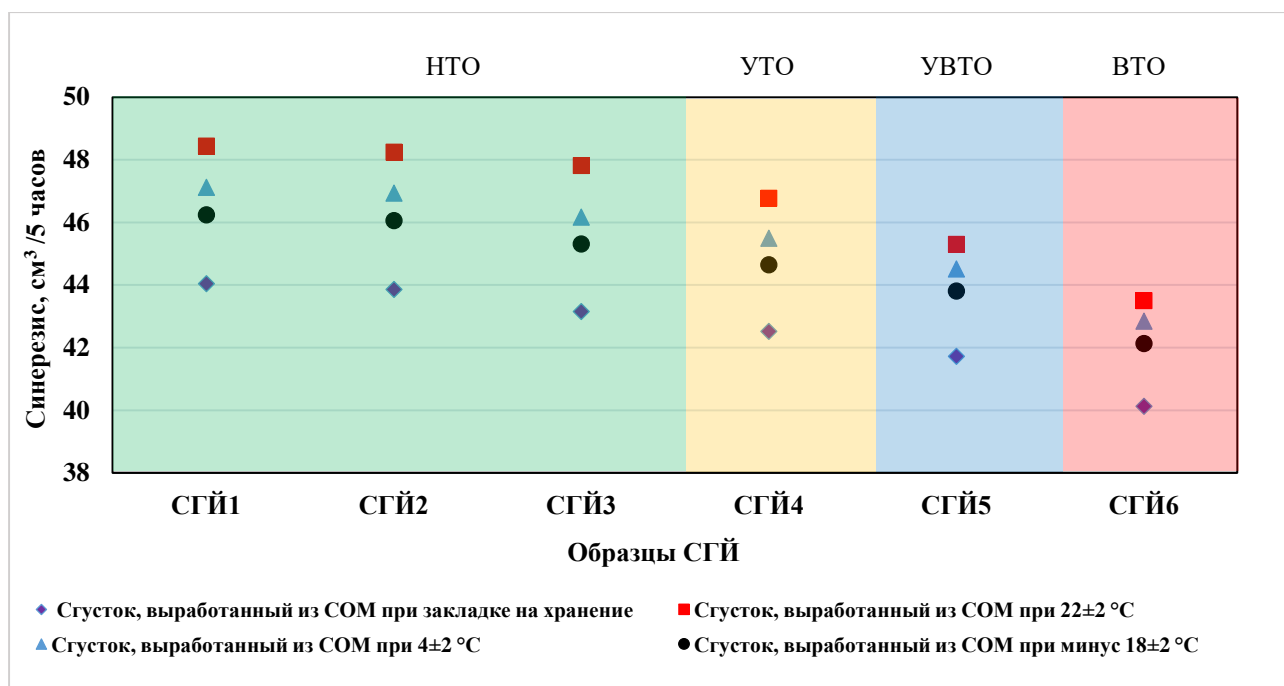


Рисунок 5 – Синеретические свойства СГЙ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

