

На правах рукописи

**ГИНЗБУРГ МАРИНА АЛЕКСАНДРОВНА**

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА  
СМЕТАННЫХ ПРОДУКТОВ С КОЛЛАГЕНАМИ  
ВОДНОГО И НАЗЕМНОГО ГЕНЕЗА**

Специальность: 4.3.3 Пищевые системы

**Автореферат**

**диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук**

**Кемерово 2024**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО «РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»)

Научный руководитель доктор технических наук, профессор  
**Дунченко Нина Ивановна**

Официальные оппоненты: **Буянова Ирина Владимировна**  
доктор технических наук, профессор,  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Кемеровский государственный  
университет», кафедра технологии продуктов  
питания животного происхождения, профессор

**Литвинова Елена Викторовна**  
доктор технических наук, доцент, Федеральное  
государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Российский  
биотехнологический университет  
(РОСБИОТЕХ)», кафедра технологий и  
биотехнологий мяса и мясных продуктов, доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Калининградский государственный  
технический университет», город Калининград

Защита диссертации состоится 08 июля 2024 года в 14:00 часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.315.05 при ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» по адресу: г. Кемерово, б-р Строителей, 47, 2-ая лекц. ауд.

Отзывы на автореферат отправлять по адресу: 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (<https://kemsu.ru/science/dissertation-councils/diss-24-2-315-05/protects/68460/>)

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Милентьева Ирина Сергеевна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследований.** В условиях международных санкций и кризиса в мировых экономических отношениях на первом месте для отечественных производителей стоит производство конкурентоспособной продукции. В настоящее время у потребителей немало претензий к молочным продуктам, что связано с несоответствующим качеством, несоблюдением технологических режимов, условий хранения и реализации. Вследствие чего снижается потребительская, пищевая ценность молочной продукции и хранимоспособность. Расширение ассортимента молочных продуктов на предприятиях остаётся актуальным ввиду постоянного роста и изменения предпочтений потребителей. Реализация этой важной задачи возможна за счёт совершенствования и разработки технологий новых видов продукции, соответствующих установленным требованиям, в целях обеспечения населения качественными и безопасными продуктами питания. Приоритетными направлениями Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года являются расширение ассортимента выпускаемой продукции, удовлетворяющего потребности покупателей, создание инновационных технологий, которые позволят получить не только новые научные данные о формировании состава и свойств пищевых продуктов, но и послужат основой инновационного развития внутреннего рынка, а также обеспечат устойчивое развитие России в экономике. Развивающийся в последние годы тренд на здоровое питание рассматривает, в том числе и такое важное направление, как снижение массовой доли жира в молочных продуктах. Альтернативой традиционным видам сметаны стали сметанные продукты с заменителями молочного жира и пищевыми добавками с индексом E, которые не отвечают запросам потребителей в натуральных продуктах питания. Актуальной задачей становится разработка технологий сметанных продуктов с пониженным содержанием жира, натуральным составом и консистенцией классической сметаны.

**Степень разработанности темы исследований.** Теоретические основы в области разработки пищевых продуктов с заданными характеристиками отражены в работах российских и зарубежных учёных: Л. В. Антиповой, Н. Б. Гавриловой, В. И. Ганиной, Т. М. Гиро, Н. И. Дунченко, Г. И. Касьянова, Н. Н. Липатова (мл.), О. Я. Мезеновой, В. М. Позняковского, А. Ю. Просекова, И. А. Рогова, Е. И. Титова, Н. А. Тихомировой, О. Б. Федотовой, В. С. Янковской, Р. Ф. Almeida, S. Ricard-Blum, V. Roberta, J. C. C. Santana.

Большой вклад в развитие теории и практики квалиметрического прогнозирования и управления качеством продукции внесли Ю. П. Адлер, Г. Г. Азгальдов, Л. П. Бессонова, Н. И. Дунченко, О. А. Кузнецова, И. М. Чернуха, А. И. Субетто, Y. Akaо, W. E. Deming, J. Juran и др.

Диссертационная работа выполнялась в рамках гранта при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-15-2022-307 от 20.04.2022 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

**Целью** диссертационной работы является разработка технологии сметанных продуктов с коллагенами водного и наземного генеза путём формирования показателей качества и безопасности на базе квалиметрического прогнозирования и математического моделирования.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1) научно обосновать выбор объекта исследований на базе квалиметрического прогнозирования и разработать концепцию проектируемого продукта;

2) исследовать химический состав и функционально-технологические свойства (ФТС) различных видов коллагенов, научно обосновать возможность их использования в технологии сметанных продуктов;

3) исследовать процесс образования структуры в модельных образцах сметанных продуктов с коллагенами с учётом заданных характеристик параметра «консистенция»;

4) разработать рецептуры сметанных продуктов с коллагенами на базе математического моделирования и технологию производства;

5) провести комплексные исследования показателей качества и безопасности сметанных продуктов с коллагенами, определить сроки годности;

6) разработать техническую документацию на продукт и провести опытную апробацию продуктов, определить экономическую эффективность от внедрения разработки.

**Научная новизна.** Научной новизной в соответствии с пп. 5, 8, 11, 15 паспорта научных специальностей 4.3.3 Пищевые системы обладают следующие результаты:

- на базе квалиметрического прогнозирования научно обоснованы состав и заданные характеристики параметра «консистенция» сметанных продуктов, разработана концепция проектируемого продукта;

- установлены показатели химического состава отечественных и импортных образцов говяжьего, свиного, куриного и рыбного коллагенов: наибольшую м. д. белка содержали рыбные ( $93,3 \pm 0,2\%$ ) и говяжьи ( $93,6 \pm 0,1\%$ ) коллагены, наименьшую м. д. жира ( $0,7 \pm 0,1\%$ ) рыбные коллагены, наименьшее содержание влаги ( $5,05 \pm 0,05\%$ ) отмечено в говяжьих коллагенах; показатели динамической вязкости при концентрации коллагенов от 1% до 10% при одинаковой температуре и показатели растворимости увеличивались в линейке куриный → свиной → говяжий → рыбный коллагены;

- с использованием методов математического моделирования установлены параметры и режимы образования структуры в модельных сметанных продуктах. Получены уравнения регрессии, адекватно описывающие значение динамической вязкости (заданной характеристики параметра «консистенция») от массовой доли коллагена, массовой доли жира и времени образования структуры. Установлен диапазон массовой доли коллагена от 5 до 10 % в зависимости от вида, время образования структуры в интервале от 7 до 10 часов;

- получены новые данные в реологических профилях опытных образцов сметанных продуктов на базе метода Texture profile analysis (ТРА): твёрдости от 192,2 до 874,3г/мм<sup>2</sup>, упругости от 83,73 до 122,41%, когезии от 35,17 до

46,97%, устойчивости от 2,77 до 6,12%, липкости от 73,45 до 355,56 г/мм<sup>2</sup> в линейке свиной → куриный → рыбный → говяжий коллагены; установлено соответствие данных деформационных профилей и релаксационных характеристик результатам дегустационного анализа. Доказано, что образцы сметанных продуктов с коллагенами имеют выраженную склонность к вязкопластическому течению и быстрой релаксации.

- выявлено, что коллагены участвуют в формировании сетчатых структур между комплексами молочных белков, образуя выраженные связи типа перемычек, в составе которых выявляются жировые капли. Говяжий, куриный и рыбный коллагены показали наибольшую эффективность в процессе образования структуры продукта.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

- установлены рациональные дозы внесения коллагенов: для рыбного – 5%, для говяжьего – 6%, для куриного – 6%; разработаны три рецептуры сметанных продуктов с использованием метода математического моделирования и интегральной оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов; предложены режимы предварительного смешения и растворения в сливках коллагенов с бактериальным концентратом прямого действия при температуре  $32 \pm 2^\circ\text{C}$  и перемешивании в течение 10 мин; разработаны технологические режимы производства сметанных продуктов;

- установлены показатели качества и безопасности сметанных продуктов с коллагенами и определены сроки годности, которые составили 21 сутки при температуре хранения  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ ;

- новые рецептуры сметанных продуктов и технологические режимы апробированы в условиях АО «Учебно-опытный молочный завод» ВГМХА им. Н. В. Верещагина (акт о внедрении от 07.06.2023). Утверждены ТУ и ТИ (ТУ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технические условия», ТУ ТИ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технологическая инструкция»);

- расчетная прибыль от реализации апробированных технологий в условиях производства составила 32,4 тыс. р. на 1 т готовой продукции в год при рентабельности 20 %, что доказывает конкурентоспособность новых видов сметанных продуктов.

