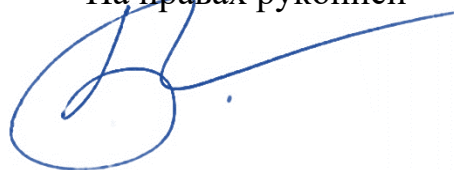


На правах рукописи



Брашко Иван Сергеевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕЙ ПИЩЕВОЙ ДОБАВКИ
И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ**

4.3.3. Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2025

Работа выполнена на кафедре биотехнологии и инжиниринга
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Донскова Людмила Александровна (Россия),
доцент кафедры управления качеством
и экспертизы товаров и услуг
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Борисенко Александр Алексеевич (Россия),
профессор кафедры пищевых технологий
и инжиниринга ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»

кандидат технических наук
Зарубин Никита Юрьевич (Россия),
ведущий научный сотрудник отдела
инновационных технологий
Департамента технического регулирования
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВО «АГТУ»)

Защита диссертации состоится 29 ноября 2025 г. в 09:00 на заседании
диссертационного совета 24.2.425.03, созданного на базе ФГБОУ ВО «Уральский
государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью, просим направлять
по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ГСП-985, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», ученому
секретарю диссертационного совета 24.2.425.03.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО
«Уральский государственный экономический университет». Автореферат
размещен на официальном сайте ВАК Минобрнауки России:
<https://vak.minobrnauki.gov.ru> и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет»: <http://science.usue.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент



Л. А. Донскова

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования. Разработка и производство пищевых продуктов с использованием методов современной биотехнологии и пищевых ингредиентов, включая пищевые ферменты, рациональное использование низкосортного сырья и ресурсосбережение являются векторами, входящими в перечень приоритетных направлений фундаментальных и поисковых научных исследований на 2021–2030 гг., утвержденных распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 г. № 3684-р «Об утверждении Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 гг.)».

Решение проблемы обеспечения населения полноценными мясными продуктами неразрывно связано с рациональным и экономным расходованием ресурсов. При переработке крупного рогатого скота, птицы и рыбы создаются значительные объемы побочного сырья, неиспользуемого в силу низких потребительских свойств, однако обладающего высоким количеством белка. Количество побочных сырьевых ресурсов при переработке крупного рогатого скота достигает 42,7 %, свиней – 36,5 % от живого веса, в тушах животных и птицы на соединительные ткани приходится 16 %, что составляет значительный сырьевой ресурс. На рыбоперерабатывающих предприятиях отходы (головы, чешуя, кожа, плавники, позвоночные хребты, внутренности) составляют 50–70 % массы исходного сырья. В целом по России уровень промышленной переработки вторичных ресурсов пищевой промышленности не превышает 20 % от образуемой массы, что снижает экономическую эффективность технологических процессов и приводит к экологическим проблемам. Утилизация побочного сырья вместо его комплексной переработки – это не только потери ценного пищевого и кормового белка и макро-, микроэлементов, но и огромные денежные убытки, приводящие к повышению себестоимости вырабатываемых продуктов.

Вовлечение в производство мясных продуктов побочного сырья в виде соединительной ткани как ценного источника животного белка – коллагена, являющегося строительным материалом, трансформация животных белков прочных структур за счет перевода их в усвояемую форму с помощью различных технологий способствуют созданию продуктов на их основе, отвечающих современным представлениям о питании и белковой составляющей.

Вместе с тем традиционные методы обработки соединительнотканного коллагенсодержащего сырья считаются неэффективными и нецелесообразными. В связи с этим требуется разработка рациональной и ресурсосберегающей технологии использования вторичных ресурсов, в том числе коллагенсодержащего сырья.

Биотрансформация вторичного коллагенсодержащего сырья ферментативным способом и его использование в производстве мясных продуктов представляет собой эффективный подход к решению данной проблемы.

Ферментная обработка коллагенсодержащего сырья выделяется как наиболее перспективное направление. В результате обработки сырья ферментами достигается улучшение важных характеристик, таких как влагосодержание, способность удерживать влагу, а также увеличение содержания некоторых аминокислот. Особо следует отметить, что обработка ферментами облегчает процесс отделения мяса от кости, что важно с позиции оптимизации производственных процессов и получения ценных продуктов.

В этом контексте выбор ферментов для обработки имеет решающее значение. Отбор ферментов, способных обеспечить положительную динамику по физико-химическим и органолептическим характеристикам сырья, представляет собой ключевой этап процесса. Эффективные ферменты способны дополнительно подчеркнуть потенциал коллагенсодержащего сырья и сделать его более пригодным в технологии пищевых систем.

Таким образом, ферментная обработка становится важной стратегией для оптимизации использования коллагенсодержащего сырья и создания продуктов с улучшенными функциональными характеристиками, что способствует совершенствованию современных производственных процессов и расширению возможностей его применения в пищевых системах.

Степень разработанности темы исследования. Исследованиям вопросов переработки вторичного сырья и вовлечения его в производство мясных продуктов посвящены работы Л. В. Антиповой, О. В. Бредихиной, А. А. Борисенко, И. А. Гловой, Н. В. Долгановой, В. Н. Измайловой, А. И. Жаринова, Л. С. Кудряшова, А. Б. Лисицына, О. Я. Мезеновой, И. А. Рогова, Е. И. Титова, R. Lawrie, A. Veis, P. Hantzinger, G. Heinz, C. Warner и др.

Существенный вклад в раскрытие вопросов проведения гидролиза коллагенсодержащего сырья и конверсии с целью использования в производстве пищевых систем внесли Л. В. Римарева, Е. И. Титов, Е. М. Серба, О. О. Бабич, Т. М. Гиро, М. Б. Ребезов, зарубежные ученые U. Eckhard, D. Y. Wang, M. H. Zhang и др.

Значительный вклад в методологию, моделирование и разработку новых пищевых систем с использованием функционально-технологических добавок внесли отечественные ученые Н. В. Заворохина, И. Ю. Потороко, В. Г. Попов, В. М. Позняковский, В. А. Помозова, Е. Д. Рожнов, О. В. Чугунова, М. Н. Школьников и др.

В результате аналитического обзора трудов отечественных и зарубежных ученых установлено, что остаются открытыми вопросы о возможности использования вторичных ресурсов рыбной, мясо- и птицеперерабатывающей промышленности в качестве источника для получения ферментных препаратов и пищевых добавок, технологии их применения в производстве мясных продуктов, механизме и эффективности воздействия на потребительские свойства получаемой продукции. Проведенные исследования подчеркивают многогранность и не исчерпывают потенциал научной тематики, обуславливая ее актуальность.

Целью диссертационного исследования явилась разработка технологии коллагенсодержащей пищевой добавки на основе ферментативного гидролиза вторичных ресурсов рыбной и птицеперерабатывающей промышленности и ее применение в мясных системах.

Для достижения цели исследования были определены и последовательно решены следующие **задачи**:

1) провести анализ ассортимента и свойств коллагенсодержащих продуктов, добавок и ингредиентов, особенностей их получения и возможности использования в технологии мясных систем;

2) обосновать выбор сырья для разработки рецептуры и технологии получения ферментолизата, определить оптимальные параметры производства с целью повышения протеолитической активности ферментолизата;

3) разработать технологию коллагенсодержащей пищевой добавки для применения в мясных пищевых системах;

4) провести оценку качества, безопасности, функционально-технологических свойств и эффективности применения коллагенсодержащей пищевой добавки в технологии мясных систем;

5) подтвердить экспериментальными исследованиями целесообразность использования коллагенсодержащей пищевой добавки и оценить ее вклад в качество и биологическую ценность мясных фаршей и паштетов;

6) провести оценку экономической эффективности и разработать нормативную документацию.