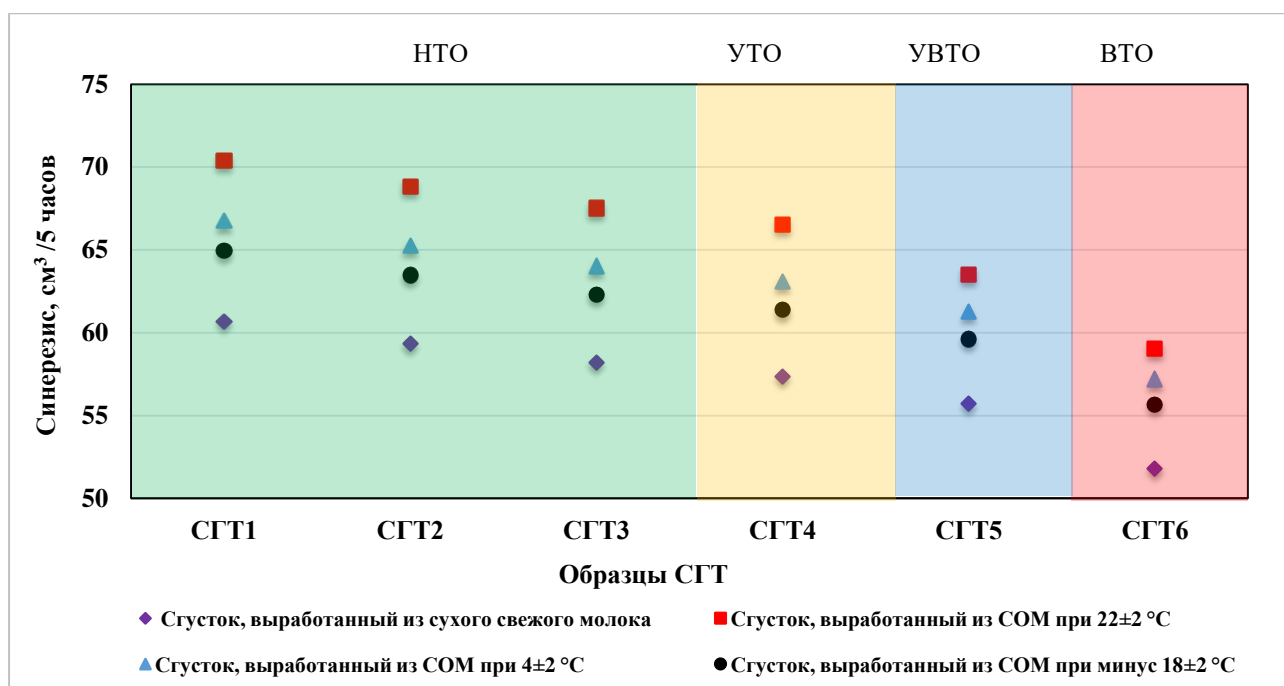


Рисунок 6 – Синеретические свойства СГТ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

Сывороточные белки, благодаря своим высоким гидрофильным свойствам, повышают способность казеина удерживать влагу, а также замедляют процесс отделения сыворотки от сгустка (синерезис). В связи с этим, закономерно, что повышение синерезиса зависит от температуры пастеризации: чем выше класс термообработки СОМ, тем ниже синерезис сгустка. Продолжительное хранение в течение 16 месяцев при 22 ± 3 °C увеличивает синерезис почти на 10-15 % для СГТ. Температуры хранения 4 ± 2 °C и минус 18 ± 2 °C показали менее интенсивную динамику изменения синерезиса. При хранении в режиме минус 18 ± 2 °C изменение синерезиса

не превышало 10 % во всех образцах по отношению к другим температурным условиям.

Таблица 10 – 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 творожного сгустка повышается с 22,6 % до 31,8 % (при 6000 об/мин), а интенсивность выделения сыворотки в результате синерезиса снижается с 60,7 см³ до 51,8 см³ (Рисунок 6). Таким образом, данные по влагоудерживающей способности и синерезису хорошо согласуются друг с другом. Несмотря на различные технологии ферментации, в обоих сгустках СГЙ и СГТ в результате центрифугирования по мере увеличения класса термообработки СОМ снижался объем отделившейся сыворотки и пропорционально увеличивалась его влагоудерживающая способность.

Динамическая вязкость. На Рисунках 7 и 8 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 увеличением класса термообработки СОМ увеличивается вязкость сгустка, и это имеет практическое значение для производства определенных видов кисломолочных продуктов.