В учебном процессе внедрены результаты исследований при подготовке магистров по программе «Управление качеством пищевых продуктов», направления 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения». Разработан и представлен «Стартап в агробизнесе» по направлению «Производство фермерской продукции для индустрии гостеприимства в условиях импортозамещения» в рамках проекта «Школа фермера».

Новизна технологических решений отражена в двух патентах на изобретение (патент РФ № 2813266; патент РФ № 2814192).

**Методология и методы исследования.** При проведении исследований использованы методы обобщения, сравнительного анализа, современные методики сбора и статистической обработки исходной информации и экспертных исследований; экспериментальные данные исследований

выполнены с применением стандартных методик, оборудования и приборов, с последующей статистической обработкой результатов.

**Положения, выносимые на защиту:**

- научное обоснование заданных характеристик и концепция проектируемого продукта на базе квалиметрического прогнозирования;
- новые данные химического состава и ФТС отечественных и импортных коллагенов водного и наземного генеза и обоснование возможности использования их для производства сметанных продуктов;
- результаты исследования процесса образования структуры в модельных образцах сметанных продуктов с коллагенами с учётом заданных характеристик параметра «консистенция»;
- подбор технологических параметров внесения коллагенов и рецептурный состав новых видов сметанных продуктов, полученных на базе метода математического моделирования и интегральной оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов, результаты комплексных исследований готовых продуктов.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством наблюдений, применением современного лабораторного оборудования, стандартных и общепринятых методов исследования и статистической обработки полученных данных.

Результаты диссертационной работы обсуждены и одобрены на конференциях международного и национального уровней: V Международной научно-практической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2018), конференции *Proceedings of the 9th International Scientific Conference* (Литва, 2019), XVI Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Барнаул, 2019), VIII Международной конференции «AGRITECH–VIII – 2023: Агротехнологии, экологический инжиниринг и устойчивое развитие» (Красноярск, 2023), Международной конференции «Российско-Евразийское инновационно-технологическое сотрудничество в пищевой и фармацевтической промышленности» РосБиоТех (Москва, 2023), Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева (Москва, 2023). Имеется золотая медаль за разработку способа производства сметанного продукта с коллагеном в XVI Международном Биотехнологическом Форуме РосБиоТех (Москва, 2023).

**Публикации.** По основным материалам исследований опубликовано 17 печатных работ, из которых 3 – в центральных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 2 – в международных изданиях, входящих в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science; 12 – в сборниках международных научно-практических конференций и прочих изданиях; 2 – патента РФ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, основной части из шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Диссертационная работа изложена на 191 странице

машинописного текста, включает 51 рисунок и 29 таблиц, 243 источника литературы, из них 35 на иностранном языке.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** представлены анализ существующих подходов к формированию качества и безопасности продуктов питания, даны теоретические основы структурообразования в молочных системах и использования коллагенов в технологии молочной продукции. Обобщены и систематизированы литературные данные отечественных и зарубежных авторов, нормативной и патентной документации Российской Федерации.

**Во второй главе** приведено организационное и методическое обеспечение для проведения исследований. Схема работы представлена на рисунке 1. Объекты исследования: модельные образцы сметанных продуктов; коллагены (говяжий, свиной, куриный и рыбный) отечественных и импортных производителей, сметанные продукты, реализуемые в розничной сети г. Москвы. В качестве контроля выбрана сметана с м.д. жира 20 %.

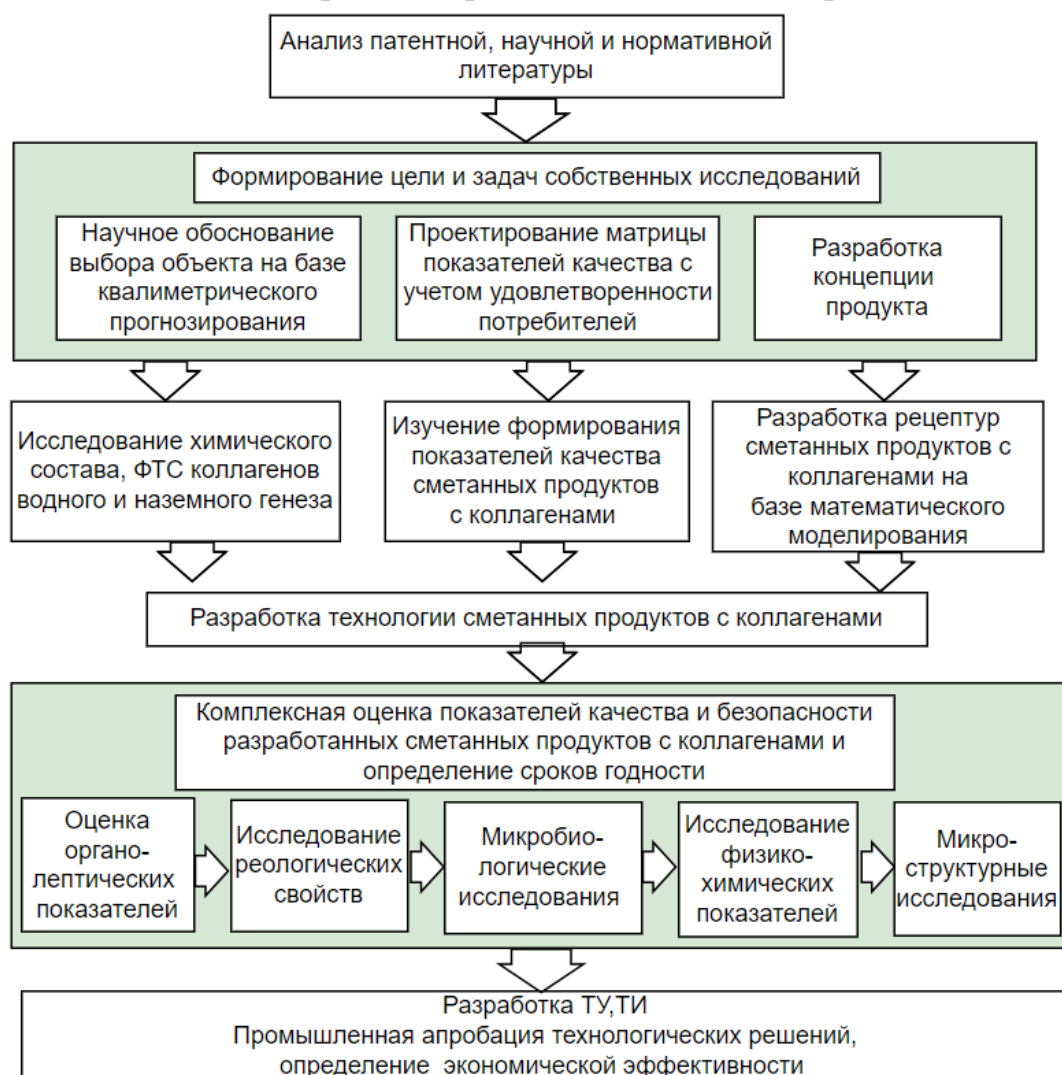


Рисунок 1 – Общая схема организации исследований

В работе использовались стандартные методики исследования физико-химических, органолептических и микробиологических показателей. Результаты, полученные в 3-5 кратной повторности, обрабатывали методами математической статистики с использованием цифровых технологий (программный пакет STATISTICA (StatSoft), программный пакет Origin (Origin Lab Corporation). Изучение микроструктуры и микрофотографирование образцов сметанных продуктов с коллагенами проводили на сканирующем электронном микроскопе ZEM15. Исследование реологических характеристик образцов выполняли с использованием вибрационных вискозиметров Vibro Viscometer SV-10, SV-100 и информационно-измерительной системы – текстуроанализатора «Структурометр СТ-2». Исследование реологических профилей образцов проводили на базе метода Texture profile analysis (ТРА).

**В третьей главе** представлено научное обоснование выбора объектов исследования на базе квалиметрического прогнозирования, включающего анализ рынка, анализ потребительских предпочтений, установление целевого потребителя и определение наиболее значимых свойств и характеристик продукта для потребителя. На основании социологического опроса, в котором участвовало 200 респондентов, выявлены целевые потребители: женщины в возрасте 25-45 лет. Потребители заметно отличаются друг от друга возрастом, уровнем дохода, образованием, вкусами.

С использованием методологии структурирования функции качества «Дом качества» разработана концепция проектируемого продукта и установлены наиболее значимые характеристики. На базе полученных данных сформирована матрица показателей качества с учётом удовлетворённости потребителей и разработана концепция проектируемого продукта, научно обоснованы состав и заданные характеристики параметра «консистенция» сметанных продуктов, установлены их целевые значения: динамическая вязкость – 2100 мПа\*с и массовая доля жира сметанного продукта 10 %.

