

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

На правах рукописи

ЛИТВИНОВА ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ГЛУБОКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ
ПРОИЗВОДСТВА ФОРТИФИЦИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ**

4.3.3 – Пищевые системы

Диссертация на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант: академик РАН,
доктор технических наук, профессор
Е.И. Титов

Москва – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	16
1.1 Производство и потребление продуктов животного происхождения	16
1.2 Сырье животного происхождения с высоким содержанием соединительной ткани: характеристика, свойства и использование в пищевой промышленности	19
1.2.1 Коллаген: структура и свойства	23
1.2.2 Современные источники коллагена	26
1.2.3 Сингулярность современных способов трансформации коллагенсодержащего сырья	30
1.2.4 Целевые направления использования коллагенов в отраслях пищевой промышленности	42
1.2.5 Роль коллагеновых волокон в питании человека	47
1.3 Основы проектирования поликомпонентных пищевых продуктов, опираясь на принципы пищевой комбинаторики	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ	56
ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	58
2.1 Объекты исследований и схема постановки эксперимента	58
2.2 Методы исследований	60
2.3 Обработка объектов исследований	79
ГЛАВА 3 ИНКОРПОРИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОБОЧНОГО КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ	83
3.1 Разработка способа выделения коллагенолитического ферментного препарата из базидиомицета	88
3.2 Изучение сингулярности культивирования препарата грибом <i>Flammulina velutipes</i>	94
3.3 Изучение продуктов ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья	100
3.4 Изучение структуры продуктов ферментативной обработки	127
3.5 Изучение возможности использования продуктов ферментативной обработки в технологии мясных изделий	138

ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (СИНЕРГИЗМ, АДДИТИВНОСТЬ, АНТАГОНИЗМ) БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ЛЕГКОЛЕТУЧИХ/ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	148
ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ ФЕРМЕНТОЛИЗАТОВ И БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЙ	158
5.1 Изучение свойств отдельных разработанных модулей на основе коллагеновых ферментоллизатов	168
ГЛАВА 6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ МЯСНЫХ И РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ	178
6.1 Разработка технологии и комплексное исследование вареных колбасных изделий с функциональным модулем	179
6.2 Разработка технологии и комплексное исследование цельнокусковых продуктов из свинины с функциональным модулем	188
6.3 Изучение разработанных мясных продуктов с помощью испытаний «in vivo» на белых мышах	200
6.4 Разработка технологии и комплексное исследование рубленых полуфабрикатов с функциональным модулем	205
6.5 Разработка технологии и комплексное исследование консервов с функциональным модулем	211
6.6 Разработка технологии и комплексное исследование кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем	233
6.7 Разработка технологии и комплексное исследование сублимированных meatballs с функциональным модулем	240
6.8 Разработка технологии и комплексное исследование реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем	250
РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ	262
ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ	265
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ	266
ПРИЛОЖЕНИЯ	303

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность.

Исследовательское агентство Workline Group оценило мотивацию покупателей при выборе пищевых продуктов. Как оказалось, если в конце 90-х начале 2000-ых гг. определяющей мотивацией для совершения покупки были деньги (то есть были востребованы экономичные продукты) и необходимость в калорийной пище, то в настоящее время определяющей мотивацией является здоровье. Значимость мотивации «здоровье», которая лежит в основе растущего тренда потребления полезных продуктов, выросла в 8 раз за последние 18 лет.

Продукты для ЗОЖ (здорового образа жизни) – несомненный тренд существующих реалий. Известно, что здоровье человека обусловлено как генетической предрасположенностью, уровнем медицинского обеспечения, экологией, так образом жизни (примерно на 50 %). В стремления населения к заботе о своем здоровье и поддержанию иммунной системы в значительной степени повлияла пандемия COVID-19. С ростом понимания влияния образа жизни на здоровье растет интерес к здоровому питанию на государственном уровне – активно разрабатываются стратегии и программы, направленные на оздоровление населения. Например, Распоряжение Правительства РФ № 1364-р от 29.06.2016 г «Стратегия повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 г.» указывает на необходимость создания условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества. В контексте того, что спрос на здоровое питание растет с каждым годом на 15–20 %, переработка коллагенсодержащего сырья, позволяющая получить важные биологически активные ингредиенты, является перспективным вектором развития мясной отрасли. В этом же контексте, Указом Президента РФ №204 от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации до 2024 г.» приняты национальные проекты «Здравоохранение» и «Демография» (Федеральный проект «Укрепление общественного здоровья»), которые

определяют приоритетность поддержки качества жизни населения и развития здорового общества с целью достижения продолжительности жизни до 80 лет в краткосрочной перспективе (до 2030 г.). Объем российского рынка продуктов для ЗОЖ в 2023 г., по оценке DISCOVERY Research Group достигнет 1 трлн. руб. Мировой рынок, по мнению экспертов компании, будет расти более высокими темпами и к 2027 г. составит 17 трлн. руб. Реалии сегодняшнего дня способствуют трансформации привычек питания у современного потребителя. Согласно опросу, 74 % российских потребителей обращают внимание на состав продукта перед покупкой, 70 % готовы платить больше за продукты, обогащенные функциональными ингредиентами. Исследование компании Nielsen показало, что тренд на внимание к здоровью и безопасность продуктов сочетается с экономическим потреблением, т.е. потребитель готов приобрести меньшее количество более дорогостоящего продукта, если уверен в его натуральности и пользе для здоровья.

Побочное сырье, получаемое в результате переработки убойных животных и птицы, – ценный источник животного белка – коллагена, являющегося строительным материалом, необходимым для репарации тканей организма человека.

Статистические данные позволяют утверждать, что около 15 % белоксодержащих ресурсов мясной отрасли являются невостребованными. Особый интерес представляет коллагенсодержащее сырье, на долю которого приходится до 30 % общей массы белков, при выходе соединительной ткани 16 % к массе мяса на костях.

Фундаментальными исследованиями ряда ученых обосновано сходство физиологического воздействия пищевых волокон и коллагена. Теория рационального питания акад. А.М. Уголева показала и научно обосновала жизненно важную роль балластных веществ в метаболических процессах организма. В связи с этим, разработка способов трансформации белков

соединительной ткани с целью улучшения их усвоения и переваривания – перспективный вектор развития пищевой промышленности.

Особую актуальность в данном контексте приобретает необходимость симбиоза усилий государства, бизнес-сообщества и науки на базе комплексного подхода, развития принципов пищевой комбинаторики и конвергенции пищевых и информационных технологий, позволяющих разрабатывать безопасную конкурентоспособную продукцию.

Степень разработанности темы исследования.

Значительный вклад в теорию и практику переработки побочных продуктов различными методами и способами внесли многие российские и иностранные ученые – Л.В. Антипова, С.К. Апраксина, А.Н. Богатырев, А.С. Большаков, О.В. Бредихина, В.Г. Волик, И.А. Глотова, В.Н. Измайлова, А.И. Жаринов, Л.С. Кудряшов, В.Е. Куцакова, А.Б. Лисицын, О.Я. Мезенова, А.Д. Неклюдов, И.А. Рогов, А.А. Соколов, А.А. Семенова, А.И. Сницарь, Е.И. Титов, М.Л. Файвишевский, R.A. Lawrie, A. Veis, P. Hantzinger, G. Heinz, C. Warner и др. Изучением влияния методов обработки коллагенсодержащего сырья на свойства гидролизатов и ферментоллизатов занимались А.А. Соколов, Н. А. Баер, А.В. Николаев, G. Neirat, K. Balye, Lu G, B. Jankowska, V.G. Moss, J.C. Trautman и др. Возможности использования модифицированного коллагенсодержащего сырья в технологиях пищевых производств, фармакологии и косметологии проводили А.А. Алексеев, Н.Н. Липатов (мл.), С.И. Хвыля, А.М. Хилькин, Ушакова Н.А., D. Pszczola, M. Santo, K. Yoshimura и др.

Научные представления о значимости усвояемой формы коллагена в питании человека указывают на необходимость создания теоретических основ ресурсосберегающих технологий и положений, направленных на повышение глубины его переработки при снижении продолжительности ферментоллиза для получения перевариваемой, усвояемой и безопасной для здоровья формы коллагенсодержащего сырья, представляется актуальным. Ретроспективный анализ использования принципов пищевой биотехнологии в направлении

глубокого ферментолиза коллагенсодержащего сырья позволяет утверждать о незначительных темпах внедрения в промышленное производство, что связано с недостаточной изученностью и дефицитом промышленно выпускаемых ферментных препаратов.

Специалистами отрасли, начиная с 1950 г., по настоящее время разработан широкий спектр технологий использования коллагенсодержащего сырья в качестве: пищевого ингредиента, пленочных коллагеновых покрытий и оболочек, основы для косметических препаратов, направленных на анти-старение и анти-меланогенные изменения кожи, основы для ветеринарных противострессовых препаратов, в медицине для получения коллаген-гепариновых сосудистых протезов, коллагеновых материалов для быстрой репарации кожных покровов, интраокулярные коллагеновые пленки с гентамицина сульфатом и другие. Наибольшее распространение на сегодняшний момент получила технология использования коллагенсодержащего сырья при энергоемком производстве кормовой муки. Статистические данные позволяют утверждать, что около 15 % белоксодержащих ресурсов мясной отрасли являются не востребуемыми. Особый интерес представляет коллагенсодержащее сырье, на долю которого приходится до 30 % общей массы белков, при выходе соединительной ткани 16 % к массе мяса на костях. Учитывая запрет для стран-членов Всемирной торговой организации на использование мясной, мясокостной и костной муки в производстве кормовых продуктов, как меры, ограничивающей распространения прионовых инфекций, необходимо разрабатывать новые технологии переработки или предусматривать иные пути использования побочного коллагенсодержащего сырья.

Целью диссертационной работы являлась разработка инновационных технологий обогащенных мясных и рыбных продуктов питания на основе развития научных представлений о глубокой переработке побочного коллагенсодержащего сырья и возможности сохранности биологически активных веществ (термолабильные пептиды, йод в органической форме, аскорбиновая кислота

апикомпонентов) в технологическом цикле производства данного ассортимента продукции.

Основные задачи исследования:

1. Проанализировать теоретические аспекты, нормативно-техническую базу, методологию пищевой комбинаторики, направленную на создание продуктов питания с заданными свойствами.

2. Изучить существующие подходы к трансформации побочного коллагенсодержащего сырья, предложить новые ферментные препараты для протеолиза коллагенсодержащего сырья, исследовать их биокаталитические свойства.