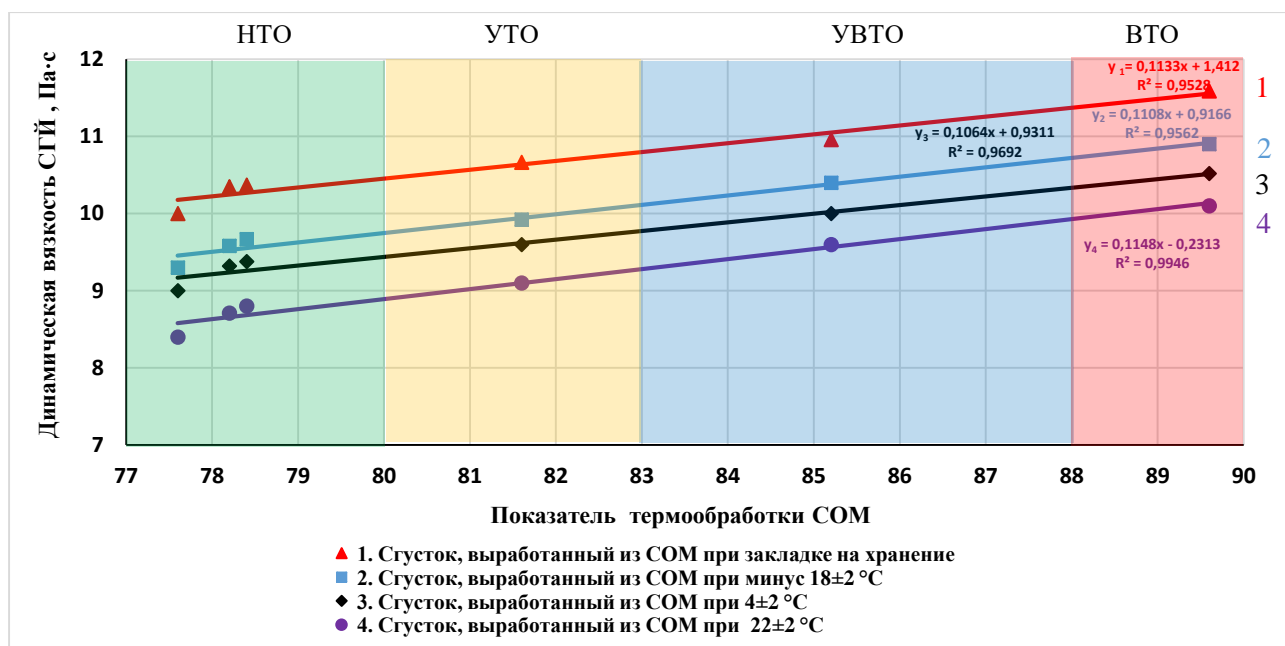


Рисунок 7 – Динамическая вязкость СГЙ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