Научная новизна. Работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 10, 11, 13, 36 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы (технические науки).

1. Научно обосновано применение вторичных ресурсов рыбного производства – чешуи, кожи и плавников для получения ферментолизата и его использования для гидролиза коллагенсодержащего сырья – кожи шеи цыплят-бройлеров в технологии коллагенсодержащей пищевой добавки; обоснованы параметры получения ферментолизата: pH, время гидролиза, температура, влияющие на биотрансформацию сырья (п. 36 паспорта научной специальности 4.3.3).

2. Доказаны функционально-технологические свойства (влагосвязывающая, гелеобразующая и жиरोудерживающая способность) разработанной коллагенсодержащей пищевой добавки с соотношением используемых компонентов (%) – кожи цыплят-бройлеров и ферментолизата 99,5:0,5, и обосновано ее применение в мясных системах (п. 13 паспорта научной специальности 4.3.3).

3. На основании результатов исследования органолептических, функционально-технологических свойств и микроструктуры мясных систем подтверждена эффективность коллагенсодержащей пищевой добавки в биотрансформации соединительной ткани (п. 10 паспорта научной специальности 4.3.3).

4. Научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования коллагенсодержащей пищевой добавки с содержанием коллагена 64,0 % в разработанных рецептурах мясных фаршей и паштетов как белкового обогатителя (п. 11 паспорта научной специальности 4.3.3).

Положения, выносимые на защиту:

- результаты исследований вторичных ресурсов рыбного производства и птицеперерабатывающей промышленности в технологии получения ферментолизата;
- рецептура, технология получения коллагенсодержащей пищевой добавки и результаты оценки ее свойств;
- показатели качества и функционально-технологические свойства мясных систем с коллагенсодержащей пищевой добавкой;
- результаты практической апробации коллагенсодержащей пищевой добавки в технологии мясных фаршей и паштетов.

Теоретическая и практическая значимость. *Теоретическая значимость* исследования заключается в расширении и систематизации знаний об использовании ферментного препарата из вторичных продуктов рыбного сырья в качестве биомодификатора коллагенсодержащего сырья с целью улучшения качества мясного сырья и готовой продукции из него.

Практическая значимость работы заключается в разработке нового технического решения по обработке коллагенсодержащего сырья ферментоллизатом из вторичных продуктов переработки рыбы с последующим применением в технологии мясных систем; в определении оптимальной концентрации ферментного препарата из рыбного сырья и режимов гидролиза коллагенсодержащего сырья; разработке технологии производства мясных фаршей и паштетов с использованием коллагенсодержащей пищевой добавки.

Разработаны технические условия ТУ 201464-089-02069214-2023 «Ферментный препарат из рыбного сырья», ТУ 929150-091-02069214-2025 «Коллагенсодержащая пищевая добавка» и соответствующие технологические инструкции.

Разработана программа для ЭВМ для расчета оптимальных параметров ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья. Проведена промышленная апробация технических решений на предприятиях, что подтверждено актами о внедрении.

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре биотехнологии и инжиниринга ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» при подготовке бакалавров по направлению 19.03.01 «Биотехнология», профиль «Пищевая биотехнология».

Работа является комплексной и включает в себя элементы научного исследования и практического применения, результаты которых получены автором лично либо при его непосредственном участии.

Методология исследований. Методологической основой работы являются труды отечественных и зарубежных ученых по вопросам получения ферментных препаратов из рыбного сырья, применения коллагенсодержа-

щих добавок и активаторов в пищевых системах. Для решения поставленных задач применялись общенаучные подходы, при проведении экспериментальных исследований использовались классические методы и методики, а также специальные методы исследований.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности подтверждена результатами экспериментальных исследований, большими объемами экспериментальных данных, обработанных методами расчета статистической достоверности измерений с использованием серии компьютерных программ Microsoft Office Word и Excel для Windows 11, Statistica 13.

Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на научно-практических мероприятиях различного уровня, прошедших в Екатеринбурге (2019, 2024), Сочи (2020), Красноярске (2020), Орле (2020), Оше (Киргизская Республика, 2021), Кемерово (2022, 2023), Курске (2023), Тюмени (2024).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 18 научных работ, из них 6 статей в научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук; получено одно свидетельство о регистрации программы ЭВМ.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, четырех глав, в том числе аналитического обзора научно-технической литературы, методической части, результатов исследования и их анализа, заключения, списка литературы и семи приложений. Основное содержание изложено на 168 страницах печатного текста и включает 46 таблиц и 32 рисунка. Список литературы включает 261 информационных источника, из них 67 – зарубежных авторов.

Благодарности. Автор выражает благодарность руководителю Высшей школы биотехнологии Уральского государственного лесотехнического университета, доктору технических наук, профессору Тихонову Сергею Леонидовичу за первичное руководство исследовательской деятельностью и за ценные замечания по ходу выполнения диссертационного исследования; заведующему кафедрой биотехнологии и инжиниринга Уральского государственного экономического университета, кандидату технических наук, доценту Лазареву Владимиру Александровичу за всестороннюю поддержку во всех начинаниях.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы, проанализирована степень разработанности проблемы, показаны научная новизна и практическая значимость, достоверность и уровень апробации, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** представлен аналитически обобщенный и систематизированный обзор российских и зарубежных открытых информационных источников по теме исследования.

Во **второй главе** приведена общая схема исследования (рисунок 1), определены объекты и методы исследований.



Рисунок 1 – Схема проведения экспериментальных исследований

Объектами исследований на разных этапах являлись:

– выделенная протеаза и полученный ферментоллизат на основе вторичных ресурсов рыбной отрасли;

- разработанная коллагенсодержащая пищевая добавка (КСПД), для которой коллагенсодержащим сырьем (КСС) выступала кожа цыплят-бройлеров, обработанная полученным ферментоллизатом;
- модельные образцы фарша;
- мясной рубленый полуфабрикат «Фарш говяжий с коллагенсодержащей пищевой добавкой»;
- мясной паштет из мяса птицы с внесением КСПД.

В ходе исследований использовали общепринятые стандартные, частные и модифицированные методы. При анализе теоретических положений и собственных результатов применяли тематический поиск, методы анализа и систематизации литературных данных, экспертных оценок. При выполнении экспериментальной части работы использовали органолептические, физико-химические, биохимические, микробиологические методы.

Экспериментальные исследования проводили в период с 2019 по 2024 г. на базе лабораторий кафедры биотехнологии и инжиниринга и Единого лабораторного комплекса ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

В **третьей главе** представлены результаты получения КСПД: сформулировано ее определение, разработаны рецептура и технология получения.

КСПД представляет собой субстанцию из КСС, обработанного ферментоллизатом, функциональное назначение которой – воздействие на соединительные ткани мясных сырьевых компонентов; может быть использована как белковая добавка физиологической направленности при промышленном производстве мясных фаршевых продуктов.

Технология выделения протеазы из рыбной слизи представлена на рисунке 2.