3. Предложить современные подходы к развитию научных принципов гидролиза коллагенсодержащего сырья, направленный на глубокую переработку данного вида сырья и получение модифицированных продуктов с высокими функционально-технологическими свойствами, а также создание на их основе функциональных модулей, позволяющих сохранить термолабильные и легколетучие вещества в процессе термической обработки.

4. Разработать, теоретически и экспериментально обосновать рецептуры и частные технологии обогащенных мясных и рыбных продуктов, оценить показатели их нутриентной сбалансированности.

5. Разработать пакеты технической документации на предложенный ассортимент мясных и рыбных обогащенных продуктов питания, провести их промышленную апробацию и внедрить в производственный процесс предприятий.

Научная новизна работы.

Расширены научные знания глубокого ферментолиза коллагенсодержащего сырья с использованием базидиомицетов, позволяющие создавать ресурсосберегающие технологии переработки побочного сырья мясной и рыбоперерабатывающей отраслей пищевой промышленности.

Расширены теоретические сведения о биохимических и физико-химических характеристиках ферментных препаратов, обладающих коллагеназной

активностью – коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба, коллагеназа, продуцируемая грибом *Flammulina*. Проведена сравнительная оценка и получены закономерности направленного ферментолиза коллагенсодержащего сырья в зависимости от типа коллагена.

Предложена концепция сохранности биологически активных веществ в технологическом цикле производства продуктов питания при проектировании мясных и рыбных пищевых систем на основе возможности комплексообразования концевых групп модифицированного коллагена и легколетучих/ термолабильных нутриентов, что доказано методами дифференциально-сканирующей микрокалориметрии и газо-жидкостной хроматографии.

Представлена классификация функциональных модулей для использования в технологии мясных и рыбных пищевых систем на основе систематизации данных, отражающих взаимосвязь в цикле их производства вид белоксодержащих ингредиентов, характер предварительной обработки, условий и параметров технологических особенностей и функциональной направленности, что способствует развитию информационного обеспечения в области создания многокомпонентных продуктов питания на мясной и рыбной основах.

Определены зависимости изменения химико-технологических свойств (водосвязывающая способность, предельное напряжение сдвига, водо- и жирудерживающая способности, пластичность) от уровня замены мясного сырья на разработанные коллагеновые ферментолитаты и функциональные модули.

На основе результатов биологических методов («in vitro», «in vivo») доказано, что разработанный подход к производству позволяет получить продукты питания высокой биологической ценности.

Теоретическая и практическая значимость.

– проведен теоретический скрининг источников растительного, животного и микробиального происхождения для возможного получения ферментных препаратов, обладающих коллагенолитической активностью; на основе результатов коллагенолитической активности в качестве источника выбран

базидиомицет *Flammulina* и разработаны параметры получения коллагенолитического ферментного препарата;

– разработаны способы модификации побочного коллагенсодержащего сырья для получения продуктов ферментативной обработки с улучшенными функционально-технологическими свойствами и показателями переваримости по сравнению с нативным сыром;

– опираясь на принципы пищевой комбинаторики и современной нутрициологии, в соответствии с предложенной концепцией сохранности биологически активных веществ в технологическом цикле производства продуктов питания, разработаны, теоретически и экспериментально обоснованы рецептуры и технологии обогащенных мясных и рыбных продуктов, оценены показатели их нутриентной сбалансированности;

– разработаны рецептуры и технологии фортифицированных мясных и рыбных продуктов сбалансированного нутриентного состава с использованием функциональных ингредиентов на матричной коллагеновой основе: биологически активные вещества апикомпонентов, йод фукуса, полиненасыщенные жирные кислоты, микро- и макроэлементы);

– разработаны и утверждены пакеты технической документации на:

- изделия вареные колбасные с биологически активным комплексом (ТУ 9213-007-02068634-15);
- продукты из свинины с биологически активным комплексом (ТУ 9213-009-02068634-15);
- мясные рубленые полуфабрикаты с функциональным модулем (ТУ 9216-008-02068634-17);
- паштеты из мяса птицы стерилизованные с использованием многофункционального комплекса (ТУ 9216-009-02068634-17);
- мясные рубленые полуфабрикаты из говядины (ТУ 10.89.19-001-55260136-2020).

– в производственных условиях ОАО «Мясокомбинат Раменский» (Московская обл., г. Раменское), АО «Новая столица» (Московская обл., г. Егорьевск), ЗАО «Ялтинский мясокомбинат» (г. Ялта) проведена промышленная апробация разработанных мясных продуктов и технологии внедрены в производственный цикл предприятий, что подтверждают акты внедрения.

– экономический эффект от внедрения технологии биотрансформации рубца может составить (в ценах II полугодия 2019 г.) более 80 млн. руб. в год;

– результаты исследования используются в учебном процессе при подготовке выпускников уровня бакалавриата и магистратуры по направлениям 19.03.03, 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения».

Положения, выносимые на защиту.

Теоретический и практико-ориентированный подход создания ресурсосберегающих технологий с использованием новых источников продуцирования ферментных препаратов, обладающих коллагенолитической активностью.

Новые данные, отражающие закономерности направленного ферментолиза коллагенсодержащего сырья, в зависимости от типа коллагена.

Классификация функциональных модулей для использования в технологии мясных и рыбных пищевых систем на основе систематизации данных, отражающих взаимосвязь в цикле их производства вид белоксодержащих ингредиентов, характер предварительной обработки, условий и параметров технологических особенностей и функциональной направленности.

Научная концепция сохранности биологически активных веществ в технологическом цикле производства продуктов питания на основе возможности комплексообразования концевых групп модифицированного коллагена и легколетучих/ термолабильных нутриентов.

Технологические решения фортификации мясных и рыбных продуктов с функциональных модулей и результаты исследования *in vivo* как доказательная база высокой биологической ценности разработанных пищевых продуктов.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует пунктам 5, 10, 11, 12, 13 паспорта специальности 4.3.3 «Пищевые системы».

Личный вклад автора.

Диссертационная работа выполнена лично автором или при его непосредственном участии, является научным трудом обобщенных аналитических и экспериментальных исследований за многолетний (12-летний) период. Автором лично проведен теоретический скрининг, предложена методология работы, определены цель и задачи, разработана научная концепция, получены и проанализированы экспериментальные результаты, промышленная апробация, разработаны пакеты технической документации.

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Степень достоверности результатов исследований подтверждается уровнем экспериментальных исследований с использованием современных методов исследований и приборно-измерительной техники, промышленной апробацией работы. Обработка экспериментальных данных осуществлялась методами математической статистики. Повторность анализов при выполнении экспериментальных исследований 3-х кратная, количество параллельных определений – 3-5-ти кратное. Использовали критерий Стьюдента на уровне значимости $p=0,05$.

Основные положения работы и результаты исследований были представлены международных и всероссийских научных, научно-практических конференциях, форумах, симпозиумах, в том числе: международная конференция молодых ученых «Проблемы пищевой безопасности» (Москва, 2013 г.); X международная научно-практическая конференция «Технологии и продукты здорового питания. Функциональные пищевые продукты» (Москва, 2013 г.); VII Конференция молодых ученых и специалистов научно-исследовательских институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии (Москва, 2013 г.); VIII Московский международный конгресс «Биотехнология:

состояние и перспективы развития» (Москва, 2014 г.); XI международная научно-практическая конференция «Техника и технология: новые перспективы развития» (Москва, 2014 г.); международный научно-практический симпозиум «Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов» (Москва, 2014); международная научно-практическая конференция «Новые подходы, принципы и механизмы повышения эффективности производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Волгоград, 2014, 2015 г.); Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова (Москва, 2015); международная научно-практическая конференция «Инновации: перспективы, проблемы, достижения» (Москва, 2015 г.); международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология» (Калининград, 2017); международная научно-практическая конференция «Экологические, биотехнологические проблемы и их решение при производстве и переработке продукции животноводства (посвященная памяти академика РАН Сизенко Е.И.)» (Волгоград, 2017 г.); международная научно-практическая конференция «Церевитиновские чтения» (Москва, 2018, 2019); International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM (София, Болгария, 2018, 2019) Научные чтения, посвященные 90-летию со Дня рождения академика РАН И.А. Рогова (Москва, 2019); FarEastCon–Materials and Construction II (Владивосток, 2019); международная научно-практическая конференция «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2018, 2019, 2020); 15-ый Всероссийский фестиваль Наука 0+ (Москва, 2020); BioTech 2021: международная научно-исследовательская конференция по достижениям в биологической науке и технологии (Барнаул, 2022).

Результаты работы отмечены дипломами и медалями:

– Золотая медаль и диплом за разработку «Биомодифицированное коллагенсодержащее сырье как основа для создания биологически активного

комплекса» – в рамках Московского международного конгресса «Биотехнология: состояние и перспективы развития», Москва, 2014.

– Золотая медаль и диплом за инновационную технологию многофункционального белоксодержащего комплекса, обогащенного минорными нутриентами для мясных продуктов представленную на Всероссийском смотре-конкурсе лучших пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок, Волгоград, 2015.

– Золотая медаль и диплом за разработку технологии поликомпонентного продукта профилактического назначения на основе мяса птицы и минорных компонентов, представленную на «Всероссийском смотре-конкурсе пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок», Волгоград, 2016.

– Золотая медаль и диплом за разработку технологии колбасных изделий пониженной жирности, представленную на «Всероссийском смотре-конкурсе пищевых продуктов, продовольственного сырья и инновационных разработок», Волгоград, 2017.

– Диплом I степени за разработку технологии производства стерилизованных консервов из мяса птицы функциональной направленности, представленную на «Международном смотре-конкурсе лучших инновационных разработок AGRITECH-2020», Красноярск-Волгоград, 2020.

– Диплом I степени за создание функциональных мясных продуктов длительного хранения, в том числе, сублимированных, обогащенных биологически активными белками и пептидами животного происхождения, представленную на «Международном смотре-конкурсе лучших инновационных разработок AGRITECH-2022», Волгоград, 2022.

Практические аспекты применения разработанной методологии использованы в рамках работ по грантам: МК-6306.2018.11 «Создание специализированных мясных и рыбных продуктов питания пролонгированных

сроков годности с использованием модулей с заданным составом и свойствами»; МК-1813.2020.11 «Создание функциональных мясных продуктов питания длительного хранения, в том числе сублимированных, обогащенных биологически активными белками и пептидами, выделенными из крови убойных животных и молока»; государственного задания высшим учебным заведениям и научным организациям Минобрнауки РФ 15.7579.2017/БЧ «Разработка биотехнологии продуктов общего и функционального назначения на основе биомодификации сырья животного, растительного, в т.ч. вторичного нетрадиционного происхождения, обеспечивающей импортозамещение».

Публикации.