**В четвёртой главе** изучена возможность использования коллагенов водного и наземного генеза при производстве сметанных продуктов. Исследованы восемь образцов коллагенов отечественного и импортного производства по химическому составу и ФТС (таблица 1). Установлены показатели химического состава отечественных и импортных образцов говяжьего, свиного, куриного и рыбного коллагенов: наибольшую м.д. белка содержали рыбные ( $93,3 \pm 0,2\%$ ) и говяжьи ( $93,6 \pm 0,1\%$ ) коллагены, наименьшую м. д. жира ( $0,7 \pm 0,1\%$ ) рыбные коллагены, наименьшее содержание влаги ( $5,05 \pm 0,05\%$ ) отмечено в говяжьих коллагенах; показатели динамической вязкости при концентрации коллагенов от 1% до 10% при одинаковой температуре (рисунок 2) и показатели растворимости увеличивались в линейке куриный → свиной → говяжий → рыбный коллагены. С учётом полученных данных и стоимости препаратов были выбраны наиболее перспективные образцы коллагенов различного генеза: образцы № 1,3,5,7.

На следующем этапе с применением полного факторного эксперимента (ПФЭ) исследовано влияние м.д. коллагена от 1 до 12 %, времени образования структуры от 4 до 12 часов и м.д. жира в сливках на динамическую вязкость модельных сметанных продуктов. В качестве целевой функции, подлежащей



Таблица 1 – Химический состав и ФТС образцов коллагенов различного происхождения

№	Наименование образца	Функционально-технологические свойства		Массовая доля, %		
		растворимость, %	pH	белок	жир	влага
1	Говяжий коллаген (Россия)	124,8±0,1	6,10±0,02	93,6 ±0,1	1,5±0,1	5,05 ±0,05
2	Говяжий коллаген (Германия)	124,4±0,2	6,20±0,03	91,8 ±0,2	2,1±0,1	6,41 ±0,05
3	Свиной коллаген (Россия)	120,1±0,3	6,20±0,01	92,9 ±0,1	1,3 ±0,1	5,65 ±0,05
4	Свиной коллаген (Германия)	121,3±0,2	6,30±0,02	92,3 ±0,2	1,8 ±0,1	5,83 ±0,05
5	Куриный коллаген (Россия)	120,1±0,1	6,30±0,02	93,2 ±0,3	0,9 ±0,1	5,50±0,05
6	Куриный коллаген (Россия)	118,0±0,2	6,20±0,03	92,1 ±0,1	1,6 ±0,1	5,65 ±0,05
7	Рыбный коллаген (Россия)	131,2±0,3	5,70±0,01	93,3 ±0,2	0,7 ±0,1	5,24 ±0,05
8	Рыбный коллаген (Китай)	132,0±0,1	5,50±0,02	91,4 ±0,2	1,2 ±0,1	6,62 ±0,05

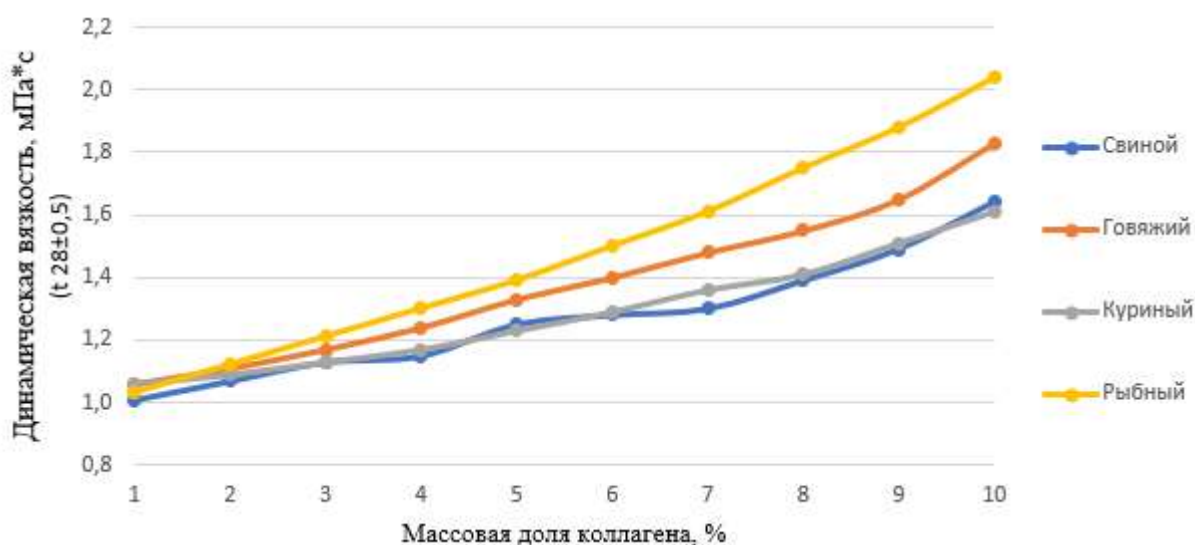


Рисунок 2 – Изучение влияния вида и массовой доли коллагена на динамическую вязкость раствора

оптимизации, выбрана динамическая вязкость как базовый показатель сметанных продуктов. В результате статистического анализа были получены уравнения регрессии  $Y$  с управляемыми факторами для модельных сметанных продуктов с:

— говяжьим коллагеном:

$$Y = 658,5 + 68,8 \cdot k + 181,3 \cdot x - 4,2 \cdot x \cdot f + 7,6 \cdot x \cdot k - 8,1 \cdot k \cdot f,$$

— свиным коллагеном:

$$Y = 207,7 + 51,4 \cdot k + 281,5 \cdot x + 0,7 \cdot x \cdot f + 1,8 \cdot x \cdot k - 14,2 \cdot k \cdot f,$$

— куриным коллагеном:

$$Y = 186,8 + 75,6 \cdot k + 256,5 \cdot x + 1,1 \cdot x \cdot f - 0,9 \cdot x \cdot k - 10,9 \cdot k \cdot f,$$

— рыбным коллагеном:

$$Y = 245,7 + 83,4 \cdot k + 299,3 \cdot x - 4,2 \cdot x \cdot f + 5,5 \cdot x \cdot k - 16,1 \cdot k \cdot f,$$

где:  $k$  – массовая доля жира сливок в модельном образце, %;

$f$  – время формирования структуры до целевого значения вязкости, ч;

$x$  – массовая доля коллагена в модельном образце, %.

На основе полученных данных построены поверхности отклика влияния массовых долей вносимых коллагенов и времени образования структуры модельных образцов на динамическую вязкость (рисунки 3а – 3г).

Выполнена проверка адекватности уравнений регрессии по критерию Фишера (таблица 2).