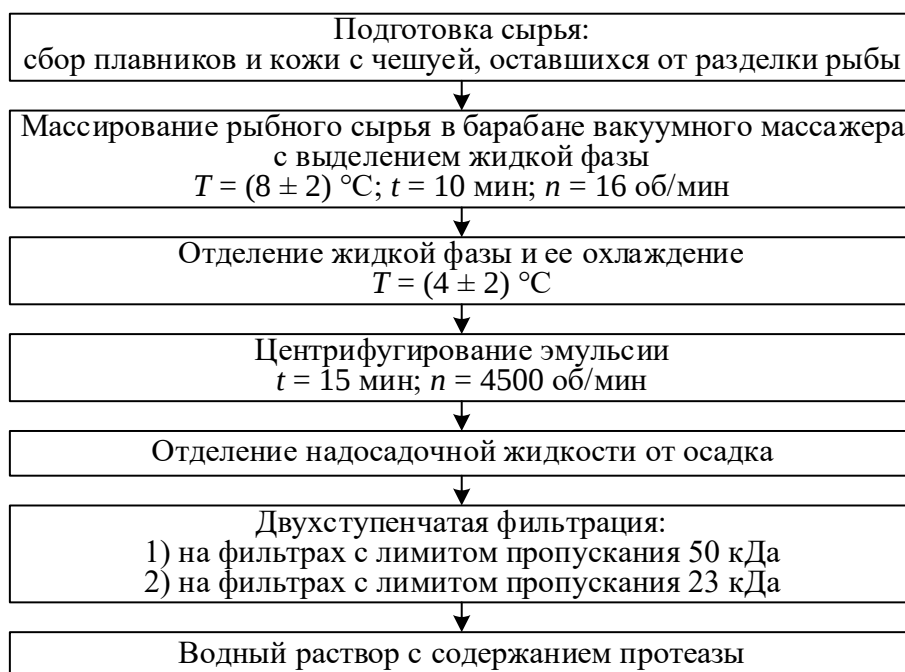


Рисунок 2 – Технология выделения протеазы из рыбной слизи

Технологический процесс позволяет провести экстракцию и очистку слизи, сохранив ее активный компонент – протеазу, обладающую сбалансированным аминокислотным профилем, определяющим потенциал применения в пищевой отрасли.

Ферментативную активность протеазы определяли по методике Ансона с дальнейшим расчетом в зависимости от концентрации. Установлено, что наибольшая удельная активность 0,048 мкмоль/мкг наблюдается при концентрации протеазы 100 мкг/мл.

В дальнейшем раствор протеазы использовали для получения ферментолизата. Разработанная технология получения ферментолизата представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Технология получения ферментолизата

Проведены исследования протеолитической активности ферментолизата и коммерческих ферментных препаратов в зависимости от температуры при pH 7,0 (рисунок 4).

У полученного ферментолизата определены оптимум активности (pH 7,0 – нейтральная среда; температура 40 °C) и рабочая активность (pH 7,0–8,0; температура 30–40 °C).

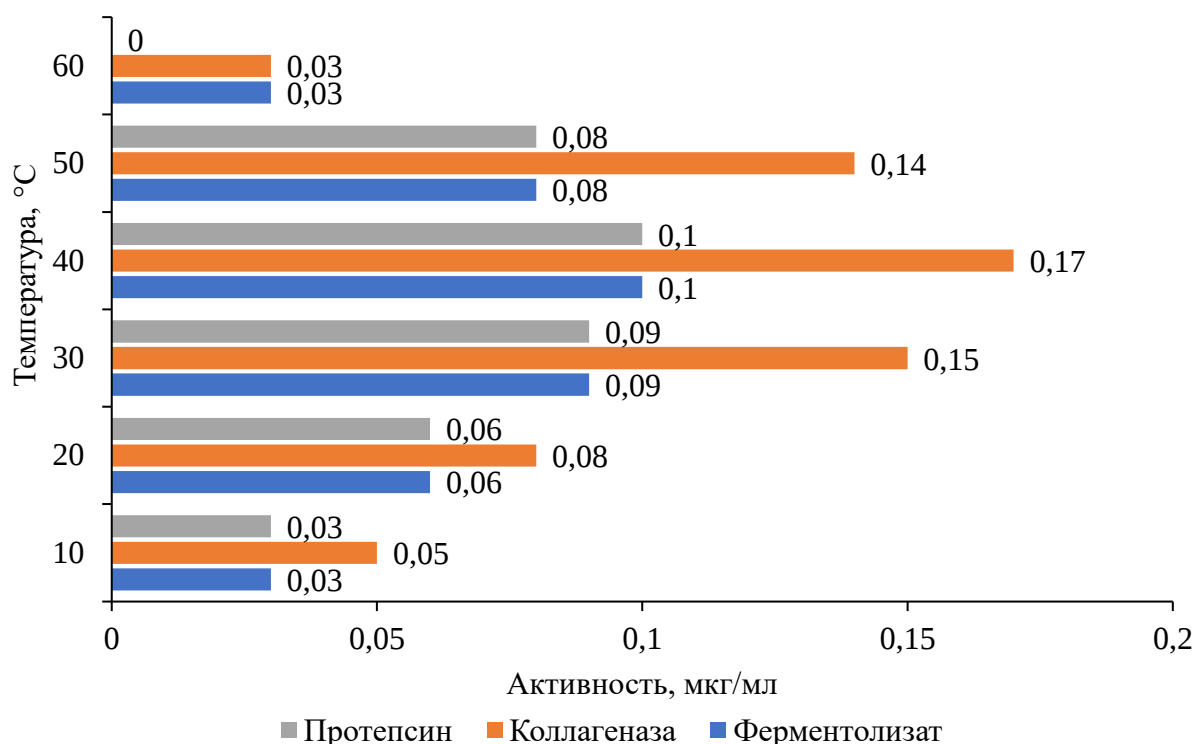


Рисунок 4 – Протеолитическая активность ферментолизата и коммерческих ферментных препаратов в зависимости от температуры при pH 7,0

При таких параметрах сохраняется максимальная активность ферментолизата, сопоставимая с коммерческими аналогами, термостабильность и работоспособность в нейтральной среде. В данных пределах активности ферментолизат эффективно гидролизует коллаген и миофибриллярные белки, улучшая текстуру и усвояемость мясных продуктов, но не разрушает жиры и минеральные вещества, что сохраняет пищевую ценность мясных пищевых систем.

В качестве коллагенсодержащего сырья для получения КСПД использовали кожу цыплят-бройлеров. Схема подготовки сырья представлена на рисунке 5.

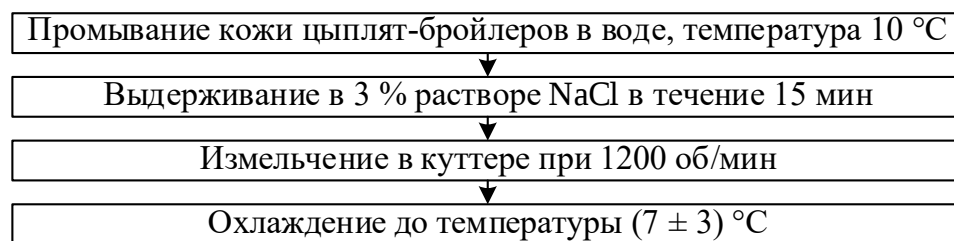


Рисунок 5 – Схема подготовки КСС

Этап подготовки КСС и внесения ферментолизата визуализирован на рисунке 6.



Рисунок 6 – Подготовка КСС и внесение ферментоллизата

На основе анализа научно-технической и патентной литературы для определения рационального количества компонентов КСПД смоделированы восемь рецептурных композиций с соотношением КСС и ферментоллизата от 96,0:4,0 до 99,5:0,5 с шагом варьирования ферментоллизата 0,5 %. Критерием выбора соотношения 99,5:0,5 послужила эффективность ферментоллиза. Для окончательного обоснования рецептуры КСПД смоделированы 10 композиций с соотношением от 99,0:1,0 до 99,9:0,1 и шагом 0,1 %, при этом учитывали органолептические показатели полученных субстанций, прежде всего наличие специфического рыбного запаха. Окончательное соотношение компонентов (КСС – кожи цыплят-бройлеров и ферментоллизата на основе вторичных продуктов переработки рыбного сырья) представлено на рисунке 7.