По результатам исследований, изложенных в диссертационной работе, опубликовано 83 печатные работы, в том числе 18 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 11 статей в журналах, входящих в базу цитирования Scopus и Web of Science, получен патент на изобретение, издано 2 учебных пособия, 10 методических указаний.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 303 страницах основного текста, включает 6 глав, среди которых, введение, аналитический обзор литературы, материалы и методы исследований, результаты исследований и их обсуждение, выводы и предложения, 6 приложений. Материал включает 68 рисунков и 79 таблиц. Список литературы состоит из 327 источников.

ГЛАВА 1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Производство и потребление продуктов животного происхождения

Производство продуктов животного происхождения является одним из основных источников удовлетворения потребностей населения страны в высокобелковых продуктах питания. Особое значение приобретает производство и потребление мяса [109, 137, 168]. В последние годы особые успехи достигнуты в отечественном производстве продукции свиноводства и птицеводства, были выполнены пороговые значения самообеспеченности по мясу и мясным продуктам (не менее 85 %). Так, например, в 2019 г. значение [141] данного показателя составило 96,7 %.

Используемые индикаторы продовольственной безопасности в Доктрине № 20, утвержденной от 21.01.2020 г., не включают оценку соблюдения рациональных норм питания, которые необходимы для поддержания здорового образа жизни населения [167, 233, 242]. Остается актуальным вопрос, насколько финансово доступна качественная структура потребления, каковы масштабы распространения неполноценного питания в РФ [164, 180, 181].

Данные Национального союза свиноводов (НСС) констатируют, что в 2022 г. в РФ произведено более 4 млн тонн свинины в живом весе. Лидерами стали «Мираторг», группа «Сибagro», группа «Русagro».

Национальный союз птицеводов также обновил данные по производству мяса птицы в живом весе в промышленном секторе по итогам 2022 г. Рейтинговые показатели остановились на уровне 6,5 млн тонн, что на 4,9 % выше данных 2021 г. (на 6,2 млн тонн).

Общий объем производства мяса индейки в России в 2022 г. во всех хозяйствах увеличился на 3,5 %, до 414,5 тыс. тонн в убойном весе (материалы Национальной ассоциации производителей индейки и компании Agrifood

Strategies). Крупнейшим в России производителем индейки по итогам стала группа «Дамате», увеличившая производство с 200 до 215 тыс. тонн продукции [175, 176, 235].

Что касается потребления, то современный потребитель отдает предпочтение свинине, мясу птицы и индейке [125]. Анализ предпочтений потребителей в сегменте потребления мясных продуктов представлен на рис. 1.

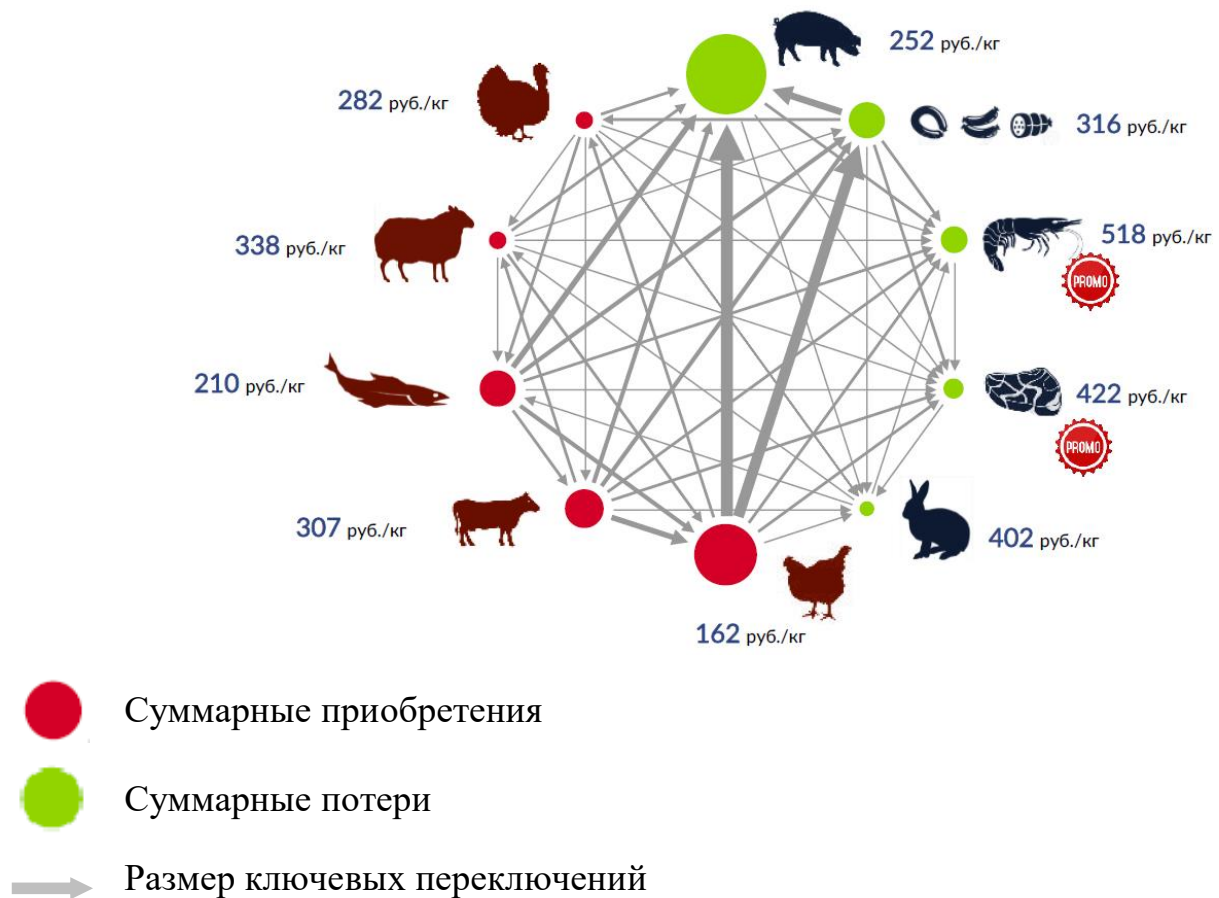


Рис. 1. Анализ предпочтений потребителей в сегменте мясных продуктов

Потребление мяса в России в 2022 г. выросло на 2,3 % относительно уровня предыдущего года и достигло рекордного показателя как минимум за последние десять лет – 79 кг на одного человека в год. Это следует из презентации Национального союза свиноводов. Ориентируясь на данные Национальной мясной ассоциации (НМА), максимальный рост потребления в 2022 г. отмечался по

свинине и индейке – на 6 % и 4 %, соответственно. Потребление говядины показало незначительное снижение. По показателям потребления мяса РФ вплотную приблизилась к наиболее богатым странам с их средним потреблением, согласно данным ФАО/ВОЗ, около 83 кг. Среднемировой показатель в 2022 г. – около 43 кг.

Потребительский спрос на колбасные изделия, как на товар, не относящийся к категории продуктов первой необходимости, является основным фактором, определяющим показатели рынка, и в первую очередь зависит от уровня доходов и структуры расходов населения (особенно в кризисные периоды) с учетом цены на товар [88, 89, 184]. Соответственно, с ростом цен на продукцию потребительский спрос на колбасные изделия может претерпеть структурные изменения (потребители будут переключаться на более дешевые товары). В свою очередь, цены и объемы производства зависят от цен на сырье, которое в последние годы показывает рекордный рост [189]. Вместе с тем, ограничивают развитие рынка запреты на импорт в РФ товаров, а также популяризация правильного питания и здорового образа жизни в последние годы, из-за чего многие потребители проявляют интерес к мясу. Продовольственная корзина граждан РФ представлена на рис. 2.

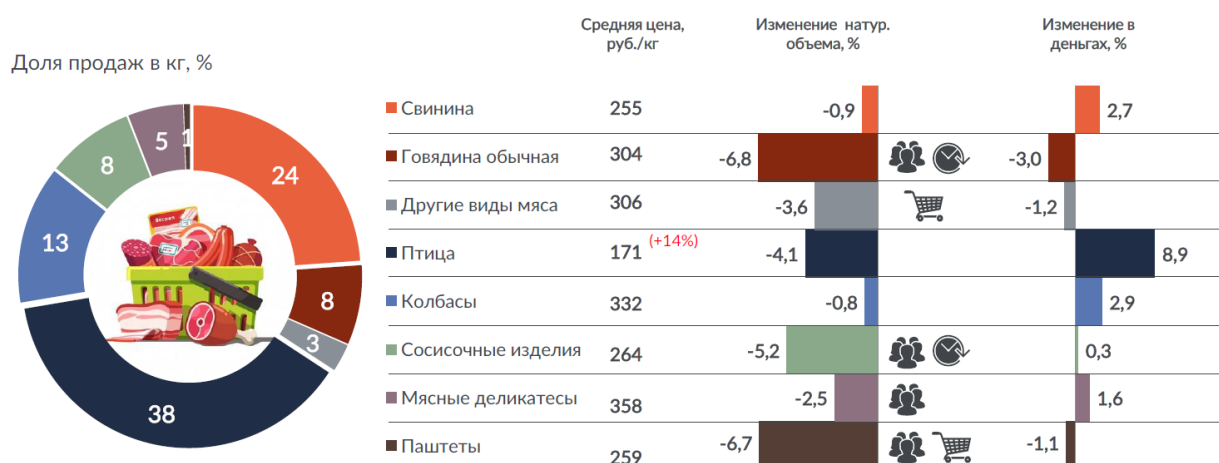


Рис. 2. Структура корзины граждан РФ в мясном сегменте (Источник: ГфК Русь, Панель домашних хозяйств, Мясные продукты)

Не смотря на стоимость продуктов в мясном сегменте, все же необходимо отметить популярность этих видов продуктов, что говорит о необходимости расширения линейки в данном секторе, в том числе с использованием функциональных ингредиентов [234]. Прирост производственных мощностей позволяет предположить увеличение количества побочного сырья при переработке. Данное обстоятельство требует от специалистов отрасли разработки ресурсосберегающих технологий для минимизации количества отходов в рамках развития наилучших доступных технологий.