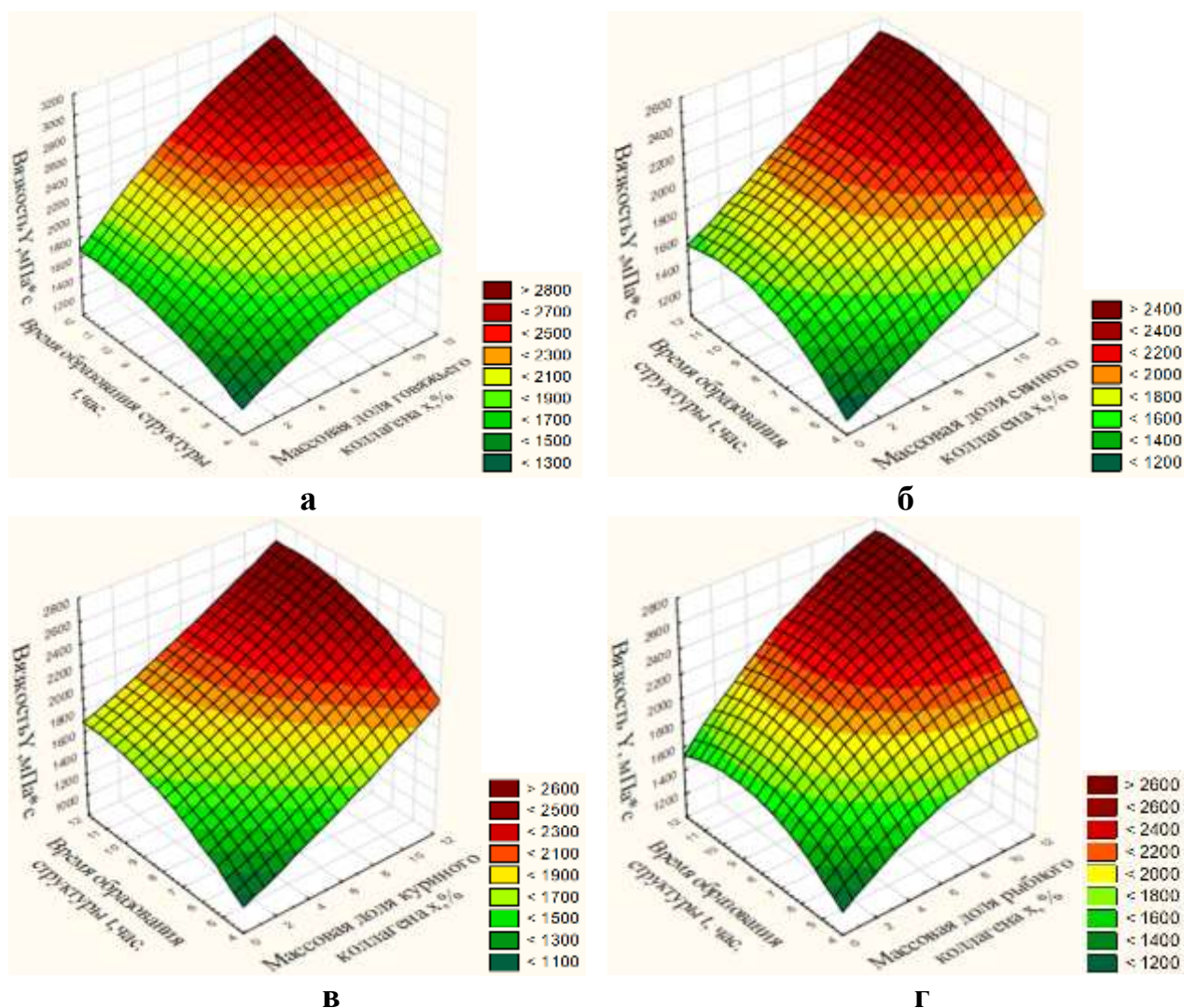


Рисунок 3 – Поверхность отклика влияния массовой доли коллагена и времени образования структуры на целевое значение вязкости: а – говяжий коллаген, б – свиной коллаген, в – куриный коллаген, г – рыбный коллаген

Таблица 2 – Проверка адекватности полученных уравнений регрессии

Уравнение регрессии	Дисперсия адекватности	Число степеней свободы дисперсии адекватности	Дисперсия воспроизводимости	Число степеней свободы дисперсии воспроизводимости	Расчетное значение критерия Фишера	Табличное значение критерия Фишера	Заключение (адекватно/неадекватно)
$Y=658,5+68,8k+181,3x-4,2xf+7,6xk-8,1kf$	6,8	34	5,2	80	1,31	1,54	адекватно
$Y=207,7+51,4k+281,5x+0,7xf+1,8xk-14,2kf$	8,5	34	9,5	80	1,35	1,54	адекватно
$Y=186,8+75,6\cdot k+256,5x+1,1xf-0,9xk-10,9kf$	10,6	34	9,5	80	1,12	1,54	адекватно
$Y=245,7+83,4k+299,3x-4,2xf+5,5xk-16,1kf$	6,8	34	6,6	80	1,03	1,54	адекватно

В результате исследований установлено, что достижение заданной характеристики модельных образцов с динамической вязкостью, равной 2100 мПа\*с, достигается внесением коллагенов различного вида в количестве от 5 до 10 % и времени образования структуры в пределах 7-10 ч. Данный диапазон значений определен для использования при выработке опытных образцов.

В лабораторных условиях были выработаны 8 опытных и 1 контрольный образец (таблица 3). В качестве контрольного использовался образец сметаны с массовой долей жира 20%, показатели качества которой являются эталонными для проектируемого продукта.

Образцы были представлены для дегустационной оценки по четырем показателям: вкус и запах, внешний вид, консистенция, цвет. В состав дегустационной комиссии входили 5 экспертов.

Таблица 3 – Схема опытных образцов сметанных продуктов с коллагенами различного генеза

№ опытного образца	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9 Контроль
Состав образца	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген говяжий м.д. 5 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген говяжий м.д. 10 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген свиной м.д. 5%	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген свиной м.д. 10 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген куриный м.д. 5 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген куриный м.д. 10 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген рыбный м.д. 5 %	сливки м.д.ж. 10 %, БК, коллаген рыбный м.д. 10 %	сливки м.д.ж. 20 %, БК

Статистическая обработка полученных в ходе дегустации результатов показала, что лучшими органолептическими показателями в сравнении с контрольным характеризовались образцы с добавлением говяжьего и рыбного коллагена в концентрации 5% (таблица 4). Важно отметить, что отличия «в положительную сторону» с точки зрения дегустационной комиссии имеют образцы с добавлением говяжьего и рыбного коллагена в концентрации 5%.

Таблица 4 – Результаты вычисления рангов Краскела-Уоллиса

№ опытного образца	Критерий Краскела-Уоллиса		
	Шифр	Объём выборки	Ранговая сумма
Контроль	109	5	82,5
Образец 1	110	5	145,5
Образец 2	111	5	88,0
Образец 3	112	5	114,5
Образец 4	113	5	49,0
Образец 5	114	5	129,0
Образец 6	115	5	117,0
Образец 7	116	5	183,0
Образец 8	117	5	126,5

Анализ данных дегустационной оценки с помощью матрицы гамма-корреляции и применением шкалы Чеддока позволил определить степень влияния каждого показателя органолептической оценки на результирующий балл: консистенция – высокая корреляция (0,89); вкус и запах – заметная

корреляция (0,73); внешний вид – умеренная корреляция (0,63); цвет – очень слабая корреляция (0,26) (таблица 5).

Таблица 5 – Матрица гамма-корреляции  
(статистически значимые корреляции отмечены красным)

Показатель	Данные дегустационной комиссии				
	Вкус и запах	Внешний вид	Консистенция	Цвет	Балл
Вкус и запах	1,00	0,06	0,34	-0,27	0,73
Внешний вид	0,06	1,00	0,35	-0,21	0,63
Консистенция	0,34	0,35	1,00	-0,19	0,89
Цвет	-0,27	-0,21	-0,19	1,00	0,26
Балл	0,73	0,63	0,89	0,26	1,00

Полученные данные свидетельствуют о том, что консистенция является наиболее важным, целевым фактором, определяющим органолептическую оценку сметанного продукта. Для подтверждения данного вывода нами были проведены дальнейшие исследования реологических характеристик опытных образцов на анализаторе «Структурометр СТ-2».

В результате проведенных при одинаковых условиях измерений деформационного профиля и релаксационных характеристик продукта получены характеристические кривые процесса нагружения, релаксации и снятия нагрузки (рисунок 4). Характеристические кривые образцов № 1, 3, 5-8 соответствовали деформационному профилю контрольного образца. В качестве примера на рисунке 4а приведены кривые для образца с говяжьим коллагеном 5%. Образцы № 2,4 проявили нетипичное поведение, формируя бимодальный пик при нагружении (пример на рис. 4б).

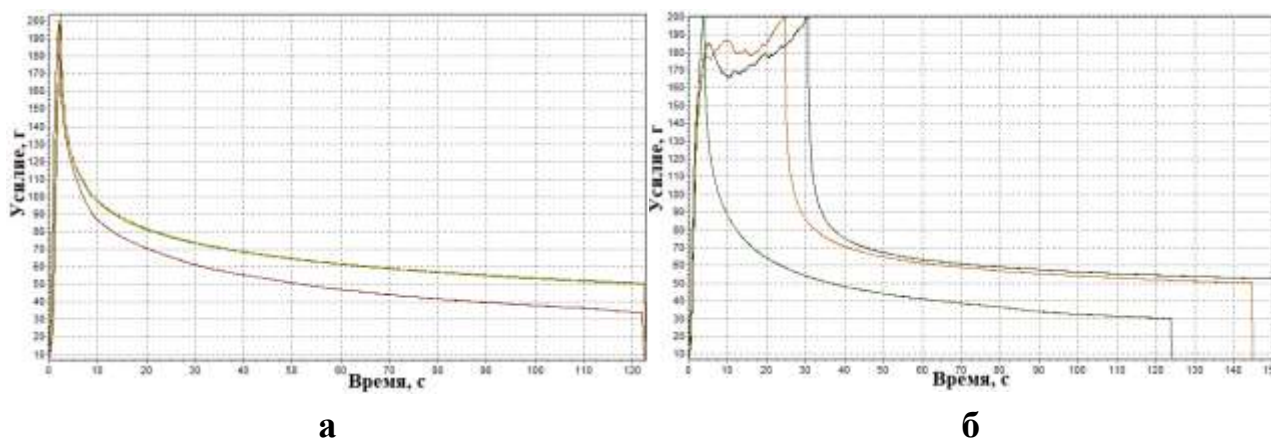


Рисунок 4 – Характеристическая кривая процесса нагрузки, релаксации и снятия нагрузки с образцов с коллагеном: а – говяжий коллаген 5%, б – говяжий коллаген 10%

Было установлено нетипичное поведение для образцов с содержанием 10 % свиного и говяжьего коллагенов, что полностью соответствует результатам статистической обработки, представленных на рисунке 5.