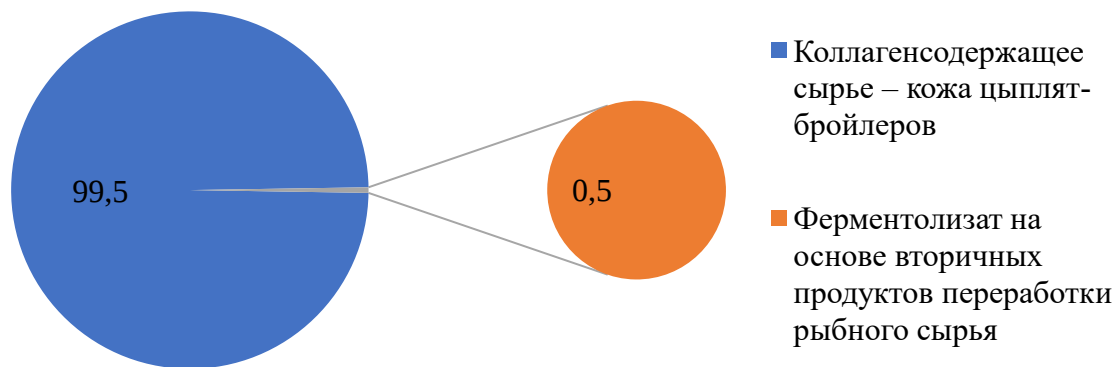


Рисунок 7 – Компоненты КСПД, %

Для получения КСПД был выполнен ряд технологических операций, направленных на выделение протеазы и получение ферментоллизата как основы разрабатываемой добавки.

Технология получения КСПД представлена на рисунке 8.

На рисунке 9 приведена машинно-аппаратурная схема обработки кожи цыплят-бройлеров и производства ферментоллизата в виде последовательно осуществляемых процессов.