1.2 Сырье животного происхождения с высоким содержанием соединительной ткани: характеристика, свойства и использование в пищевой промышленности

Мясная отрасль является ведущей отраслью Агропромышленного комплекса (АПК), перерабатывающей сельскохозяйственное сырье – животные для убоя. В процессе убоя и разделки получают как основное, так и побочное (вторичное) сырье [6]. К основному сырью относится мясо на костях и субпродукты, предназначенные для употребления в натуральном виде и для переработки с целью получения колбасных изделий, продуктов из мяса, полуфабрикатов, кулинарных изделий, консервов и т.д. Средневзвешенные нормы выхода субпродуктов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Норма выхода пищевых обработанных субпродуктов (% к массе мяса на костях) [201]

Вид сырья и продукции	КРС	Свиньи
печень	1,75	1,8
почки	0,42	0,34
язык	0,47	0,3
мозги	0,18	0,09
сердце	0,82	0,40
мясокостный хвост	0,32	-
диафрагма	0,68	0,51
рубец	2,10	0,99
калтык	0,31	0,36
мясо пищевода	0,16	0,09
сычуг	0,56	-
легкие	1,14	0,45
трахея	0,25	0,17
путовый состав	1,52	2,14
уши	0,22	0,69
голова	5,7	6,78
губы	0,29	-
мясокостный хвост	-	0,1
селезенка	-	0,22

Побочным сырьем считается сырье, получаемое в процессе производства основного сырья. Термин «побочный» в словаре русского языка, определяется как «второстепенный, не основной, не главный; продукт, образующийся в процессе получения основного продукта». К категории побочного сырья относятся: субпродукты, не направленные на пищевые цели, кровь, кость, шкуры, кишечное сырье, жир-сырец, эндокринно-ферментное и специальное сырье, содержимое желудочно-кишечного тракта и непищевое сырье, которые используются для изготовления определенных видов пищевой продукции, фармацевтических препаратов, кормов, кожевенной и меховой продукции и др.

Современный уровень развития мясной отрасли АПК требует принципиально нового подхода к проблеме комплексного использования всех видов сырья – не только основного, но и побочного [18, 92, 162]. Основа этого

подхода состоит в создании и внедрении мало- и безотходных технологий, которые дают возможность максимально и комплексно извлекать все ценные компоненты сырья, создавать на их основе продукты питания, а также исключать или уменьшать ущерб, наносимый окружающей среде в результате выбросов отходов производства в воздух, воду и почву [162]. Внедрение безотходной технологии должно обеспечить комплексное и рациональное использование всех видов сырья с целью увеличения съема продукции с единицы переработанного сырья и охраны окружающей среды от антропогенного воздействия производства не столько за счет полного отсутствия отходов, а также их рациональному использованию в производстве [259, 262, 266].

При решении вопросов более полного использования мясного сырья важным моментом является возможность увеличения объемов выработки полноценных мясных продуктов за счет вовлечения в производство побочного сырья переработки скота, огромные ресурсы которого реализуются далеко не рационально. Эта проблема представляется еще более острой, с учетом того, что по данным ЮНЕСКО, лишь около 30 % белка потребляемого населением земного шара поступает в организм с продуктами животного происхождения. Следовательно, в последние годы многие ученые из разных стран говорят про неполное использование мясных субпродуктов, которые могут стать дополнительным источником животного белка [193, 207, 234, 263, 265].

Во время промышленной переработки мясного сырья на предприятиях накапливается значительное количество субпродуктов с высоким содержанием соединительнотканых белков. Часть этого сырья применяется для изготовления мясных изделий, а другая, хотя и имеет определенную пищевую ценность, используется недостаточно эффективно или вовсе не используется.

Согласно ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», под термином «субпродукты» понимают продукты убоя в виде внутренних органов, головы, хвоста, конечностей (или их частей), мясной обрезки, зачищенные от

кровоподтёков, без серозной оболочки и прилегающих тканей, а также шкурки и межсосковой части свиней. С целью соблюдения требований технических регламентов был разработан ГОСТ 32244–2013 «Субпродукты мясные обработанные. Технические условия». Требования стандарта распространяются на обработанные мясные субпродукты, предназначенные для реализации в розничной торговле, сети общественного питания и промышленной переработки [219–223].

В зависимости от вида убойных животных субпродукты подразделяют на: говяжьи, свиные, бараньи, конские, оленьи, верблюжьи [223].

В зависимости от особенностей морфологического строения и способов обработки субпродукты подразделяют на [190, 191, 261]: мясокостные, к которым относят головы, хвосты и т.д.; мякотные – мозги, селезёнки, калтыки, диафрагма, трахеи, вымя, семенники говяжьи и бараньи и т.д., шёрстные – головы, ноги свиные, уши и губы, хвосты, шкурка и т.д.; слизистые – рубцы с сетками и сычуги и т.д.

Благодаря своим свойствам субпродукты реализуются не только в сыром виде, но и имеют значительный потенциал в производстве различных видов мясной продукции, в том числе специализированного и функционального назначения [56, 57].

Практически все специалисты, изучавшие коллаген, сходятся на мысли, что уменьшение гибкости и подвижности в суставах с возрастом – следствие «старения» коллагена в составе соединительных тканей [121, 260].

Тенденции в области промышленного производства пищи связаны с созданием ассортимента функциональных продуктов, способствующих поддержанию и коррекции здоровья при их ежедневном потреблении за счет регулирующего и нормализующего воздействия на организм в целом либо на определенные его органы или функции. Особая роль здесь принадлежит вторичным (побочным) продуктам переработки сельскохозяйственных животных и птицы как источникам биополимеров и их эссенциальных структурных единиц –

незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот, органического железа, других микро- и макроэлементов [147, 264]. Трудно переоценить их возможности в целенаправленном обогащении продуктов питания, как традиционного ассортимента, так и новых технологических форм, включая аналоговые и имитирующие традиционные продукты массового потребительского спроса, которые способны оказывать восстанавливающее и стабилизирующее действие на внутреннюю среду организма человека [32, 64, 83].

Побочные продукты переработки сельскохозяйственных животных представляют интерес для отрасли, поскольку содержат белок молодости – коллаген.

1.2.1 Коллаген: структура и свойства

Коллаген является наиболее важным белком, вырабатываемым человеческим организмом, он в основном образуется аминокислотами глицином (33 %), пролином и гидроксипролином (22 %) (первичная структура) в триплексной спирали, которая образована тремя α -цепями. Каждая α -цепь состоит примерно из 1014 аминокислот с молекулярной массой около 100 кДа [103–106, 140, 269, 275]. Цепи свернуты в левостороннюю спираль с 3 аминокислотами (вторичная структура). Цепи скручиваются вокруг друг друга в тройную спираль, образуя жесткую структуру (третичную структуру). Супер-спираль представляет собой основную структуру коллагена (четвертичную структуру), которая очень стабильна вследствие внутримолекулярных водородных связей между глицином в соседних цепях. Молекула коллагена образуется для тройной спиральной области и двух негелевых областей на обоих концах спиральной структуры с молекулярной массой ≈ 300 кДа, длиной 280 нм и диаметром 1,4 нм. Было идентифицировано почти 28 типов коллагена, но коллаген I типа наиболее распространен в коже, костях, зубах, сухожилиях, связках, сосудистой лигатуре и органах [320–325]. Коллаген II типа присутствует в хрящах. Для коллагена III типа

наиболее распространенными источниками этого белка являются кожа, мышцы и кровеносные сосуды. Тип IV был зарегистрирован в секретируемом эпителием слое базальной мембраны и базальной пластинке [111, 112, 121, 138, 229, 236, 237]. Коллаген V типа является одним из основных компонентов клеточных поверхностей и плаценты [270, 272, 273]. Коллагены различны по своему составу α -цепи, в зависимости от повторения и длины повторения аминокислоты Gly-X-Y, с перерывами и без перерывов, а также локализации позиций X и Y пролином и его гидроксипролином, соответственно [287–292]. Коллаген был классифицирован на различные семейства, такие как фибриллярные и сеткообразующие коллагены, FACITs (фибрилл-ассоциированные коллагены с прерывистыми тройными спиралями), MACIT (мембраносвязанные коллагены с прерывистыми тройными спиралями) и MULTIPLEXINs (множественные тройные спиральные домены и перерывы). Фибриллярный коллаген является наиболее распространенным коллагеном у позвоночных, и он играет структурную роль, внося вклад в молекулярную архитектуру, форму и механические свойства тканей, такие как прочность на разрыв в коже и устойчивость к растяжению в связках (коллагены типа I, II, III, V, XI, XXIV и XXVII). В таблице 2 представлены основные типы коллагенов и их локализации в организме животного.

Таблица 2 – Типы коллагенов и локализация в организме [225, 318, 319]

Тип коллагена	Примеры локализации
I	соединительная ткань кожи, кость, роговица глаза, склера, стенка артерий
II	гиалиновый и фиброзный хрящи, стекловидное тело
III	дерма кожи плода, стенка больших кровеносных сосудов, ретикулярные волокна
IV	базальные мембраны, капсула хрусталика
V	около клеток, которые его синтезируют

VI–VII	микрофибриллы
VIII–XXVIII	эндотелий, хрящи, стекловидное тело

FACITs (фибрилл-ассоциированные коллагены с прерывистыми тройными спиралями) сами по себе не образуют фибрилл, но они связаны с поверхностью коллагеновых фибрилл [301–305]. Коллагены FACIT имеют тройную спираль, прерываемую неколлагеновыми доменами, которые могут действовать как суставы, которые полезны, поскольку позволяют протеолитическому расщеплению структуры преодолевать устойчивость к протеазам нативных тройных спиралей [238, 239, 326, 327].

Семейство коллагена MULTIPLEXIN включает типы XV и XVIII. Коллаген типа XV и XVIII представляет собой молекулу базальных мембран. Коллаген XV обнаружен в скелетной и сердечной мышцах, коллаген типа XVIII является компонентом печени. Коллагеновое семейство MACIT имеет многочисленные прерывания в тройной спирали, не самоорганизуется в фибриллы и играет роль в клеточной адгезии и передаче сигналов. Другие типы коллагена находятся в очень низкой концентрации и в определенных органах в организме [20, 36, 186].

Большая часть (95 %) коллагена в организме животного составляют коллагены I, II, III типа, которые образуют очень прочные фибриллы, являются основными структурными компонентами органов и тканей, которые испытывают постоянную или периодическую механическую нагрузку (кости, сухожилия, хрящи, межпозвоночные диски, кровеносные сосуды), а также участвуют в образовании стромы паренхиматозных органов. Поэтому коллагены I, II, III типа часто называют интерстициальными [62, 272, 274, 282, 283, 300].

К сожалению, использование коллагенсодержащего сырья в промышленности ограничивают низкие функционально-технологические свойства и несбалансированный аминокислотный состав (белок лишен аминокислоты триптофана). Аминокислотный состав коллагена представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Аминокислотный состав коллагена [121, 148]

Аминокислоты	Содержание, %	Аминокислоты	Содержание, %
Лизин	2,60	Аланин	10,93
Гистидин	0,42	Валин	2,02
Аргинин	4,45	Метионин	0,61
Аспартовая кислота	4,90	Изолейцин	1,36
Треонин	1,87	Лейцин	2,66
Серин	3,87	Тирозин	0,52
Глутаминовая кислота	7,19	Фенилаланин	1,31
Пролин	11,82	Гидроксипролин	9,21
Глицин	33,50	Гидроксилизин	0,76

1.2.2 Современные источники коллагена

Современную классификацию источников коллагена можно представить в виде таблицы 4.