Для оценки качества сложных дисперсных систем пищевых продуктов применялся метод анализа профиля структуры ТРА для определения таких показателей, как твёрдость, упругость, когезия, устойчивость, липкость.

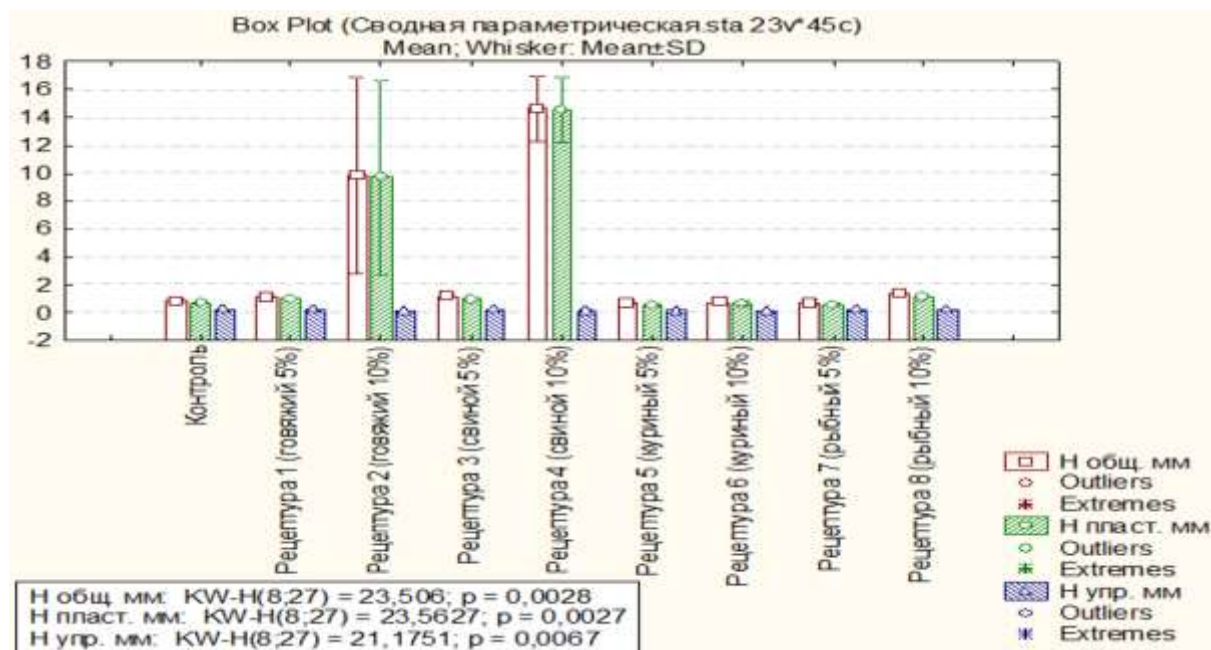


Рисунок 5 – Результаты оценки деформационного профиля  
(Н<sub>общ</sub> – общая деформация, Н<sub>пласт</sub> – пластическая деформация, Н<sub>упр</sub> – упругая деформация)

В результате проведения статистической обработки данных анализа ТРА определены корреляционные зависимости органолептических и структурно-механических показателей. Установлено, что органолептические показатели, влияющие на результирующий балл, присваиваемый дегустационной комиссией продукту, зависят от следующих реологических параметров:

- консистенция – общая деформация (-0,33), пластическая деформация (-0,34);
- вкус и запах – общая деформация (-0,39), пластическая деформация (-0,39), когезия (-0,36);
- внешний вид – глубина релаксации (-0,60), когезия (-0,45), общее нормальное механическое напряжение ( $y_0$ ) (0,55).

Для обеспечения заданных реологических характеристик готовых сметанных продуктов с коллагенами дана их классификация по структурно-механическому типу с использованием диаграммы (рисунок 6). Её построение основывается на том, что описание процесса релаксации механических напряжений в готовых сметанных продуктах осуществляется с использованием двух экспонент и одного свободного члена. Анализ релаксационных кривых основан на обобщённой модели Максвелла.

Выделяют несколько констант релаксации пищевых сред:  $K_1$  – доля быстрой релаксации напряжений;  $K_2$  – доля длительной релаксации напряжений;  $K_3$  – доля остаточной релаксации.

Анализ диаграммы показал, что опытные образцы сметанных продуктов № 1,6,8 соответствовали показателям контрольного образца и имели выраженную склонность к высоким пластическим свойствам и быстрой релаксации ( $K_1$ ).

По полученным данным ТРА (рисунок 7), большинство образцов при одинаковых условиях испытаний проявили склонность к вязкопластическому течению.

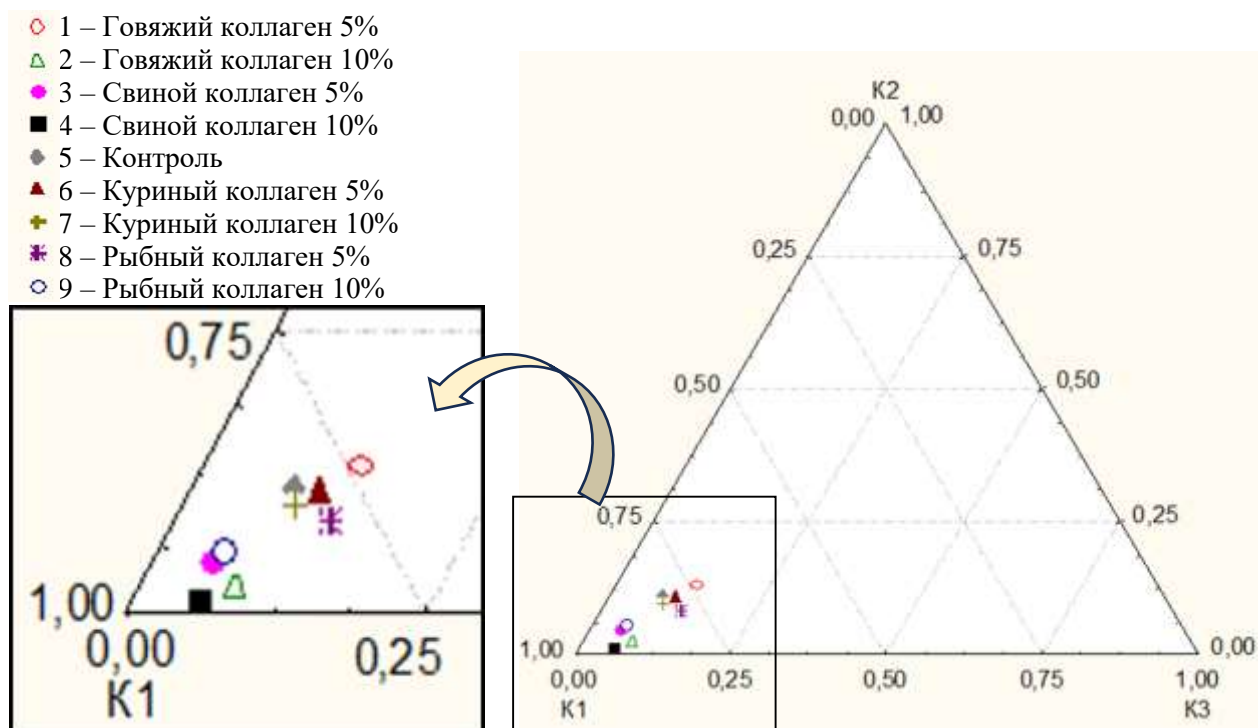


Рисунок 6 – Диаграмма структурно-механического типа сметанных продуктов с коллагенами различного происхождения