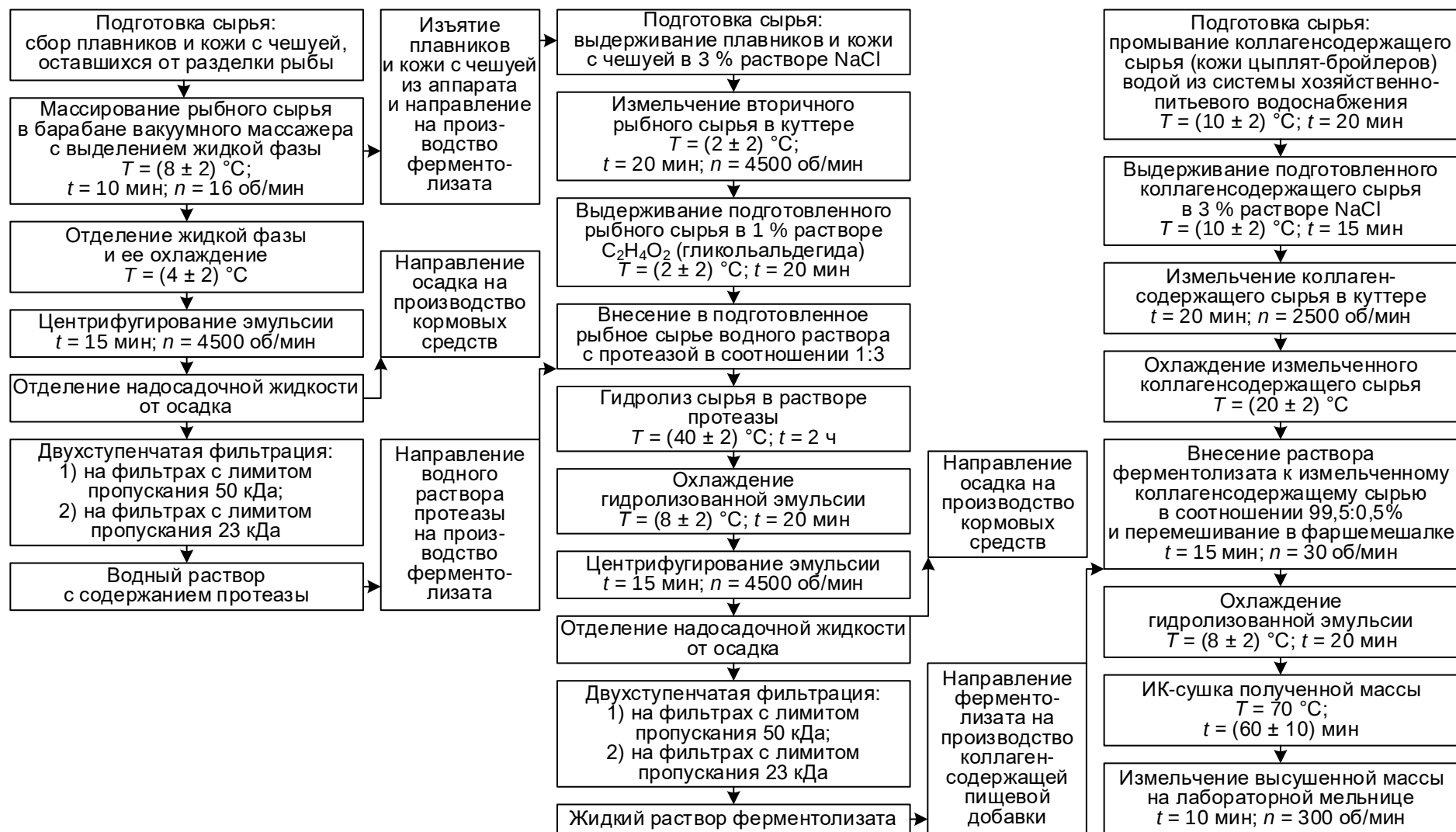


Рисунок 8 – Технология получения КСПД

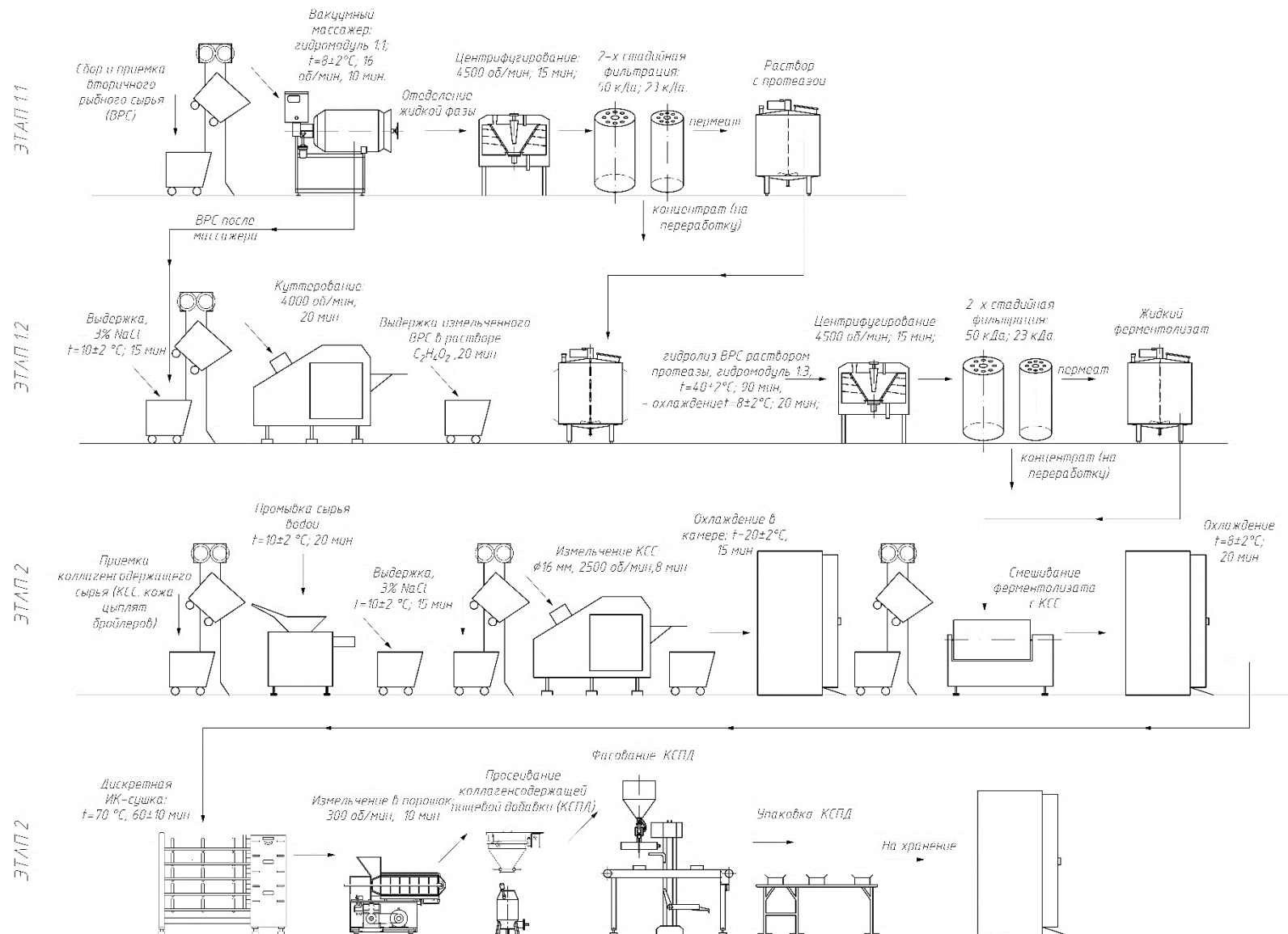


Рисунок 9 – Машинно-аппаратурная схема получения КСПД

Проведены исследования качества КСПД. Нормы по ГОСТ 33692-2015 «Белки животные соединительнотканые. Общие технические условия», рекомендуемые значения и фактические результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Идентификационные характеристики, регламентированные значения и фактические показатели качества КСПД

Показатель	Требования ГОСТ 33692-2015	Регламентируемое значение	Фактическое значение
Внешний вид	Сухой продукт однородной консистенции в виде волокнистой массы, или сыпучего мелкого порошка, или сыпучего порошка, содержащего единичные или агрегированные частицы. Для порошков допускается наличие комочков более крупного размера, рассыпающихся при легком механическом надавливании	Сухой продукт однородной консистенции в виде мелкогранулированного сыпучего порошка. Допускается наличие комочков, рассыпающихся при легком механическом надавливании	Сухой продукт однородной консистенции в виде мелкогранулированного сыпучего порошка с диаметром частиц 100 мкм. Присутствуют агрегированные частицы более крупного размера, рассыпающиеся при легком механическом надавливании
Цвет	От белого до светло-коричневого	От белого до розового, однородный	Светло-розовый, однородный по всей массе
Запах	Свойственный исходному сырью, без постороннего запаха	Свойственный исходному сырью, без постороннего запаха	Свойственный исходному сырью, без постороннего запаха
М. д. белка в сухом веществе, %	Высшая категория – не менее 90,0. Первая категория – не менее 80,0	Не менее 80,0	81,0
М. д. жира, %	Не более 16,0	Не более 16,0	14,0
М. д. влаги, %	Не более 10,0	Не более 10,0	9,1
М. д. коллагена к массе общего белка, %	Не менее 60,0	Не менее 60,0	64,4
Влагосвязывающая способность, %	Не менее 500,0	Не менее 500,0	674,0
Гелеобразующая способность, %	Не менее 400,0	Не менее 400,0	528,0
Жироэмульгирующая способность, %	Регламентируется документом, в соответствии с которым изготовлены животные белки	Не менее 100,0	123,0
Степень набухания, %	Не регламентируется	Не ниже 70,0	110,0
Степень гидратации, г компонента/г воды	Не регламентируется	Не ниже 1:1	1:17

Разработанная добавка отличается высоким содержанием белка, что согласуется с литературными данными и позволяет отнести ее к классу белковых добавок, а содержание коллагена по отношению к массе общего белка 64,4 % обосновывает ее принадлежность к коллагенсодержащим добавкам. Полученные результаты свидетельствуют о высоком потенциале разработанной КСПД. Можно предположить, что благодаря своим свойствам КСПД способна обеспечивать высокое значение водосвязывающей способности (ВСС), поскольку входящий в ее состав коллаген является влагоудерживающим агентом, и обладает высокой влагоудерживающей способностью (ВУС), что будет способствовать уменьшению потерь влаги и питательных компонентов при термообработке и повышать выход готового продукта. Добавка способна эмульгировать жир и образовывать прочные эластичные гели при соотношении КСПД и воды 1:17. КСПД обладает хорошей растворимостью при высокой степени гидролиза, что является существенно полезной характеристикой, влияющей на другие функциональные свойства, в том числе эмульгирующие и пенообразующие. Отмечено, что показатели ВСС, гелеобразующей и жирозэмульгирующей способности КСПД согласуются с литературными данными, имеющиеся отличия связаны с разнообразием используемого сырья и технологий производства производства добавок.

КСПД может быть рассмотрена как белковый обогатитель как незаменимых, так и большинства заменимых аминокислот. Кроме того, наличие глицина, пролина и лизина предлагается рассматривать в целях идентификации добавки. Разработанные регламентированные показатели отражены в ТУ; функционально-технологические показатели, включая степень набухания и гидратации, – в технологическую инструкцию на КСПД.

В **четвертой главе** исследованы возможности применения КСПД в технологии мясных систем. Целью исследования на данном этапе явилось определение степени воздействия КСПД на органолептические показатели, микроструктуру и функционально-технологические свойства.

Сформированы две группы образцов *модельных фаршей*: в первом случае контрольным образцом выступал фарш из мяса птицы механической обвалки, во втором – мясной фарш из котлетного мяса на основе говядины; опытным образцом в каждой группе служил соответствующий фарш с КСПД в количестве 0,5 кг на 100 кг сырья.

Установлено, что использование КСПД в производстве мясных фаршей не влияет на внешний вид, цвет и запах, однако в ходе органолептических исследований отмечено ее влияние на консистенцию фарша, что связано с трансформацией белков, вызывающих изменение консистенции, которая приобретает признаки пастообразной массы, не ухудшая при этом внешний вид и сохраняя упруго-пластичные свойства.