Таблица 4 – Классификация коллагенов по происхождению [114, 117, 118, 119, 130, 131, 142, 145, 146, 154, 161, 187, 224, 245–250]

№.№ п/п	Наименование коллагена	Характеристические особенности
1	Говяжий	Извлекают, в основном, из ахиллова сухожилия крупного рогатого скота с помощью ферментов (алкалаза, пепсин, трипсин и коллагеназа, продуцируемые <i>Penicillium aurantiogriseum</i>). Проявляет антигипертензивную, антиоксидантную и антимикробную активность.
2	Свиной	Извлекают из свиных шкур гидротермальным способом и фракционируется ультрафильтрационными мембранами, имеет

		<p>небольшую молекулярную массу (~10 кДа), проявляет антиоксидантные, омолаживающие, проникающие в кожу свойствами и ингибирующую активность АПФ.</p> <p>Гидролизаты из свиной шкуры состоят из функциональных пептидов, обычно используемые в качестве пищевых добавок, поскольку для гидролиза используют высокую температуру (150–250 °С) и давление (350–3900 кПа).</p>
3	<p>Морской</p>	<p>Получают из рыб и беспозвоночных (медузы). Гидролизат из <i>Prionace glauca</i> за счет биомодификации алкалазой, состоит из пептидов с молекулярной массой ниже 20 кДа и обладает нутрицевтическими эффектами.</p> <p>Чешуя тилапии (<i>Oreochromis niloticus</i>) были использованы для получения гидролизатов с высоким функционально-технологическими свойствами и небольшой молекулярной массой. Гидролизаты (~ 5кДа) использовались в качестве ингибитора перекиси в липидной пище и цитопротектора в клеточной культуре.</p> <p>Гидролизаты получены из кожи тунца, трески (<i>Gadus morhua</i>), Аляскинского минтая и хряща куньих акул, которые обрабатывали при различных температурах (150–300 °С), давлении (50–100 бар) и продолжительности (5 мин). Полученные биопептиды демонстрировали низкую молекулярную массу (3–5 кДа) и значительную антиоксидантную активность.</p>
4	<p>Куриный</p>	<p>Получают биомодификацией ног цыплят-бройлеров, проявляет высокую растворимость, ингибирование ангиотензинпревращающего фермента и антиоксидантную активность.</p> <p>Гидролизаты из ног цыплят-бройлеров, обработанные ферментными препаратами при различных температурах (4, 30 и 56 °С) и</p>

		жироудерживающей, эмульгирующей и пенообразующей способностями.
5	Коллаген из альтернатив	Получают кислотным гидролизом кожи дальневосточной лягушки, проявляет высокую растворимость и антиоксидантную активность.

Нативный коллаген типа I может быть извлечен из разных источников, однако основным источником извлечения является бычий из-за его доступности, самое главное, биосовместимости с организмом человека. Извлечение коллагена может быть осуществлено из разных тканей, таких как кости, сухожилия, легочная ткань или иная соединительная ткань. Еще один распространенный источник – свиные субпродукты [126, 151, 252]. Этот источник имеет большое сходство с человеческим коллагеном. Нет никаких аллергических ограничений на его использование, потому что он широко используется для укрепления сухожилий, устранения грыжи, и для ран на коже в качестве матрицы для пластической и реконструктивной хирургии [122, 123, 243].

Альтернативные источники для извлечения нативного коллагена, которые не имеют бычьего или свиного происхождения, были разработаны из сухожилий и кожи овец; рыбных тканей, таких как кости, кожа, чешуя или отходы рыбных побочных продуктов, или другие источники, такие как кожа цыпленка, утки и кролика [286, 293, 294].

Наиболее доступные источники коллагенсодержащего сырья – субпродукты и кожные покровы сельскохозяйственных животных и рыб [13, 17, 19, 254, 255, 258].

Стоит отметить, что субпродукты доступнее в ценном плане, чем мясо, но при этом обладают практически такой же пищевой ценностью, а по содержанию белка некоторые субпродукты преобладают над основным сырьем, например, мякотные [20, 21, 144]. Шерстные и слизистые субпродукты менее востребованы

из-за наличия в их составе значительной доли коллагена и данный факт делает их интересным объектом для научного исследования. Рассмотрим некоторые из них.

Говяжье легкое – субпродукт, состоящий из легочной паренхимы – тонкостенных эпителиальных мешочков – альвеол, которые благодаря кровеносным капиллярам и тонкой сетки эластических и ретикулиновых волокон имеет губчатую структуру [295].

Характерным признаком легочной ткани являются своеобразная складчатая слизистая оболочка и хрящевые кольца, и вставки в бронхах большего диаметра [298].

После термической обработки легочная паренхима разрушается, теряет свою губчатость и приобретает более интенсивную окраску. Структура хрящевых образований (колец или пластин) почти полностью сохраняется и позволяет достоверно дифференцировать этот орган. Легкое мало используется в пищевой промышленности.

Говяжий рубец способствует активизации перистальтики желудочно-кишечного тракта и обладает рядом других положительных свойств. Он богат ферментами, микро- и макроэлементами, по содержанию общего белка, из которого около 50 % приходится на соединительную ткань, приближается к говядине [28, 296, 297].

Говяжий рубец, являясь животным сырьем и имея клеточную структуру, в силу своего строения (гладкая мышечная ткань образована двумя слоями, волокна каждого из которых расположены перпендикулярно друг к другу, соединительная ткань, обладающая повышенной жесткостью), и природы белков (содержание коллагена достигает 50 % от общего количества белков), обладает низкими потребительскими свойствами [256, 257].

Внутренняя поверхность стенки рубца сформирована крупными уплощенными ворсинами. В ворсинах и подстилающих их слизистом и подслизистом слоях выявлено большое количество волокнистых элементов,

представленных преимущественно коллагеновыми волокнами различной толщины. Эти волокна собраны в плотные толстые пучки, пересекающиеся в различных направлениях, формируя сложную трехмерную сеть [267, 268, 299].

Губы КРС – кожно-мышечные складки, ограничивающие ротовую щель. Снаружи губы покрыты волосами, а со стороны полости – слизистой оболочкой с многослойным плоским эпителием. Место соединения верхней и нижней губ называется спайкой. В основе губ залегает круговая мышца рта, в которую вплетаются лицевые мышцы. Губы снабжены чувствительными нервными окончаниями [121].

Свиные шкуры – кожный покров свиной туши с высоким содержанием коллагена, в меньшей степени эластином. Эпидермис относительно толстый, дерма содержит значительное количество жировых клеток [217].

Мясная обрезь – продукт переработки полутуш, содержит мышечные и коллагеносодержащие белки, микроэлементы, витамины, в том числе, группы В [306, 310].

Кожа рыб – по химической природе коллаген кожного покрова рыб близок к коллагену сельскохозяйственных животных. Кожа содержит меньше минеральных соединений неоднородно по химическому составу в зависимости от жизненного цикла биообъектов [43, 87, 188].

1.2.3 Сингулярность современных способов трансформации коллагенсодержащего сырья

Прогресс в разработке научно-обоснованных методов выделения нативного коллагена из соединительной ткани, позволяющих сохранить молекулярную структуру и биологическую активность этого белка при максимальном уровне его очистки от сопутствующих биополимеров, дал возможность значительно

расширить пути использования коллагенсодержащего сырья мясной отрасли [22, 27, 60, 308, 309, 313].

Очищенные коллагеновые субстанции из соединительнотканых отходов мясоперерабатывающей отрасли пищевой промышленности выступают как компоненты рецептур продуктов питания с заданным составом и уровнем балластных веществ. Например, рецептура рубленых полуфабрикатов с дозированным содержанием коллагена, обеспечивающих профилактику состояния желудочно-кишечного тракт [307].

Необходимо отметить, что в странах Западной Европы, Японии, США на протяжении ряда последних лет проводятся исследования по изысканию способов модификации коллагенсодержащего сырья и использования его в качестве эмульгатора, стабилизатора и источника пищевых волокон при выработке широкого ассортимента пищевых продуктов [4, 5, 107, 151, 158, 160, 300, 312].

В существующих реалиях наиболее распространенными способами трансформации коллагенсодержащего сырья являются физическая, химическая модификация, а также биомодификация [271, 280, 281]. Общая характеристика процессов трансформации коллагена представлена в таблице 5.

Среди основных современных и наиболее перспективных подходов к переработке побочного коллагенсодержащего специалисты отрасли выделяют: высокотемпературная кратковременная обработка (до 250 °С в течение не более 180 с); использование ферментных препаратов [124, 316, 317].

Потребность в животном белке для питания населения РФ составляет 1 800 тыс. т/ год.

Таблица 5 – Отдельные показатели процессов трансформации коллагенсодержащего сырья [54, 108, 145, 311, 314, 315, 276, 279]

№№ п/п	Способ трансформации	Характеристические особенности
1	Физическая модификация	<p>Предварительная обработка, приводящая к его диспергированию, с сохранением в основном трехспиральной структуры молекул может быть одно- или многостадийной. Получаемые в результате такого воздействия препараты существенным образом отличаются от таких производных коллагена как желатин или клей, представляющие собой продукты его денатурации.</p> <p>Воздействие механическое (измельчение на волчке, куттере) частично изменяет структуру, но не молекулярном уровне.</p> <p>Применение акустического воздействия приводит к интенсификации процесса распада коллагена.</p> <p>Воздействие высокой температуры способствует свариванию коллагена.</p>
2	Химическая модификация	<p>Химическая обработка раствором с концентрацией щелочи 10–100 г/дм³ и соли 50–200 г/дм³, затем следует солевая промывка хлоридом натрия концентрацией 50–200 г/дм³, нейтрализация сырья соляной кислотой до рН 5,5–6,0 и повторная промывка хлоридом натрия концентрацией 50–200 г/дм³.</p> <p>Происходит химический гидролиз пептидных связей с образованием свободных амино - и карбоксильных групп, что сдвигает изоэлектрическую точку в область рН 4,8–5,0. При этом возможны дополнительные реакции: от некоторых остатков аргинина отщепляется мочевины с образованием орнитина, часть из них распадается дальше до цитрулина; некоторые концевые аминокислоты (главным образом глицина) становятся свободными.</p> <p>Применение нейтральной соли в процессе разрыхления сырья гидроксидом натрия позволяет осуществить направленный гидролиз</p>