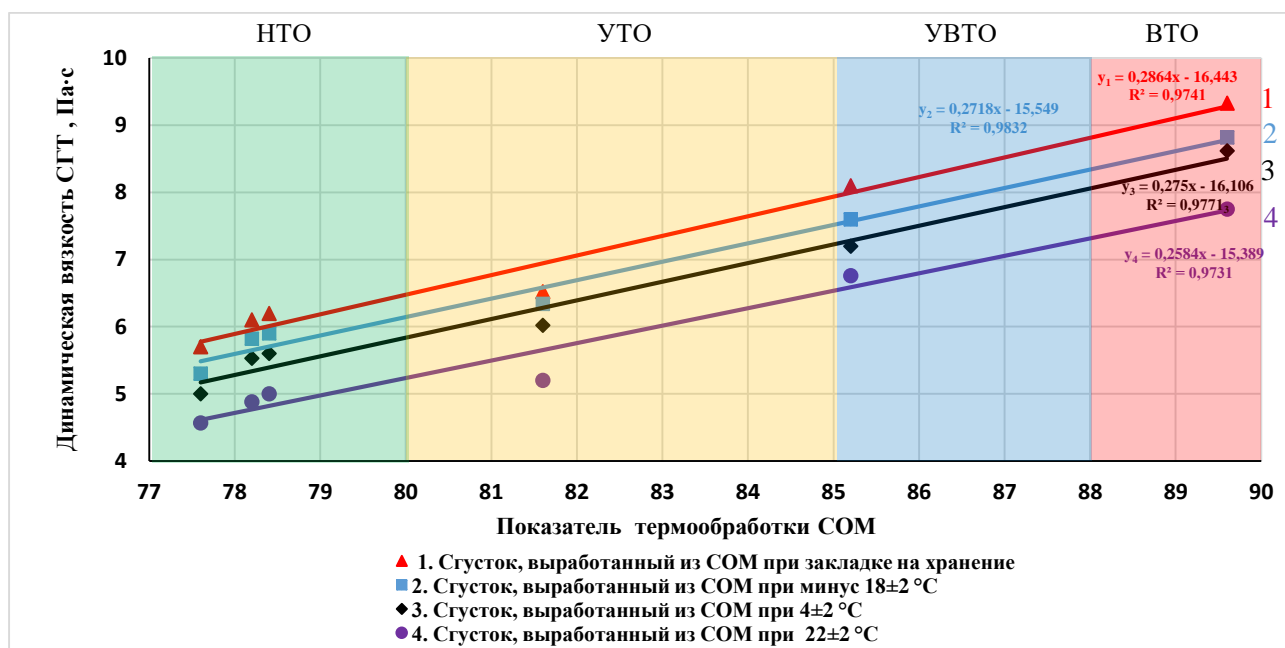


Рисунок 8 – Динамическая вязкость СГТ, выработанного из СОМ, хранящегося при разных температурах в течение 16 месяцев

Процесс хранения СОМ сопровождается определенными изменениями, оказывающими влияние на структуру ферментированного сгустка. Хранение СОМ в течение 16 месяцев при температуре 22 °С снижает плотность сгустка, и при этом динамическая вязкость СГТ и СГЙ уменьшилась на 20 % и 15 % соответственно.

Напряженность сдвига и глубина пенетрации сгустков. Следующим этапом исследования установлено влияние класса термообработки СОМ на предельное напряжение сдвига и значение глубины пенетрации сгустка (Рисунки 9 и 10 соответственно).

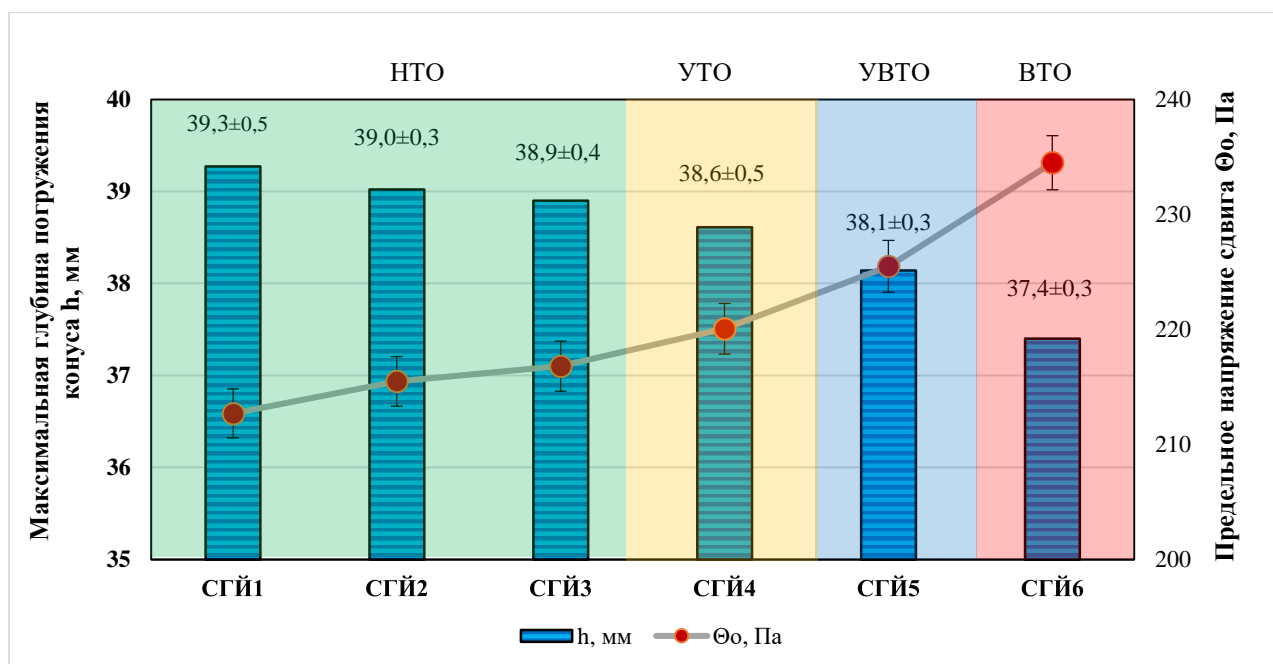


Рисунок 9 – Предельное напряжение сдвига и глубина пенетрации СГЙ

Для образцов СГЙ выявлена тенденция, при которой увеличение тепловой нагрузки на СОМ приводит к увеличению предельного напряжения сдвига и уменьшению глубины погружения конуса пенетromетра. Наиболее значимые изменения, а именно: повышение прочности, снижение глубины погружения конуса (37,4 мм) - зафиксированы в сгустке, исходным сырьем которого было СОМ б.