Результаты исследований функционально-технологических свойств фарша представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Функционально-технологические свойства КСПД

Показатель	Требования ГОСТ 33692-2015	Значение	Рекомендуемое значение
ВСС, %	Не менее 500,0	$674,0 \pm 12,2$	Не менее 500,0
Гелеобразующая способность, %	Не менее 400,0	$528,0 \pm 10,6$	Не менее 400,0
Жироэмульгирующая способность, %	Регламентируется в документе, в соответствии с которым изготовлены животные белки	$123,0 \pm 9,4$	100,0
Степень набухания, %	Не регламентируется	$110,0 \pm 1,1$	Не ниже 70,0
Степень гидратации, г компонента/г воды	Не регламентируется	1:17	Не ниже 1:1

Проведены исследования микроструктуры образцов фарша гистологическим методом. На рисунке 10 представлена микроструктура фарша из мяса птицы механической обвалки и фарша из говядины.

В опытных образцах установлена однородность измельченных тканей в виде мелкозернистой белковой массой с биомодифицированными соединительнотканными прослойками.

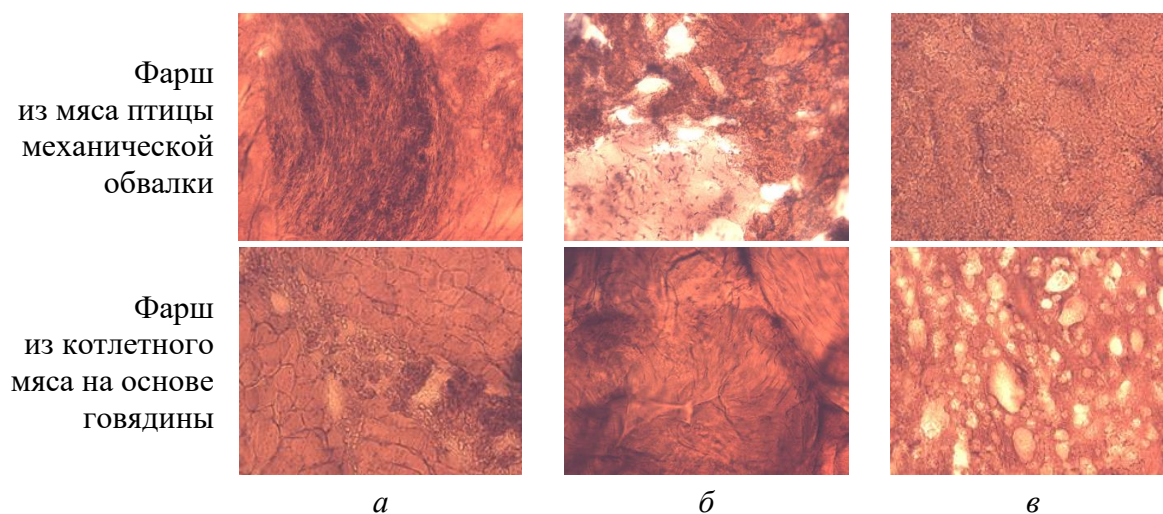


Рисунок 10 – Результаты гистологического исследования образцов фарша до (а, б) и после (в) внесения КСПД

В результате доказано, что КСПД имеет высокую селективную биомодификацию, отличается глубиной проникновения в фаршевую систему и при производстве мясных фаршей позволяет получить продукт с высокими показателями органолептической и биологической ценности.

Оценка качества мясных рубленых полуфабрикатов с КСПД. Для производства говяжьего фарша использовали котлетное мясо из говядины жилованной II сорта с добавлением в количестве 4,0 % соединительной ткани,

оставшейся после жиловки отрубков, затем вносили КСПД в количестве 0,5 кг на 100 кг сырья и подвергали куттерованию в течение 5 мин, дополнительно вносили лед в количестве 5 кг для стабилизации функционально-технологических свойств фаршевой системы и достижения температуры готового фарша 12–15 °С.

Исследования качества проведены по ГОСТ Р 55365-2012 «Фарш мясной. Технические условия», результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Органолептические показатели образцов фарша из котлетного мяса на основе говядины с КСПД

Показатель	Норма	Контрольный образец	Опытный образец
Внешний вид	–	Однородная мясная масса без костей, хрящей, сухожилий, грубой соединительной ткани, кровяных сгустков и пленок	
Степень измельчения, мм	Не более 8,0	8,0	8,0
Цвет	–	Розово-красный	От светло-розового до красного
Запах	–	Свойственный, без посторонних запахов	
М. д. белка, %	Не менее 16,0	19,2	20,4
М. д. жира, %	Не более 15,0	14,1	13,5
Температура в толще охлажденного продукта, °С	От 0 до 6	2	2

Опытный образец по органолептическим показателям соответствует ГОСТ и отличается от контрольного по показателю консистенции.

Физико-химические показатели и свойства, которые проявляют фарши в процессе технологической обработки, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Физико-химические показатели мясного фарша из котлетного мяса на основе говядины

Образец фарша	Массовая доля, %			
	влаги	белка	жира	зола
Без КСПД	65,3 ± 1,2	19,2 ± 0,4	14,1 ± 1,1	1,4 ± 0,01
С внесением КСПД	64,7 ± 1,3	20,4 ± 0,4	13,5 ± 1,0	1,4 ± 0,01

Таким образом, статистически различия подтвердились по таким показателям, как массовая доля белка и жира: опытный образец отличался повышенным содержанием белка и меньшим содержанием жира ($p \leq 0,05$); по содержанию влаги, которое несколько снизилось в контрольном образце, и содержанию минеральных веществ различия статистически недостоверны.

Поскольку для производства мясных рубленых полуфабрикатов большое практическое значение имеет количество влаги, удерживаемое мясной

системой, а также формы ее связи с составными частями фарша, исследовали зависимости ВСС и влажности полуфабрикатов в зависимости от содержания в них КСПД. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание влаги, ВСС и ВУС полуфабриката «Мясной фарш из котлетного мяса на основе говядины»

Образец	М. д. влаги, %	ВСС, %	ВУС, %
Модельный фарш			
Без КСПД	65,0 ± 1,1	74,3 ± 1,3	55,1 ± 0,5
С внесением КСПД	64,1 ± 1,0	77,5 ± 1,3	62,4 ± 0,5
Мясной фарш из котлетного мяса на основе говядины			
Без КСПД	65,3 ± 1,2	78,5 ± 1,3	69,4 ± 0,5
С внесением КСПД	64,7 ± 1,3	81,3 ± 1,3	75,3 ± 0,5

Анализ результатов указывает на отсутствие достоверных различий в содержании влаги в образцах фаршей и на увеличение ВСС в фарше и полуфабрикате, причем данный показатель увеличивается в фаршах с использованием КСПД, что объясняется модификацией коллагеновых белков добавки в процессе ферментативного протеолиза, в результате чего высвобождаются гидрофильные группы, способные связывать и удерживать воду.

Установлено влияние КСПД на биохимические свойства фарша, результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Распределение белковых фрагментов в фарше

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Содержание общего белка, %	17,2	19,4
Содержание растворимого белка, %	1,4	2,2
Содержание растворимого белка / Содержание общего белка × 100 %	8,1	11,3
Содержание связанного оксипролина, мг %	65,1	52,2
Содержание аминного азота в мясном фильтрате, мг %	71,7	88,6

Результаты показывают активное действие добавки, о чем свидетельствует увеличении содержания общего (+2,2 %) и растворимого белка (+0,8 %), количество перешедшего в фильтрат белка – 13,1 %, характеризующее расщепление мышечных белков мяса. По уменьшению оксипролина (–19,8 %) сделали вывод о расщеплении соединительнотканых белков. Увеличение аминного азота (+24,0 %), свидетельствует о глубине воздействия пищевой добавки на соединительные элементы тканей фарша. Изучение молекулярно-массового распределения белковых фрагментов по данным электрофореза в 10 % полиакриламидном геле показало увеличение

в опытном образце легких белковых фракций с молекулярной массой 22–18 на 16 кДа и менее 18 кДа на 2 кДа.