		<p>его структуры по линии разрыва поперечных межфибриллярных связей, препятствуя при этом щелочному набуханию коллагена. Обработка приводит к разрушению основного цементирующего вещества соединительной ткани, в частности, кислых гликозаминогликанов, дезорганизации и дезинтеграции структурных элементов коллагена, нарушению межмолекулярных связей, что делает возможным диспергирование его в уксусной кислоте низкой молярной концентрации.</p> <p>Недостатком данного способа является необходимость нейтрализации сырья химическими реактивами после каждой стадии обработки. Причем нет объективных оснований считать, что подобная обработка не приводит к образованию в структуре сырья химических соединений, способных негативно влиять на живой организм.</p> <p>Можно проводить обработку кислотами с последующим добавлением гидроксиламина при повышенной температуре, после снижения которой и нейтрализации, продукт может быть использован для выработки желатина.</p>
3	Биомодификация	<p>В настоящее время используются ферменты: пепсин, трипсин, панкреатиназа, протосубтилин Г20Х, мергалин, коллагеназа.</p> <p>Коллагеназа обладает высокой специфичностью в отношении протеолиза пептидных связей в нативном коллагене. Расщепление происходит между звеньями <i>R</i> и <i>Гли</i> в последовательности <i>X – Про-R-Гли-Про – Y</i>, где <i>X</i> и <i>Y</i> – блокирующие группы; <i>R</i> – аминокислота. Позже, последовательность было предложено несколько модифицировать: <i>X – Про-R1-R2-Про – Y</i>. В этой последовательности остаток пролина может быть замещен оксипролином, что сильно снижает скорость расщепления. Наиболее обычным заместителем глицина в положении <i>R2</i> является аланин.</p>

		<p>Остаток <i>R1</i> как правило является оксипролином и аланином.</p> <p>Трипсин и пепсин не вызывают изменения трехцепочных спиралей коллагена при температуре выше 20 °С. Однако обработка этими ферментами способствует его разрыхлению, растворению при повышении температуры и экстрагированию гидротопными соединениями.</p> <p>Существуют способы модификации коллагенсодержащего сырья ферментами микробного происхождения, безопасность которых необходимо оценивать с точки зрения остаточной протеолитической активности.</p>
--	--	---

Используемые в настоящее время коллагеназы имеют ряд существенных недостатков. Наиболее известный продуцент коллагеназы – бактерия *Clostridium histolyticum* является возбудителем гангрены, вследствие чего предъявляются повышенные требования безопасности на всех стадиях производства и реализации продукции [277, 278]. При получении коллагеназы из камчатского краба используется только гепатопанкреас (орган, совмещающий функции печени и поджелудочной железы), что приводит к образованию большого количества отходов, которые в дальнейшем необходимо утилизировать. Коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба безопасна для человека, но значительное различие в степени чистоты и активности фермента в зависимости от производственной партии несколько ограничивает ее применение [4, 34, 35].

В связи с реализацией государственной политики здорового питания подходы к рациональному использованию коллагенсодержащего сырья в технологии производства мясных продуктов базируются на медико-биологических требованиях к нутриентно-адекватному питанию. В этом большая роль отводится соединительнотканым белкам как аналогам пищевым волокнам со всеми присущими им физиологическими свойствами [12, 24].

В Великобритании разработан и запатентован способ улучшения качества мясных продуктов, вырабатываемых из мяса механической обвалки или мясной обрезки. С этой целью к мясному сырью добавляют коллаген в виде волокон длиной 0,5–3,0 мм в количестве 1–10 %; после соответствующих обработок из смеси формируют гамбургеры, патти, колбаски [149]. Введение волокон улучшает структурную стабильность и реологические характеристики фарша из низкосортного мяса, а следовательно, и качество готовых продуктов. Это связано с большой водоудерживающей способностью коллагена, а также с возможностью образовывать желатиноподобные структуры при тепловом воздействии [33, 40].

В Нидерландах вырабатывают сухое коллагеновое волокно, предназначенное для добавления в рецептуры всех видов мясных продуктов в целях улучшения их текстуры, водо- и жирудерживающей способностей. Технологический процесс включает в себя удаление прирезей жира и мяса, измельчение, промывку и сушку. Готовое коллагеновое волокно обладает высокой желатинизирующей способностью и выдерживает без разрушения тепловую обработку до 80 °С. Применение данного коллагенового волокна особенно эффективно в продуктах со слабой текстурой, например, вырабатываемых из мяса механической обвалки, что связано с удалением из него большей части нативной соединительной ткани [58, 59].

В Японии получаемые коллагенсодержащие препараты используют при выработке колбас, ветчин, гамбургеров, пирожков, патти. Например, продукт «Рикимито С» способен заменять мясное сырье при производстве колбас и ветчины в количестве, соответственно, 10–15 % и 20 %. Схема производства предусматривает выполнение следующих операций: отбор и промывку сырья; обработку специальными реагентами; нейтрализацию; вторичное промывание и измельчение; введение вкусовых добавок; замораживание и хранение при минусовых температурах. Готовый «Рикимито С» содержит, %: влаги – 77, белка –

15, жира – 5, золы – 3. Величина рН – 6,0–6,5. Его желирующая основа позволяет добиться прочности студня 550–600 г по Блюму.

Продукт «Дэрами» представляет собой гранулированный коллаген, модифицированный нагреванием. Он термостоек, имеет высокую влагосвязывающую способность, что делает его пригодным для замены мясного сырья (10–20 %) при выпуске гамбургеров, патти, начинок для пирожков. Продукт содержит, %: влаги – 75, белка – более 18, жира – 5, золы – 1.

Японские компании выпускают также и другие продукты из коллагенсодержащего сырья: «Дэпурон» – сырой желатин, а также гранулированный желатин, желатин «Дэрамито» и продукт «Пуромито». Содержание влаги в сыром желатине «Дэпурон» достигает 70 %, а в «Пуромито» – 80 %.

В связи с тенденцией к снижению калорийности продуктов питания проводятся работы по созданию изделий, позволяющих сохранять биологическую ценность пищи, но одновременно снижающих ее калорийность. К одному из таких источников, по мнению К. Marggrander, относится коллаген. Автор предлагает добавлять к мясу препарат «Null-Bloom-Gelatonen», получаемый модификацией богатого коллагеном вторичного мясного сырья. Продукт содержит 24,9 г белка сухого вещества; он имеет специфический привкус, что, по мнению автора, связано с большим количеством глицина; растворим в холодной воде и повышает стабильность пен и эмульсий; способен образовывать комплексы с другими белками и структурирующими веществами [48, 58, 59].

Широко распространены изделия кулинарной готовности с использованием коллагенсодержащего сырья за рубежом. В Великобритании разработана технология производства мясного хлеба, в состав которого входят 20 % рубца, а также свинина, соевый изолят, специи, посолочная смесь [198].

Во Франции, популярны мясные изделия из субпродуктов с добавлением жира в оболочке из свиного желудка. Также производят ароматизированные травами субпродуктовые колбаски с зеленым перцем, грибами, яблоками.

В США запатентована рецептура пастообразной смеси, состоящей из субпродуктов, структурированных белков, соли, пряностей.

Такие источники коллагесодержащего сырья, как рубец, легкое и мясная обрезь крупного рогатого скота также находят применение в пищевой промышленности, однако наблюдается их нерациональное использование. Например, в США запатентован способ производства закуски из рубца крупного рогатого скота. Для этого его (одним куском) варят в воде при кипении в течение 60 мин или обрабатывают паром. Далее его помещают в рассол, содержащий соевый соус, чеснок, имбирь, мясной ароматизатор, витамин Е и С, соль. Продолжительность обработки в рассоле – 20 ч. По окончании посола рубец коптят и измельчают в виде хлопьев. Изменяя количественный и качественный состав специй при посоле, можно значительно расширить вкусовую гамму готового продукта.

Разработан способ приготовления полуфабрикатов из субпродуктов. Сущность процесса производства заключается в следующем: селезенку, легкое, губы говяжьих, мясо говяжьих голов и желудки свиные, взятые в соотношении 0,5:1,0:0,5:2,0:0,5, подвергают измельчению, перемешиванию, посолу и выдержке в посоле, при этом в процессе перемешивания вводят композицию сыпучих материалов на основе букета эфирных масел 0,1 % к массе сырья. В процессе перемешивания вводят фермент папаин в количестве 0,01–0,03 г на 100 кг сырья и кукурузный крахмал в количестве 2,7 % к массе сырья [33].

В настоящее время вырабатывается большое количество вареных колбас из ферментированного сырья с использованием мясной обрезки [34, 55, 129].

Помимо влияния, оказываемого коллагеном соединительной ткани на качество продуктов питания, в том числе улучшение влагосвязывающей

способности, значительна его роль и в нормальном функционировании организма человека [86].

Одно из множества положительных свойств, присущих коллагену, заключается в отсутствии аллергической реакции организма на его действие. Препараты коллагена отличают отсутствие токсичности и канцерогенности, способность рассасываться. Последнее исключает опасность накопления этого биополимера в организме человека [8, 10].

Коллагеновая дисперсия, например, обладает полноценным комплексом функциональных свойств: влаго- и жиродерживающей, пено- и гелеобразующей способностями, эмульгирующей активностью, является активным стабилизатором пен, эмульсий и дисперсий, благодаря чему может быть использована в качестве функциональной добавки в пищевой и фармацевтической промышленности [23, 26, 28].

В настоящее время предлагаются технологии получения из субпродуктов, в т.ч. губ, рубца и легкого многокомпонентных эмульсий, суспензий, белковых стабилизаторов, паст и структурированных систем для улучшения функционально-технологических свойств мясных продуктов [174, 177].

В ходе обзора научно-технической литературы были найдены рецептуры вареных колбасных изделий с частичной заменой мясного сырья субпродуктами: говяжьими губами и выменем, на основе которых была приготовлена эмульсия с использованием стабилизированной крови. Для выработки мясной продукции с субпродуктовой эмульсией была использована традиционная схема производства с учетом дополнительных этапов подготовки и внесения предложенных компонентов [215, 216].

Существует немало способов воздействия на коллагенсодержащее сырье и получение коллагеновых препаратов для использования в пищевой, кожевенной промышленности, медицине и др.