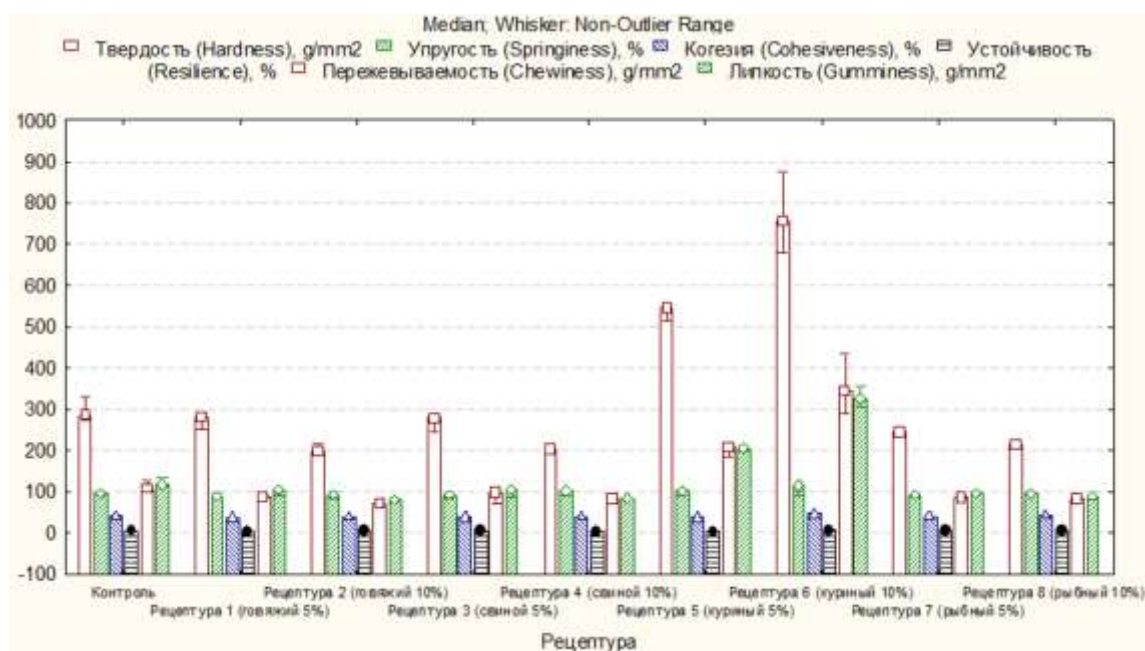


Рисунок 7 – Структурно-механические показатели, полученные с помощью методики ТРА

При сравнительной оценке полученных показателей опытных и контрольного образцов наиболее близкими к заданным значениям обладали образцы с 5% содержанием говяжьего, свиного и рыбного коллагенов (образцы №1,3,7). Образец с 5% содержанием куриного коллагена, несмотря на достаточно высокое значение показателя твердости, имел близкие к контрольному образцу значение показателей когезии, устойчивости и липкости. В соответствии с данными органолептической оценки и результатами измерений деформационного профиля и релаксационных характеристик

установлено, что лучшими образцами опытной продукции являются сметанные продукты с добавлением рыбного, куриного и говяжьего коллагена в концентрации 5%. Образец с внесением свиного коллагена был исключен как несоответствующий по показателю вкуса и запаха.

**Пятая глава.** При моделировании рецептур сметанных продуктов учитывали установленный комплекс требований к показателям качества для определения параметров аминокислотной сбалансированности суммарного белка:  $C_{min}$ , показатель утилитарности КУАС U, показатель сопоставимой избыточности содержания незаменимых аминокислот КСИ  $\delta$ . На рисунке 8 приведён пример расчёта показателей аминокислотной сбалансированности для моделирования рецептуры сметанного продукта с говяжьим коллагеном.

Таблица 4. Параметры оценки аминокислотной сбалансированности суммарного белка						
незаменимые аминокислоты мг/100г	Композиция, А <sub>ж</sub>	Эталон, А <sub>эж</sub>	Скор незам. ами-ты, С <sub>ж</sub>	КУНА а <sub>ж</sub>	C <sub>min</sub> *А <sub>эж</sub>	
валин	0,02149334	0,017	1,26431437	0,80233932	0,01724496	
изолейцин	0,01694371	0,014	1,21026523	0,83817092	0,01420173	
лейцин	0,02838787	0,027	1,05140237	0,96481515	0,02738903	
лизин	0,02333141	0,023	1,01440913	1,00000000	0,02333141	
метионин	0,00780636	0,007	1,11519410	0,90962563	0,00710086	
треонин	0,01496127	0,012	1,24677247	0,81362811	0,01217291	
триптофан	0,00409432	0,004	1,02358099	0,99103944	0,00405764	
фенилаланин	0,01581237	0,013	1,21633604	0,83398757	0,01318732	
			1,01440913			
			0,893512612			
			0,01394387			

Рисунок 8 – Интегральная оценка сбалансированности многокомпонентных продуктов на примере сметанного продукта с говяжьим коллагеном

Полученные данные свидетельствуют, что показатели сметанного продукта с коллагеном, сравниваемые с эталоном аминокислотного состава, соответствуют критериям алиментарной адекватности, что обусловлено высокой степенью сбалансированности аминокислотного сора, оптимальным значением коэффициента утилитарности и минимальным – коэффициента избыточности.

На основании результатов математического моделирования и интегральной оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов разработаны рецептуры сметанных продуктов с коллагенами различной природы и произведён расчёт индексов сбалансированности и функции Харрингтона (таблицы 6,7).

Таблица 6 – Соотношение рецептурных ингредиентов

Наименование ингредиента	Вид и массовая доля коллагенов различного происхождения		
	куриный	говяжий	рыбный
Коллаген, кг	60	60	50
Бакконцентрат прямого внесения, (1 ЕА на 100-300 л сливок)	3 ЕА	3 ЕА	3 ЕА
Сливки, кг	940	940	950
Итого, кг	1000	1000	1000

Таблица 7 – Расчёт индексов сбалансированности и функции Харрингтона

Индексы сбалансированности	Формула	Значение
Индекс жирнокислотного состава, $U_p$ жира		0,911
Индекс аминокислотного состава, $U_p$ белка	$\sqrt[3]{\frac{\text{м. д. жира в прод.}}{\text{м. д. жира в этал.}} \times \frac{\text{м. д. углеводов в прод.}}{\text{м. д. углеводов в этал.}} \times \frac{\text{м. д. белка в прод.}}{\text{м. д. белка в этал.}}}$	0,486
Индекс углеводного состава, $U_{\text{углеводов}}$		1,170
Функция Харрингтона, D		0,80
Сбалансированность: высокая >0,75; средняя 0,5–0,75, низкая <0,5	Значение $D > 0,75$ , что свидетельствует о высокой степени сбалансированности спроектированной рецептуры	

На основании полученных данных математического моделирования была разработана рецептура, технологическая схема производства сметанных продуктов, предполагающая внесение коллагенов и бактериального концентрата прямого действия в подготовленные сливки, растворение и активацию при температуре  $32 \pm 2^\circ\text{C}$  с перемешиванием в течение 10 минут и далее внесение в резервуар для заквашивания, перемешивание в течение 10 минут с последующим фасованием в потребительскую тару с дальнейшим формированием структуры при установленной температуре  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ . Далее продукт охлаждают до температуры  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  и передают на склад готовой продукции. Процесс созревания исключается (рисунок 9).