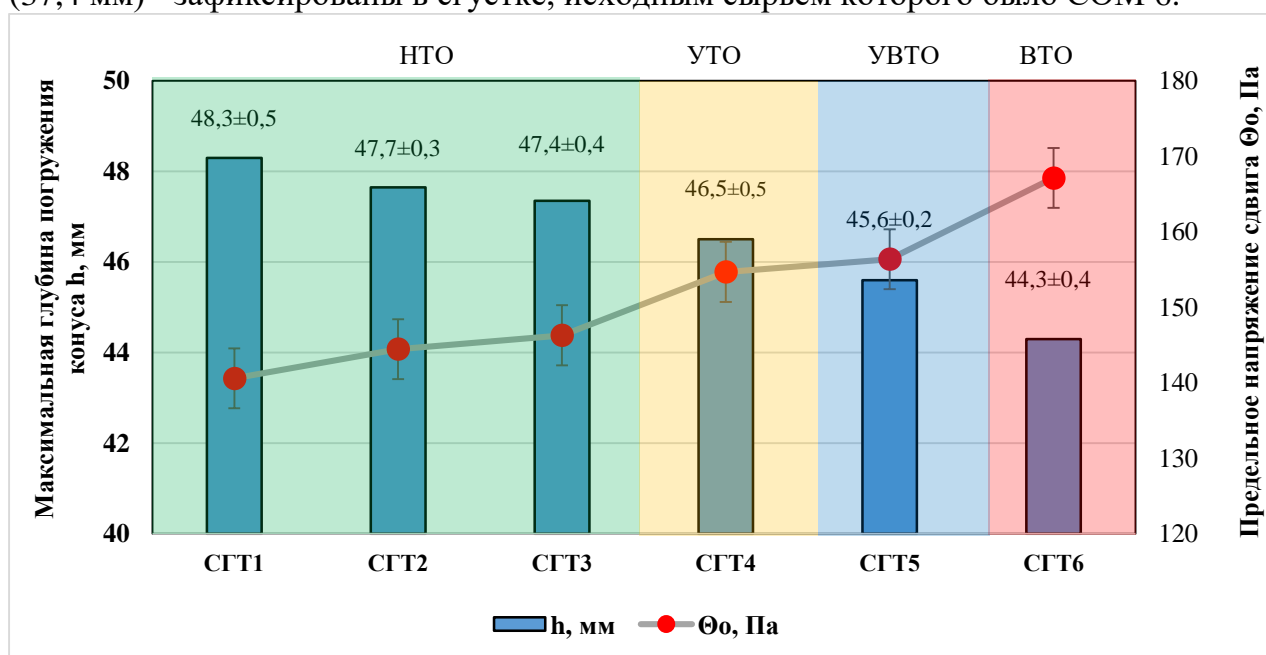


Рисунок 10 – Предельное напряжение сдвига и глубина пенетрации СГТ

Для образцов СГТ (Рисунок 10), 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 11 и 12.