На следующем этапе определяли количественные и качественные показатели мясных фаршей, характеристика биологической ценности образцов представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Сводная матрица незаменимых аминокислот с расчетом их биологической ценности

Показатель		Контрольный образец	Опытный образец
Аминокислота, %	Валин	5,7	4,80
	Изолейцин	4,4	4,00
	Лейцин	9,4	10,79
	Лизин	8,4	9,82
	Метионин + цистин	3,5	3,10
	Треонин	4,6	4,00
	Фенилаланин + тирозин	7,4	6,40
Сумма незаменимых аминокислот, %		43,4	42,9
Аминокислотный скор, %		124,0	123,0
Лимитирующая аминокислота, скор, %		Нет	Валин (96 %), метионин + цистин (89 %)
Соотношение незаменимых и заменимых аминокислот (0,56–0,67)		0,77	0,75
Соотношение метионина и изолейцина (0,60)		0,55	0,51
Биологическая ценность		78,67	70,91
Коэффициент различия аминокислотного скор, %		21,33	29,09
Коэффициент утилитарности аминокислоты		0,31	0,72
Коэффициент сопоставимой избыточности		0,084	0,130

В образцах идентифицировано 17 аминокислот, наличие незаменимых аминокислот свидетельствует о полноценности белка мясных фаршей. Отмечено положительное влияние КСПД в части увеличения таких незаменимых аминокислот как лейцин и лизин.

При анализе аминокислотного профиля заменимых аминокислот (рисунок 11) установлено относительно высокое содержание таких аминокислот, как аспарагиновая, глутаминовая, глицин, аргинин, аланин, пролин, и их увеличение в абсолютных показателях в опытном образце, что связано с влиянием КСПД и характерно для деградированного коллагена.

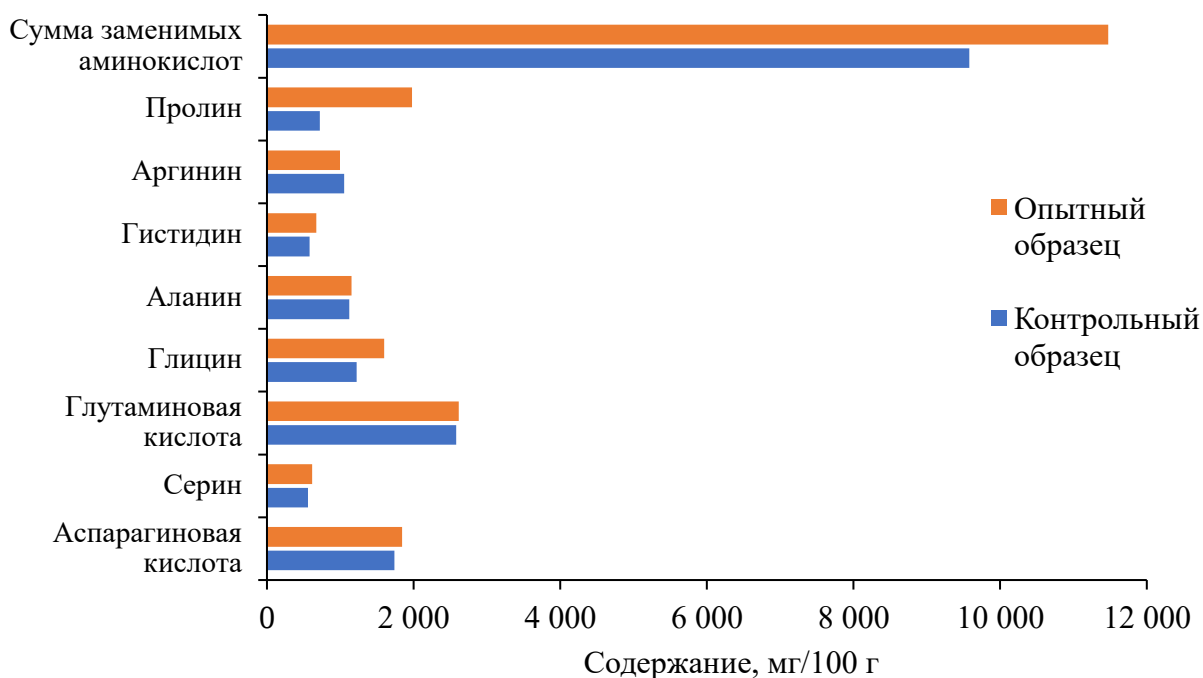


Рисунок 11 – Профиль заменимых аминокислот исследуемых фаршей

Оценка качества мясного паштета с добавлением КСПД. Разработана рецептура мясного паштета (таблица 8).

Таблица 8 – Рецептура коллагенсодержащего мясного паштета

Ингредиент	Масса, кг
Говяжий фарш и фарш из мяса птицы механической обвалки (75:15)	90,0
Поваренная соль	1,8
Бульон	6,0
КСПД	0,3

Использована классическая технология производства паштета, но на стадии приготовления фарша вносится КСПД. Результаты органолептической оценки и физико-химических исследований по ГОСТ Р 55334-2012 представлены в таблице 9.

В результате исследования белковой составляющей паштетов установлены достаточно высокие значения биологической ценности и коэффициента утилитарности аминокислотного состава, отмечено влияние КСПД на аминокислотный состав в части увеличения как незаменимых аминокислот, так и заменимых. Лимитирующих аминокислот не выявлено.

С целью повышения протеолитической активности в готовую паштетную массу был добавлен кофермент пиридоксаль-5-фосфат в виде порошка для синергетического воздействия с коллагеновой пищевой добавкой в составе паштетной массы. По визуальным и вкусовым характеристикам установлено, что для применения целесообразна дозировка 2,5 мг (рассматривались варианты 2,5; 5 и 10 мг на 1 кг паштета).

Таблица 9 – Органолептическая оценка и физико-химические показатели образцов паштета

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Внешний вид		
Консистенция	Нежная, мажущаяся	
Вид на разрезе	Однородная, равномерно перемешанная масса серого цвета	
Запах и вкус	Свойственные виду продукта, в меру выраженный мясной, соленый, без посторонних привкуса и запаха	
М. д. белка, % (не менее 10,0)	18,9	20,3
М. д. жира, % (не более 19,0)	12,6	10,8
М. д. хлористого натрия, % (не более 1,4)	1,2	1,2

Исследованиями доказано, что введение 2,5 мг пиридоксаль-5-фосфата способствует увеличению массовой доли белка на 3,2 %, массовая доля жира сокращается на 2,4 % по сравнению с образцом паштета с КСПД.

На основе определения микробиологических показателей с учетом коэффициента резерва (МУК 4.2.1847-04) рекомендуемый срок хранения разработанных паштетов с КСПД составляет 45 сут с даты изготовления.

Рассчитанная стоимость сырья, необходимого для производства 1 кг КСПД, составила 245 р.

Заключение

В результате проведенной работы были решены поставленные задачи, на основании чего сделаны следующие выводы.

1. Аналитический обзор научно-технических источников показал, что решение проблемы рационального использования сырья при производстве мясных продуктов, связанные с нехваткой основного сырья, использованием малоценных в пищевом отношении частей туш, образованием отходов, потерей ценных удаляемых тканей в процессе разделки, возможно при использовании коллагенсодержащих продуктов, в том числе пищевых добавок и ингредиентов.