Экстракция коллагена может быть достигнута кислотной или щелочной обработкой. Экстракция при кислотной обработке обычно применяется для экстракции коллагена типа I из тканей кожи свиньи или рыбы. Уксусная кислота является наиболее распространенным реагентом для экстракции коллагена. Концентрация этой кислоты будет влиять на конечное значение pH, изменяя электростатическое взаимодействие и структуру. Он также определяет растворимость и способность к экстракции из тканей животных. Комбинация как кислотной, так и ферментативной обработки обеспечивает более высокий и эффективный процесс экстракции коллагена. Пепсин может быть получен из слизистой оболочки желудка свиньи [166, 172]. Этот фермент воздействует на телопептидную область в молекуле коллагена, увеличивая его растворимость в кислой среде. Использование ультразвука в качестве альтернативного метода извлечения коллагена не меняет молекулы и способствует ферментативному действию. Эта технология может применяться в различных тканях, таких как кожа рыб и сухожилия крупного рогатого скота, для получения более высоких концентраций коллагена за более короткое время экстракции. Условия предварительной обработки, диализ и источник экстракции являются основными факторами, определяющими конечные характеристики коллагена, такие как молекулярная масса, аминокислотный состав и молекулярная структура [44, 46, 47].

Рисунок 3 свидетельствует о том, что денатурация нативного коллагена приводит к образованию трех α -цепей в их случайной спиральной форме. Это можно наблюдать при термической обработке коллагена выше 40 °C. Как только цепи разделены, гидролиз осуществляется под действием протеолитических ферментов (алкалаза, папаин, пепсин и др.). Полученный продукт обычно называют гидролизованным коллагеном, который состоит из небольших пептидов с низкой молекулярной массой 3–6 кДа [55, 166, 170].

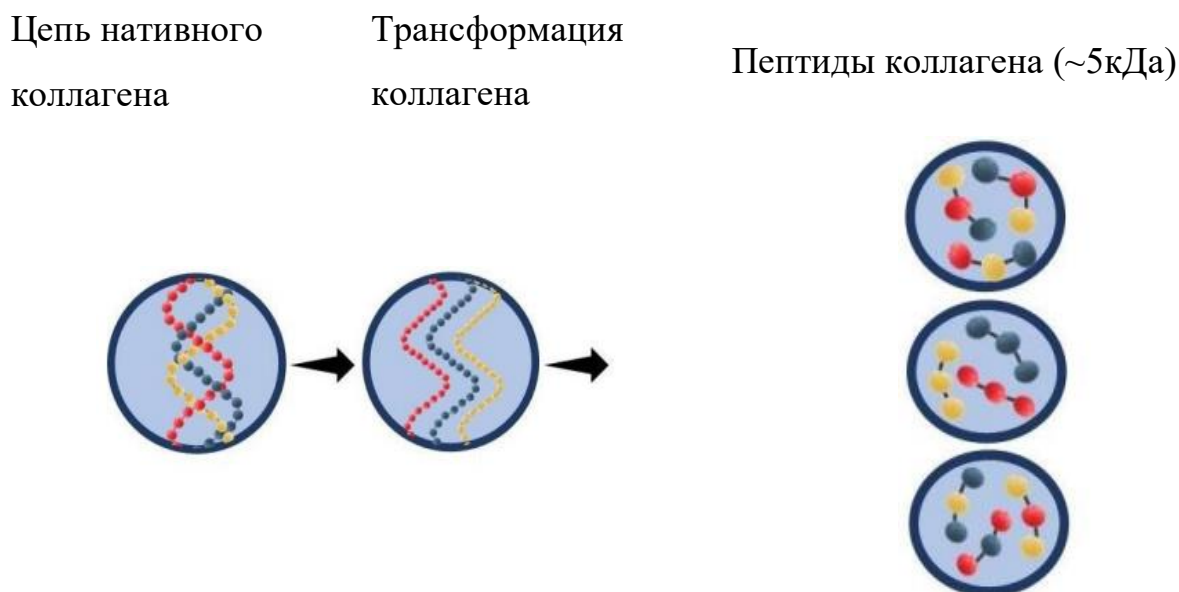


Рис. 3. Визуализация модификации структуры нативного коллагена [62]

Растворимость и функциональная активность (антиоксидантная, антимикробная) связаны с типом и степенью гидролиза, а также с типом фермента, используемого в процессе [218]. Другим типом гидролиза является использование химических продуктов в кислых (уксусная кислота, соляная кислота и фосфорная кислота) или щелочных средах [124]. Представленные два типа модификации требуют работы с агрессивными средами и вызывают дополнительную нагрузку на канализационную систему, а также высокую концентрацию соли в конечном продукте после нейтрализации. Альтернативные методы экстракции состоят в термической обработке или применении высокой температуры и давления к белку. Он включает докритический уровень воды, который существует при температуре от 100 до 374 °С и давлении менее 22 МПа.

Известен способ получения полифункционального коллагенового препарата, схема получения которого представлена на рисунке 4. Данный способ технологичен, он не требует специального дорогостоящего оборудования, так как не предусматривает двоения шкур и щепления дермы, согласно изобретению необходимо и достаточно грубое измельчение сырья на дезинтеграторе [214]. Способ универсален с той точки зрения, что практически не имеет ограничений в

выборе коллагенсодержащего сырья и предусматривает его комплексную переработку [163, 227]. Исходным сырьем могут служить обезвоженные зеленые и незеленые шкуры или обрезь шкур убойных сельскохозяйственных животных, кожа сельскохозяйственной птицы, очищенная от чешуи кожа, кости и плавники промысловых рыб, мягкие соединительные ткани типа сухожилий, хрящей, артерий и вен и т.п. Перечисленное представляет собой многотоннажное побочное сырье мясо- и рыбоперерабатывающей, а также кожевенной отраслей промышленности.



Рис. 4. Схема получения коллагенового препарата

Полученная влажная коллагеновая дисперсия с содержанием 8–16 % сухих веществ обладает полноценным комплексом функциональных свойств, благодаря чему может быть использована в качестве функциональной добавки в пищевой и фармацевтической продукции [171].

1.2.4 Целевые направления использования коллагенов в отраслях пищевой промышленности

Коллагеновые гидролизаты, обладая антиоксидантной и антимикробной активностью, актуально использовать в качестве функционального ингредиента пищевых добавок [110]. Гидролизаты коллагена способны присоединять ионы кальция, улучшая его биодоступность, поэтому модифицированный коллаген может быть использован в функциональных пищевых ингредиентах при лечении минеральной недостаточности. Гидролизат действует как антикоагулянт, поскольку он помогает уменьшить повреждения в клетках и тканях, вызванные низкими температурами, поэтому он может быть полезен в продуктах питания, требующих хранения при температурах ниже 0 °С.

Коллагеновый гидролизат из кожи крупного рогатого скота в количестве 2 % использовали в сочетании с модифицированным крахмалом и гуаровой камедью при производстве реструктурированных продуктов из мяса (ветчины) способствовал снижению синерезиса [194].

Гидролизат из рыбы может быть добавлен в напитки, такие как апельсиновый сок (2,5 %), и продукт показал улучшение питательных и функциональных свойств с более высоким содержанием белка, биодоступностью и низкой вязкостью, а также высокой растворимостью в воде [177].

Разработка кисломолочного напитка с использованием творожной сыворотки рикотты с добавлением коллагенового гидролизата в качестве функционального ингредиента показала низкий синерезис и седиментацию, хорошие физико-химические и микробиологические свойства. Молочные напитки с использованием коллагеновых гидролизатов, мякоти асаи и сыра показали более высокую сенсорную приемлемость, положительно влияя на вязкость и представляя адекватные физико-химические и микробиологические параметры после 28 сут хранения [53].

Добавление гидролизата в суп оказывает благотворное влияние на его вязкость и функциональные свойства. Продукт обладал высокой активностью по поглощению радикалов 2,2-Дж-Азино-бис-3-этилбензотиазолин-6-сульфокислоты и 2,2-дифенил-1-пикрил-гидразила. Добавление гидролизата из стружки свиной кожи (коллагеновых отходов) в напиток из хризантем демонстрировало эффект осветления, высокие сенсорные показатели и стабильность при хранении, а также незначительные расходы препарата по сравнению с другими коммерческими осветлителями.

Сотрудниками Московского государственного университета прикладной биотехнологии разработаны технологии применения коллагенсодержащего сырья при производстве пищевых продуктов (Е.И. Титов, С.К. Апраксина, Л.Ф. Митасева, А.Ю. Соколов, 2008), показана разработка пищевых продуктов с использованием шерстных и слизистых субпродуктов [171].

Другой аспект применения коллагенсодержащего сырья связан с получением пленочных съедобных и формовочных материалов. Существующие способы их производства, как правило, предусматривают формирование их экструдером в виде непрерывной трубки, которую затем обрабатывают путем погружения в различные растворы (платификаторы, дубители) для придания определенных свойств. Затем оболочку высушивают.

Обоснована и апробирована технология изготовления широкого ассортимента полуфабрикатов в пленочных коллагеновых покрытиях (котлеты, биточки, фрикадельки, зразы и др.). Формованные полуфабрикаты обрабатывают коллагеновой дисперсией методом погружения. Образовавшаяся пленка улучшает внешний вид, форму продукта, после термической обработки усиливает цвет, повышает сочность и выход продуктов [11, 14, 15].

Существуют оригинальные технические решения по использованию модифицированных растворов коллагена для получения покрытий непосредственно на поверхности продуктов из мяса (корейка и грудинка

сырокопченые). Предложенный пленкообразующий состав не влияет на качество продуктов, средний выход продуктов увеличивается на 3 %.

Применительно к технологии продуктов питания с пролонгированным сроком годности представляет интерес цикл работ ученых проблемной лаборатории биополимеров Московского государственного университета прикладной биотехнологии под руководством А.Г. Розанцева по модификации натуральных, искусственных белковых оболочек водными растворами антимикробных действующих веществ в сочетании с добавками синергического действия [30, 31, 93]. В качестве антимикробных действующих веществ использована натриевая соль дегидрацетовой кислоты (ДГК) и ее смеси с пищевыми кислотами – лимонной, молочной и т.д. Улучшение физико-химических свойств модифицированных коллагеновых оболочек, авторы связывают со специфическими взаимодействиями в системе коллагеновые компоненты оболочек – ДГК (натриевая соль ДГК) – вода [197].

Специалистами ВНИИМП им. В.М. Горбатова (сейчас ФГБНУ ФНЦ пищевых систем им. В.М. горбатова РАН) показана практическая возможность использования коллагенсодержащего сырья мясной отрасли для производства искусственной оболочки для сосисок, близким по свойствам к натуральной оболочке из бараньих черев (рисунок 5).