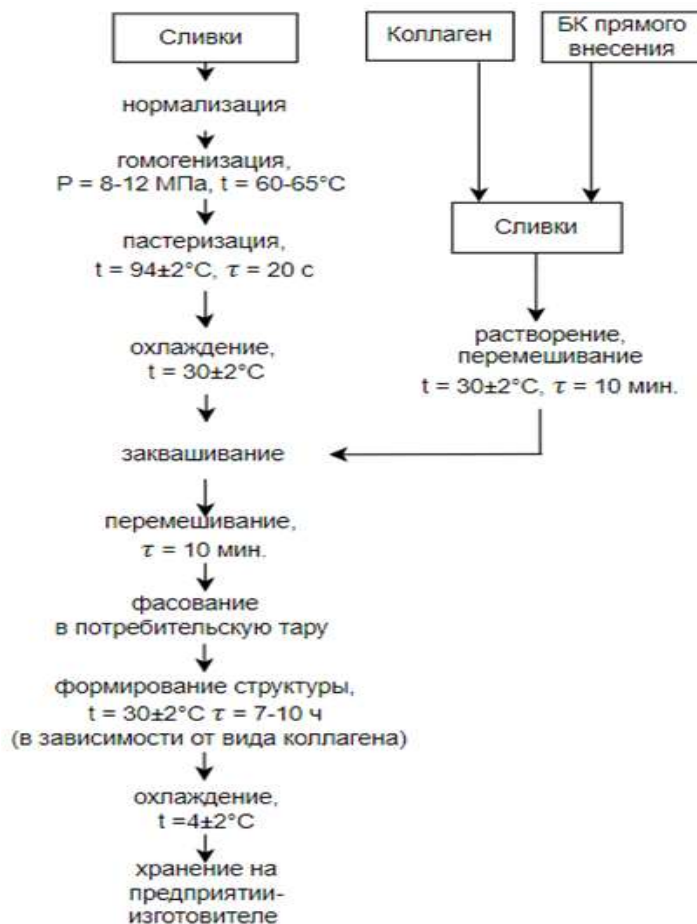


Рисунок 9 – Технологическая схема процесса производства сметанного продукта с коллагеном



**Шестая глава** посвящена комплексной оценке качества и безопасности новых видов продуктов. Установлены показатели качества сметанных продуктов с коллагенами (таблица 8). Показатели безопасности сметанных продуктов регламентируются требованиями ТР ТС 033/2013. В соответствии с МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» определены сроки годности, которые составили 21 сутки при температуре хранения  $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 8 – Показатели качества сметанных продуктов с коллагенами различного происхождения\* и сметаны м.д.ж. 20 % (контроль)

Наименование показателя	Сметанный продукт	Сметана м.д. жира 20%
Массовая доля жира, %, не менее	10	20
Массовая доля белка, %, не менее	6,8 (включая м.д. молочного белка 2,6)	2,5
Массовая доля СОМО, %, не менее	3,6	3,6
Температура продукта при выпуске с предприятия, $^{\circ}\text{C}$	$4\pm 2$	$4\pm 2$
Энергетическая ценность, кДж/ккал	648/155	840/204
Кислотность, $^{\circ}\text{T}$ , не более	100	100
Количество молочнокислых бактерий, КОЕ/см <sup>3</sup> , не менее	не нормируется (ТР ТС 033/2013)	$1\cdot 10^7$
Внешний вид и консистенция	Однородная, кремообразная, густая масса	
Вкус и запах	Чистые, характерные для сметанного продукта, обусловленные видом применяемых заквасочных культур	
Цвет	Молочно-белый или светло-кремовый, равномерный по всей массе	

\*Вид коллагена указывается на этикетке

Микроструктурный анализ сметанных продуктов с коллагенами с широким диапазоном увеличения позволил сделать вывод, что использование коллагенов различного происхождения ведёт к существенным изменениям в структуре сметанных продуктов. Наиболее значительная часть коллагеновых частиц существенно гидратируется. Границы отдельных частиц «размыты», большая часть коллагена формирует сетчатые структуры, образующие между комплексами молочных белков выраженные связи типа перемычек. В составе этих сетчатых структур местами могут выявляться и жировые капли. В результате получаемая структура несколько напоминает жировую ткань после технологического воздействия. При применении говяжьего, куриного и рыбного коллагена в полученной микроструктуре наблюдается меньшее число микропустот и трещин, что свидетельствует о существенном повышении вязкости вещества (рисунок 10). Говяжий, куриный и рыбный коллагены могут быть рекомендованы для использования в технологии производства сметанных продуктов в качестве структурообразователей.

Расчет экономической эффективности подтверждает, что эффект от внедрения разработанной технологии составляет 32,4 тыс. рублей на 1 тонну произведенного продукта при рентабельности 20 %, что доказывает конкурентоспособность новых видов сметанных продуктов.

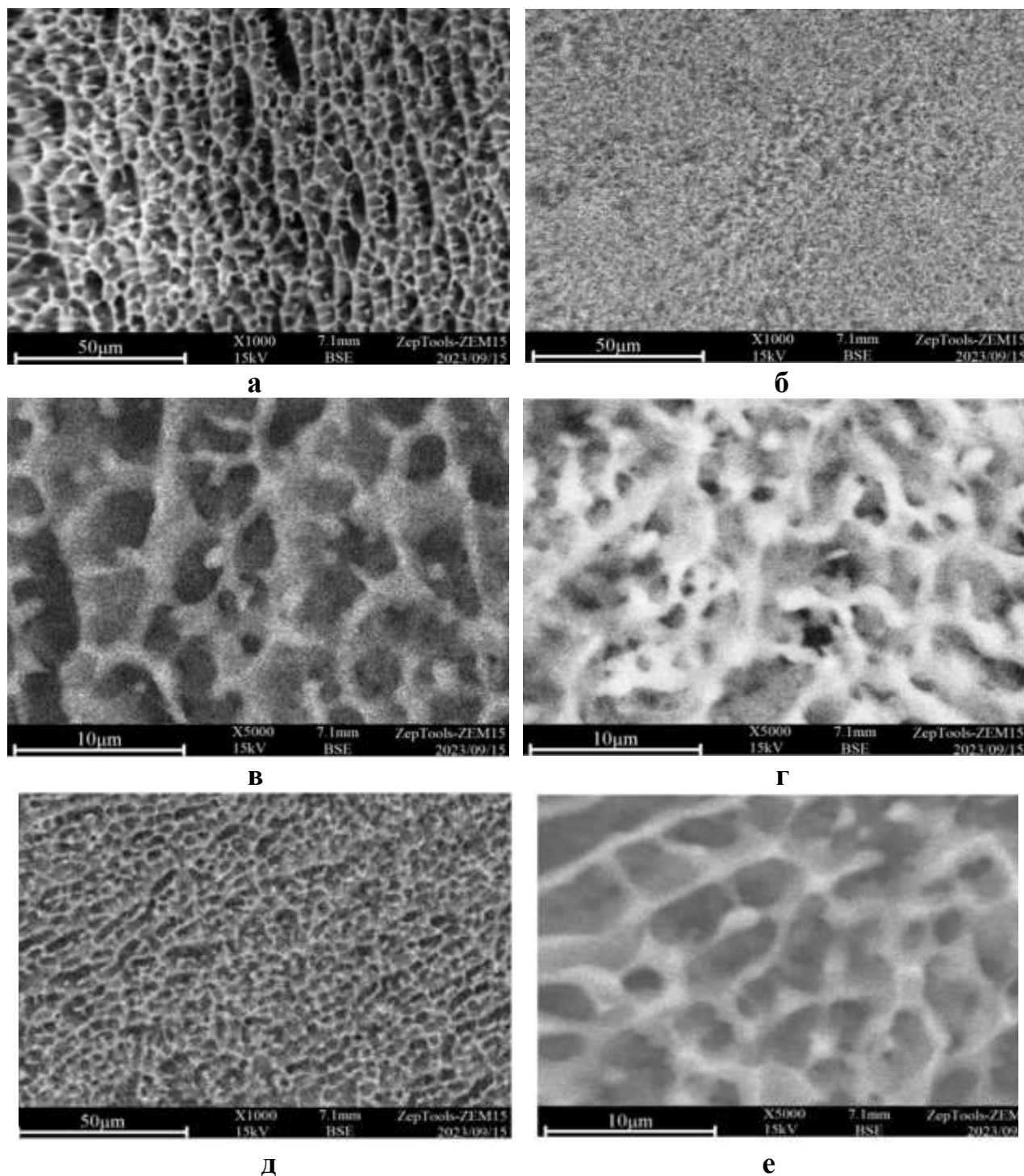


Рисунок 10 – Микроструктура сметанных продуктов с массовой долей коллагена 5% при кратности увеличения 1 000, 5 000 раз:  
а, в – рыбный; б,г – говяжий; д,е – куриный

Разработаны нормативные документы на сметанные продукты с коллагенами ТУ и ТИ (ТУ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технические условия», ТУ ТИ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технологическая инструкция»). Технология и рецептуры разработанных сметанных продуктов прошли апробацию и внедрены на АО «Учебно-опытный молочный завод» ВГМХА им. Н.В. Верещагина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На базе квалитетического прогнозирования научно обоснованы состав и заданные характеристики параметра «консистенция» сметанных продуктов, разработана концепция проектируемого продукта.