2. Теоретически обосновано и подтверждено экспериментально использование вторичных ресурсов рыбного производства – чешуи, кожи, плавников рыбы для получения ферментолизата. Определены оптимальные технологические параметры, обеспечивающие активность ферментолизата:

pH 7,0, гидромодуль 1:3, температура $(40 \pm 3) ^\circ\text{C}$, время 2 ч 45 мин. Разработанный метод позволяет производить ферментолитат сопоставимый по своим характеристикам с коммерческими аналогами. Основное назначение – обработка низкосортного мясного сырья с высоким содержанием соединительной ткани и, как следствие, соединительнотканых белков.

3. Разработаны рецептура и технология коллагенсодержащей пищевой добавки. Установлено соотношение используемых компонентов – кожи цыплят-бройлеров и ферментолита – в количестве 99,5:0,5. В готовом виде КСПД представляет собой сыпучий мелкий порошок, обеспечивая стойкость при хранении и расширяя сферу применения.

4. Полученная коллагенсодержащая пищевая добавка отличается высокими функционально-технологическими свойствами: влагосвязывающей, гелеобразующей и эмульгирующей способностью, имеющих значение в технологии мясных фаршей. Получены результаты положительного воздействия коллагенсодержащей пищевой добавки на органолептические показатели, микроструктуру и биологическую ценность модельных мясных фаршей из говядины и мяса птицы механической обвалки.

5. Предложенная рецептура и технология производства мясного полуфабриката – фарша из котлетного мяса на основе говядины с повышенным содержанием соединительной ткани и мясного паштета из котлетного мяса на основе говядины и мяса птицы механической обвалки позволяет получить качественные продукты. Доказательной базой эффективности и перспективности использования КСПД в технологии мясных систем послужила совокупность органолептических и физико-химических показателей, а также высокие показатели качества белковой составляющей. Отмечено положительное влияние КСПД на биологическую ценность опытных образцов, особенно в части увеличения таких аминокислот, как лейцин, лизин, глутаминовая кислота и пролин.

Добавление к рецептуре паштета пиридоксаль-5-фосфата в количестве 2,5 мг/кг способствовало увеличению массовой доли белка на 3,2 % и сокращению массовой доли жира 2,4 % в сравнении с опытным образцом.

6. Проведена оценка экономической эффективности. Разработана нормативная документация.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи в журналах, входящих в базу данных RSCI

1. **Брашко, И. С.** Биотрансформация коллагенсодержащего сырья и разработка продукта антиоксидантной направленности с его использованием / И. С. Брашко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова, А. А. Ногина // Ползуновский вестник. – 2020. – № 4. – С. 62–65.

**Статьи в изданиях, входящих
в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК РФ**

2. Тихонов, С. Л. Технология производства и биокаталитические свойства протеолитического ферментного препарата / С. Л. Тихонов, **И. С. Брашко**, Н. В. Тихонова [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2021. – Т. 9, № 2. – С. 26–35.

3. **Брашко, И. С.** Характеристика ферментных препаратов и разработка нового технического решения для биоконверсии коллагенсодержащего сырья / И. С. Брашко, В. М. Позняковский, Л. А. Донцова // Индустрия питания. – 2024. – Т. 9, № 1. – С. 50–59.

4. **Брашко, И. С.** Биотехнология мясных фаршей: определение качества и биологической ценности / И. С. Брашко, Л. А. Донцова // Индустрия питания. – 2024. – Т. 9, № 2. – С. 85–91.

5. Донцова, Л. А. Разработка технологии коллагенсодержащей пищевой добавки для применения в мясных системах / Л. А. Донцова, **И. С. Брашко** // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 13–21.

6. **Брашко, И. С.** Коллагенсодержащая пищевая добавка: исследование влияния в качестве белкового обогатителя на свойства мясных систем / И. С. Брашко, Л. А. Донцова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2025. – № 1. – С. 128–134.

Прочие публикации

7. **Брашко, И. С.** Технология переработки коллагенсодержащего сырья / И. С. Брашко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Холодильная техника и биотехнологии : сб. тез. II Нац. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово, 2–4 дек. 2020 г.). – Кемерово : КемГУ, 2020. – С. 96–97.

8. **Брашко, И. С.** Паштет с коллагенсодержащим сырьем / И. С. Брашко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Вестник Ошского государственного университета. – 2021. – № 1–2. – С. 235–240.

9. **Брашко, И. С.** Способ производства и биокаталитические свойства ферментного препарата / И. С. Брашко, И. Н. Третьякова, С. Л. Тихонов [и др.] // Пищевые технологии и биотехнологии : материалы XVII Всерос. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов с междунар. участием (Казань, 20–23 апр. 2021 г.). – Казань : КНИТУ, 2021. – С. 275–279.

10. **Брашко, И. С.** Коллагенсодержащее сырье и ферменты в производстве паштетной продукции / И. С. Брашко, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность : сб. материалов II Нац. (Всерос.) конф. ученых (Кемерово, 17–19 мая 2021 г.). – Кемерово : КемГУ, 2021. – С. 36–37.

11. **Брашко, И. С.** Изучение биокаталитических свойств протеолитического фермента под воздействием внешних факторов / И. С. Брашко, С. Л. Тихонов, Н. А. Клюкиных, Н. В. Тихонова // Пищевые инновации и биотехнологии :

сб. тез. X Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово, 17 мая 2022 г.), т. 1. – Кемерово : КемГУ, 2022. – С. 456–457.

12. **Брашко, И. С.** Исследование состава ферментного препарата из рыбного сырья / И. С. Брашко // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 25 апр. 2023 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2023. – С. 10–14.

13. **Брашко, И. С.** Технология производства ферментного препарата из рыбного сырья / И. С. Брашко // Пищевые инновации и биотехнологии : сб. тез. XI Всерос. (нац.) науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Кемерово, 18 мая 2023 г.). – Кемерово : КемГУ, 2023. – С. 333–334.

14. **Брашко, И. С.** Разработка технологического решения биоконверсии мясного сырья / И. С. Брашко, В. М. Позняковский // Продукты питания: производство, безопасность, качество : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Уфа, 21 февр. 2024 г.). – Уфа : БашГАУ, 2024. – С. 15–19.

15. **Брашко, И. С.** Исследование потенциала переработки вторичных продуктов рыбопромыслового сектора в Уральском регионе / И. С. Брашко, Л. А. Донскова // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 24 апр. 2024 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2024. – С. 49–53.

16. **Брашко, И. С.** Влияние коллагенсодержащей пищевой добавки на функционально-технологические свойства фаршевой системы / И. С. Брашко // Политех наукам о жизни (LifeSciencePolytech) : сб. тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 22–25 окт. 2024 г.). – СПб. : Политех-Пресс, 2025. – С. 5.

17. **Брашко, И. С.** Вторичное рыбное сырье как перспективный источник натуральных ферментолитов / И. С. Брашко, Л. А. Донскова // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 60-летию ТИУ : сб. ст. конф. (Тюмень, 21–23 нояб. 2024 г.) : в 3 т. – Тюмень : ТИУ, 2025. – Т. 2. – С. 32–34.

Свидетельства и патенты

18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024684466 Российская Федерация. Программа для расчета оптимальных параметров ферментативного гидролиза коллагенсодержащего сырья : № 2024683927 : заявл. 14.10.2024 : опубл. 17.10.2024 / **И. С. Брашко.**

Список сокращений и условных обозначений

ВСС – влагосвязывающая способность.

ВУС – влагоудерживающая способность.

КСПД – коллагенсодержащая пищевая добавка.

КСС – коллагенсодержащее сырье.

Подписано в печать 26.09.2025.
Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45