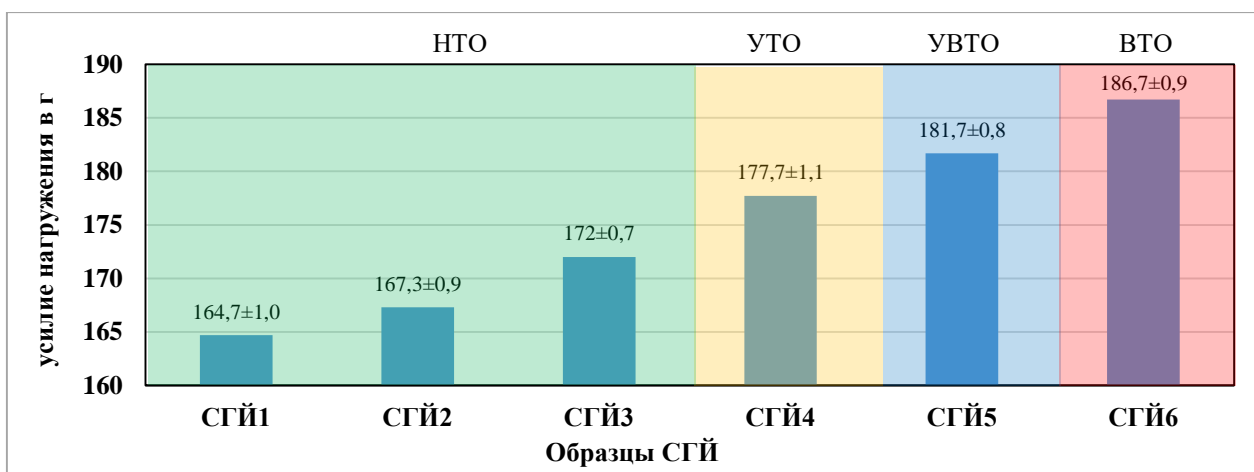


Рисунок 11 – Влияние класса термообработки на прочность СГЙ

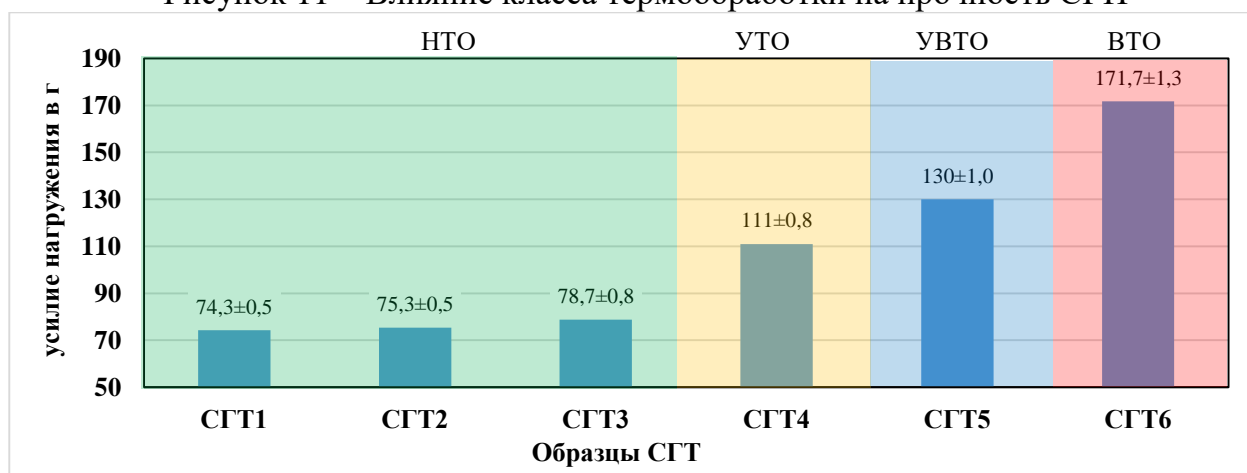


Рисунок 12 – Влияние класса термообработки на прочность СГТ

Полученные результаты подтверждают ранее приведенные данные (Рисунки 9 и 10) о влиянии класса термообработки СОМ на прочностные характеристики сгустков. С повышением температуры пастеризации увеличивается прочность (усилие нагружения) творожного сгустка. Это можно объяснить увеличением содержания в сгустке денатурированных сывороточных белков, которые усиливают жесткость их пространственной структуры и влагоудерживающую способность.

Органолептические показатели сгустков. Органолептические показатели полученных сгустков оценивали по 5-балльной шкале. Как и следовало ожидать, в зависимости от класса термообработки СОМ самые выраженные изменения отразились на реологических свойствах сгустка «консистенция». Предположительно, 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.

Полученные результаты подтверждают ранее установленные тенденции влияния класса термообработки сухого молока 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 экспериментально подтверждено, что повышение прочности геля сопровождается увеличением его влагоудерживающей способности и снижением

синерезиса. Установленные изменения напрямую связаны с влиянием температуры термической обработки на степень денатурации сывороточных белков.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что температуры хранения 4 °С и минус 18 °С наиболее предпочтительны для длительного хранения СОМ.