2. Установлены показатели химического состава отечественных и импортных образцов говяжьего, свиного, куриного и рыбного коллагенов: наибольшую м. д. белка содержали рыбные ( $93,3 \pm 0,2\%$ ) и говяжьи ( $93,6 \pm 0,1\%$ ) коллагены, наименьшую м. д. жира ( $0,7 \pm 0,1\%$ ) рыбные коллагены, наименьшее содержание влаги ( $5,05 \pm 0,05\%$ ) отмечено в говяжьих коллагенах; показатели динамической вязкости при концентрации коллагенов от 1% до 10% при одинаковой температуре и показатели растворимости увеличивались в линейке куриный → свиной → говяжий → рыбный коллагены; экспериментально подтверждена вкусовая совместимость и возможность использования коллагенов для производства сметанных продуктов.

3. С использованием методов математического моделирования и оптимизации установлены параметры и режимы образования структуры в модельных сметанных продуктах. Получены уравнения регрессии, адекватно описывающие значение динамической вязкости – заданной характеристики параметра «консистенция» от массовой доли коллагена, массовой доли жира и времени образования структуры. Установлен диапазон массовой доли коллагена от 5 до 10 % в зависимости от вида.

Получены новые данные в реологических профилях опытных образцов сметанных продуктов на базе метода Texture profile analysis (ТРА): твердости от 192,2 до 874,3 г/мм<sup>2</sup>, упругости от 83,73 до 122,41%, когезии от 35,17 до 46,97%, устойчивости от 2,77 до 6,12%, липкости от 73,45 до 355,56 г/мм<sup>2</sup> в линейке свиной → куриный → рыбный → говяжий коллагены; установлено соответствие данных деформационных профилей и релаксационных характеристик результатам дегустационного анализа. Доказано, что образцы сметанных продуктов с коллагенами имеют выраженную склонность к вязкопластическому течению и быстрой релаксации.

Выявлено, что коллагены участвуют в формировании сетчатых структур между комплексами молочных белков, образуя выраженные связи типа перемычек, в составе которых выявляются жировые капли. Говежий и рыбный коллагены показали наибольшую эффективность в процессе образования структуры продукта.

4. Разработаны четыре рецептуры сметанных продуктов с использованием метода математического моделирования и интегральной оценки сбалансированности многокомпонентных продуктов; установлены рациональные дозы внесения коллагенов: для рыбного – 5%, говяжьего – 6%, для куриного – 6 %; предложены режимы предварительной смешения и растворения в сливках коллагенов с бактериальным концентратом прямого действия при температуре  $30 \pm 2^\circ\text{C}$  и перемешивании в течение 10 мин, разработаны технологические режимы производства сметанных продуктов.

5. Установлены показатели качества и безопасности сметанных продуктов с коллагенами и определены сроки годности, которые составили 21 сутки при температуре хранения  $4 \pm 2^\circ\text{C}$ .

6. Новые рецептуры сметанных продуктов и технологические режимы апробированы в условиях АО «Учебно-опытный молочный завод» ВГМХА им. Н. В. Верещагина (акт о внедрении от 07.06.2023). Утверждены ТУ и ТИ (ТУ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технические условия», ТУ ТИ 10.51.56-382-00492931-2023 «Сметанный продукт. Технологическая инструкция»); расчетная прибыль от реализации апробированных технологий в условиях производства составила 32,4 тыс. р. на 1 т готовой продукции в год при рентабельности 20 %, что доказывает конкурентоспособность новых видов сметанных продуктов.

Таким образом, полученные в работе данные позволяют расширить ассортиментный ряд сметанных продуктов с пониженным содержанием жира, натуральным составом и консистенцией классической сметаны, тем самым удовлетворяя потребительские пожелания.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *Статьи в журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science:*

1. Quality designing and food safety provisioning based on qualimetric forecasting / N. I. Dunchenko, V. S. Yankovskaya, E. S. Voloshina, **M. A. Ginzburg**, A. S. Kupriy // Food Science and Technology (Brazil), 2022,42, e112021.

2. Qualimetric forecasting and analysis of consumer requirements in agricultural markets / V. S. Yankovskaya, N. I. Dunchenko, E. S. Voloshina, S. V. Kuptsova, **M. A. Ginzburg** // Unlocking Digital Transformation of Agricultural Enterprises. Technology Advances, Digital Ecosystems, and Innovative Firm Governance. Сер. "Innovation, Technology, and Knowledge Management" Cham, 2023. Pp. 121–130.

### *Статьи в журналах, рекомендованных ВАК:*

3. Куличкова (Гинзбург), М. А. Сметанные продукты с пролонгированным сроком годности / М. А. Куличкова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 12. – С. 60-61 (К1).

4. Гинзбург, М. А. Влияние вида коллагена на структурно-механические свойства сметанных продуктов / М. А. Гинзбург, Н. И. Дунченко // Молочная промышленность. – 2023. – № 4. – С. 25-27 (К1).

5. Гинзбург, М. А. Органолептическая оценка сметанных продуктов с коллагеном методом Texture profile analyse / М. А. Гинзбург, Н. И. Дунченко // Молочная промышленность. – 2023. – № 4. – С. 38-40 (К1).

### *Статьи в журналах и сборниках материалов конференций:*

6. Гинзбург, М. А. Оценка потребительских свойств и конкурентоспособности ассортимента сметаны / М. А. Гинзбург // Молочная река. – 2016. – № 2 (62). – С. 20-23.

7. Гинзбург, М. А. Повышение конкурентоспособности сметанных продуктов на основе развёртывания функции качества // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В. П. Горячкина. – Город: Издательство, 2018. – С. 162-165.

8. Yankovskaya, V. Food quality management based on qualimetric methods / V. Yankovskaya, N. Dunchenko, D. Artykova, **M. Ginzburg**, K. Mikhailova, E. Voloshina // Proceedings of the 9th International Scientific Conference Rural Development 2019, edited by prof. AstaRaupeliene. – 2019. – P. 93-97.

9. **Гинзбург, М. А.** Изучение факторов, приводящих к риску возникновения пороков сметанных продуктов / М. А. Гинзбург // Молочная река. – 2019. – № 2 (74). – С. 26-28.

10. **Гинзбург, М. А.** Поиск путей повышения конкурентоспособности молочной продукции / М. А. Гинзбург, Я. П. Шулаев // Пища. Экология. Качество: материалы XVI Международной научно-практической конференции. В двух томах. – Барнаул: Изд-во Алтайский государственный университет, 2019. – С. 190-192.

11. **Гинзбург, М. А.** Ранжирование важности показателей потребительских предпочтений при выборе сметаны / М. А. Гинзбург, А. Д. Савченко, А. В. Собковский // Международная научная конференция, посвященная 125-летию со дня рождения В. С. Немчинова: сборник статей. – Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 97-99.

12. **Гинзбург, М. А.** Оценка потребительских предпочтений к качеству сметаны / М. А. Гинзбург // Международная научная конференция, посвящённая 125-летию со дня рождения В. С. Немчинова: сборник статей. – Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2020. – С. 94-97.

13. Андреева, Н. А. Анализ российского рынка сметаны / Н. А. Андреева, **М. А. Гинзбург** // Передовые технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник статей Всероссийской студенческой научно-практической конференции. – Москва: ООО «Мегаполис», 2022. – С. 40-43.

14. Михайлова, К. В. Исследование причин рекламаций и возвратов молочной продукции / К. В. Михайлова, **М. А. Гинзбург** // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 135-летию со дня рождения А. Н. Костякова: сборник статей. – Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – С. 220-224.

15. **Гинзбург М. А.** Совершенствование показателей качества сметанных продуктов / М. А. Гинзбург, Н. И. Дунченко // Международная научная конференция молодых учёных и специалистов, посвящённая 180-летию со дня рождения К. А. Тимирязева: сборник статей. Том 2. – Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2023. – С. 383-388.

#### **Патенты РФ**

16. Сметанный продукт : пат. 2813266 Рос. Федерации : А23С 13/16 / Н.И. Дунченко, **М.А. Гинзбург** ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» ; заявл. 19.05.23 ; опубл. 08.02.24. Бюл. № 4. – 6 с.

17. Сметанный продукт : пат. 2814192 Рос. Федерации : А23С 13/14 / Н.И. Дунченко, **М.А. Гинзбург**, Янковская В.С. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» ; заявл. 18.07.23 ; опубл. 26.02.24. Бюл. № 6 . – 7 с.

**Список сокращений:**

ГОСТ — государственный стандарт  
БК — бактериальный концентрат прямого внесения  
ЕА — единица активности  
КОЕ — колониеобразующая единица  
м. д. — массовая доля  
МУК — методические указания  
ПФЭ — полный факторный эксперимент  
ТР ТС — технический регламент Таможенного союза  
ТУ — технические условия  
ТИ — технологическая инструкция  
ФТС — функционально-технологические свойства  
ТРА — Texture profile analysis, пер. с англ.: анализ профиля структуры