В главе 6 решены конкретные производственные задачи. Полученные результаты подтвердили ранее установленные тенденции и дали новый фактический материал по функционально-технологическим свойствам СОМ всех классов термообработки, что позволило сформировать практические решения для промышленного применения.

На основе проведенных исследований разработано и внедрено Изменение №2 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».

Технологическая инструкция регламентирует следующие режимы термической обработки обезжиренного молока: термизация при 63±2 °С в течение 15 с с последующим охлаждением до 10 °С, промежуточное хранение 10 ч и пастеризация при 72±2 °С с выдержкой 15 с. Введено ограничение на температурный режим сгущения не выше 63 °С для получения низкотемпературного класса термообработки. Экономический эффект от внедрения данной технологии составил 60 тысяч рублей на 1 тонну.

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 11.

Таблица 11 – 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. Внедрения методических рекомендаций позволило сократить продолжительность технологического процесса, снизить энергозатраты при производстве творога. Типовая технологическая инструкция внедрена на производственной площадке ООО «НОВАЯ ИЗИДА».

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 во всех образцах 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 мин. 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 трудов, опубликованных по материалам диссертации

Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях

Статьи в журналах, индексируемых в БД «Scopus»:

1. **Алкадур, М. И.** и др. Влияние термизации и пастеризации на качество сухого молока // Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54. – №. 1. – С. 275-284. – DOI: 10.21603/2074-9414-2024-2-2506.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

2. **Алкадур, М. И.** Влияние класса термической обработки сухого молока на структуру и свойства ферментированного сгустка / М. И. Алкадур, А. Н. Петров, Н. С. Пряничникова // Пищевая промышленность. – 2024. – № 11. – С. 82-89. – DOI 10.52653/PPI.2024.11.11.015.
3. **Алкадур, М. И.** Влияние класса термообработки молока на переход белка в сыворотку / М. И. Алкадур, Е. Е. Илларионова // Пищевая промышленность. – 2025. – № 3. – С. 96-99. – DOI 10.52653/PPI.2025.3.3.018.
4. **Алкадур, М. И.** Влияние режимов хранения на функционально-технологические свойства сухого обезжиренного молока / М. И. Алкадур, Н. С. Пряничникова, С. Н. Туровская // Пищевая промышленность. – 2025. – № 7. – С. 48-54. – DOI 10.52653/PPI.2025.7.7.009.

Публикации в сборниках научных трудов, материалах российских и международных конференций

5. **Алкадур, М. И.** Изучение влияния режима термизации и пастеризации сырого молока в процессе его хранения на микробиологические показатели / М. И. Алкадур // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов XII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Кемерово, 16 мая 2024 года. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2024. – С. 118-119.
6. **Алкадур, М. И.** Исследование влияния класса термообработки сухого обезжиренного молока на его термоустойчивость // М. И. Алкадур // Пищевые инновации и биотехнологии: сборник тезисов седьмой научно-практической молодёжной конференции «Поландовские чтения», Москва, 5 июня 2025 года. – С. 15-18.
7. **Алкадур, М. И.** Влияние класса термической обработки сухого обезжиренного молока на вязкость и синерезис творожного сгустка // М. И. Алкадур, Е. И. Муклецова // Инновационные технологии в переработке молока: сборник тезисов VII международной научно-практической конференции, посвящённой дню рождения Николая Васильевича Верещагина «Передовые достижения науки в молочной отрасли», Вологда-Молочное, 23 октября 2025 года. – С. 145-147.

Список сокращений и условных обозначений

БСА – бычий сывороточный альбумин

ВМ – восстановленное молоко

ВТО – высокотемпературный класс термообработки

НТО – низкотемпературный класс термообработки

ОМ – обезжиренное молоко

СГЙ – сгусток, полученный по технологии йогурта

СГТ – сгусток, полученный по технологии творога

СМ – сухое молоко

СОМ – сухое обезжиренное молоко

УВТО – умеренно высокотемпературного класс термообработки

УТО – умеренный класс термообработки

α -ЛА – α -лактальбумин

β -ЛГ – β -лактоглобулин