Рис. 5. Пищевые коллагеновые оболочки

Вайнерман Е.С., Курская Е.А., Кулакова В.К., Подорожко Е.А. разработали способ получения пористого коллагенового материала, который относится к

технологии полимеров, в частности к разработке способа получения пористого материала на основе белков животного происхождения (коллагена), и может найти применение в медицине, отраслях пищевой и легкой промышленности [150]. Разработанный способ позволяет получать коллагеновые материалы без использования сшивающих агентов с широким диапазоном физико-механических свойств на стадии криоструктурирования.

Известны работы отечественных и зарубежных авторов, в которых показана возможность переработки коллагенсодержащего сырья на корма для сельскохозяйственных животных, с целью получения удобрений, для использования в кожевенной промышленности [111].

Впервые в нашей стране разработаны интраокулярные коллагеновые пленки с гентамицина сульфатом. Пленки предназначены для введения в переднюю камеру глаза при плановых хирургических вмешательствах.

Разработка препарата «Витукол», представляющего собой 0,3 %-ый раствор коллагена на 5 % водном растворе витамина U, позволяет применять коллаген для лечения язв желудка.

В сосудистой пластике, в клинике, апробированы комбинированные сосудистые протезы для пластики артерий и вен, состоящие из синтетического каркаса и биологического компонента – коллагена. Коллаген-гепариновые сосудистые протезы с антикоагулянтными свойствами применяются для пластики вен. В пластической хирургии развивается новое направление коллагенопластика. Выпускают препараты из коллагена, предназначенные для послеоперационного лечения рубцов и шрамов, особенно в области лица. Сообщается об использовании коллагена для пластики клапанов, трахеи, мочевого пузыря, закрытия дефектов кожи, печени, селезенки, кости, твердой мозговой оболочки [39, 95].

В логистических целях разработки технологии получения сухих препаратов растворов коллагена (СПРК), используя сублимационную сушку, сушку сверхвысокой частоты (СВЧ) или распылением. Подобные препараты можно

использовать для получения искусственной кожи для закрытия язв и послеожоговых ран; в качестве основы для приготовления мазеобразных лекарств; доказана принципиальная возможность применения их для диагностики предтромбических состояний. На основе СПРК возможно создание препаратов направленного действия, а также носителей для иммобилизации ферментов. В таком виде они могут применяться для лечения тромбозов, инфаркта миокарда, пневмонии, при операциях на поджелудочной железе и в пищевой промышленности, например, для получения иммобилизованной глюкозоизомеразы, используемой при производстве глюкозо-фруктозного сиропа из крахмала [100, 101, 154].

В хирургической практике используют коллаген в комплексе с различными лекарственными препаратами. Примером может служить коллагеновая трубка – метуракол, который является эффективным средством для лечения больных с гнойными ранами и трофическими язвами и не вызывающая побочных явлений и аллергических реакций [44, 46, 56, 94].

Широко применяется коллаген в ветеринарии: комплексный витаминный препарат на коллагене, который служит для профилактики нарушения обмена веществ и функциональных нарушений печени, проявляет выраженный противострессовый эффект.

Коллагеновые гидролизаты используют в качестве питательных сред при культивировании микроорганизмов.

В 2000 г. в Европе был запущен проект, объединивший семь крупных компаний и научно-исследовательских институтов по изучению рыбного коллагена. Голландский НИИ рыбного хозяйства (RIVO), являясь ведущей организацией данного проекта, предлагает применять коллаген в косметической и фармацевтической промышленности для производства кремов и носителей.

В университете Хоккайдо учеными созданы искусственные кровеносные сосуды из коллагена, полученного из кожи лосося. Изобретение с успехом прошло

клинические испытания на крысах, которым заменили аорты новыми искусственными сосудами [284, 285].

1.2.5 Роль коллагеновых волокон в питании человека

Потеря коллагена в организме начинается в возрасте 18–29 лет, после 40 лет человеческий организм может терять около 1 % в год, а примерно в 80 лет выработка коллагена в организме может уменьшиться на 75 % в целом по сравнению с молодыми взрослыми. Есть и другие факторы, способствующие этому, такие как свободные радикалы в организме, недостаточное питание, курение, алкоголизм и болезни. Роль коллагена в организме очень важна, потому что он помогает развитию органов; заживлению ран и тканей; восстановлению роговицы, десен и кожи головы. Коллаген помогает в восстановлении костей и кровеносных сосудов. В роговице коллагеновая ткань приобретает механические и оптические свойства. Он присутствует в биологических функциях клетки, таких как пролиферация, выживание клеток и дифференцировка; поэтому коллаген присутствует в человеческом теле в целом – в костях, сухожилиях, связках, волосах, коже и мышцах. Кожа является самым крупным органом в организме человека, коллагеновые эластические волокна и гиалуроновая кислота являются его основными структурными компонентами.

Старение – естественный процесс, который включает в себя изменения в организме человека; кожа страдает морфологическим, структурным и функциональным ухудшением; коллаген уменьшается, а эластиновые волокна способствуют образованию линий и морщин. Контроль старения кожи является сложной задачей в косметической промышленности, но коллагеновый гидролизат оказался альтернативным решением в замедлении эффектов старения. Например, гидролизат из чешуи молочных рыб демонстрировал отличную влагоудерживающую способность, поглощение влаги и её удержание, а также эффекты анти-старение кожи и анти-меланогенные способности, доказывая свой

потенциал активного ингредиента в продуктах по уходу за кожей. Гидролизированный коллаген (НС) действует в дерме в двух разных формах: в первом действии свободные аминокислоты обеспечивают строительные блоки для образования волокон коллагена и эластина. Во втором действии олигопептиды коллагена действуют как лиганды, связываясь с рецепторами на мембране фибробластов и стимулируя выработку нового коллагена, эластина и гиалуроновой кислоты. В последние годы пероральные добавки с коллагеном стали популярны, так как они все чаще продаются потребителям как омолаживающие продукты, потому что пероральные добавки с НС достигают более глубоких слоев кожи и улучшают физиологию кожи и ее внешний вид, повышая увлажнение, эластичность, упругость, уменьшая морщины и омолаживая кожу.

Исследования *in vivo* у женщин в возрасте от 40 до 60 лет с пероральной добавкой на основе коллагенового гидролизата в течение 12 недель показали значительное улучшение гидратации кожи, морщинистости и эластичности. Доказано, что коллагеновый гидролизат в качестве пероральной питательной добавки у женщин в возрасте от 35 до 65 лет после трёх месяцев лечения повышает толщину дермы, упругость и эластичность кожи. Еще одно исследование с участием 120 испытуемых в течение 90 сут, где они ежедневно потребляли пероральную добавку жидкого нутрицевтика, содержащего рыбий коллагеновый гидролизат, привело к улучшению текстуры и эластичности кожи. Кроме того, наблюдался защитный эффект на здоровье суставов. Пероральная добавка НС у женщин в возрасте от 40 до 59 лет выявила значительное увеличение гидратации кожи и плотности коллагена на уровне дермы. Фрагментация дермальной коллагеновой сети значительно уменьшилась после четырех недель приема добавок, и эти эффекты сохранялись и через 12 недель. Исследование шестидесяти здоровых женщин в возрасте от 40 до 50 лет после 28 сут приема пероральных добавок показало, что они оказывают более выраженное воздействие на экзогенность дермы, уменьшая поры кожи, улучшая увлажнение, текстуру, эластичность и упругость кожи. Пероральный добавочный продукт состоял из НС

со смесью витаминов А, С, Е и цинка. Препарат из рыбьей чешуи тилапии (*Oreochromis mosambicus*) в виде 20 мл напитка (Nitta Gelatin Inc®, Индия) употребляли здоровые женщины в возрасте 30–60 лет в течение 12 недель, после чего в результате повышалось увлажнение кожи лица. Ампулы питьевого препарата гидролизованного коллагена с фруктовым экстрактом, витаминами С, Е, цинком и биотином ELASTEN® Molecules 2019, давали 36 здоровым женщинам в возрасте 35 лет и старше в течение 12 недель, и их кожа показала более высокую гидратацию, эластичность, гладкость и плотность.

Представленная информация позволяет сделать вывод о необходимости наличия коллагеновых гидролизатов в рационе питания современного человека.

Обеспечение населения страны продуктами питания приобретает социальный характер и максимальное использования всех пищевых компонентов животноводческого сырья имеет особое значение.

В связи с этим решение вопроса о рациональных и эффективных способах переработки соединительной ткани, содержание которой в тушах убойных животных достигает 16 %, может способствовать увеличению объемов производства продуктов питания [18].

В соответствии с теорией сбалансированного питания основные составляющие пищи должны быть максимально очищены от плохоусваиваемых механизмом балластных веществ. Поэтому ранее при производстве пищи старались максимально увеличить в ней содержание нутриентов и удалить балластные вещества.

Развитие естественных наук, в том числе физиологии, медицины, биохимии, диетологии, показало, что все в природе взаимосвязано. В частности, соединительная ткань, не утилизируемая организмом, оказывает положительное влияние на процессы пищеварения [18, 176].

Это способствовало пересмотру взглядов на необходимость сбалансированности питания и развитию новых подходов к физиологии питания, сформировавшихся впоследствии в теорию адекватного питания, главное отличие

которой заключается в том, что балластные веществ, в том числе пищевые волокна, должны быть неотъемлемыми компонентами пищи, так как они необходимы для нормального функционирования пищеварительной системы организма человека [166, 167].

А.М. Уголевым во второй половине 80-х годов была разработана общая система взглядов на электрофию пищи, которую характеризуют следующие положения:

- малоусвояемые соединительнотканые белки, как и пищевые волокна, обеспечивают формирование гелеобразных структур, что играет существенную роль в контроле очищения желудка;

- пищевые волокна и продукты термогидролиза коллагена обладают способностью удерживать значительное количество воды, что существенно влияет на интралюминарное давление, массу и электролитный состав продуктов жизнедеятельности;

- пищевые волокна и неперевариваемые соединительнотканые белки имеют большое значение для электролитного обмена в желудочно-кишечном тракте. Как и полисахариды, коллаген обладает катионообменными свойствами и способствует выведению различных металлов [174].

Пищевые волокна и элементы соединительной ткани – одни из главных составляющих среды, в которой обитают полезные кишечные бактерии.

Существует несколько факторов, обуславливающих допустимый уровень соединительнотканых белков в мясных изделиях: биологическая и физиологическая ценность, а также органолептические показатели. Являясь лимитированной по некоторым аминокислотам, соединительная ткань не может заменить мышечную, однако проектируя рецептуры пищевых продуктов, можно подобрать такие варианты добавок коллагенсодержащего сырья, которые не снизят, а в отдельных случаях улучшат их аминокислотный баланс [18, 156, 168].

При определении физиологической ценности продуктов, содержащих балластные вещества, необходимо рассматривать последние в тесной взаимосвязи с энергетической ценностью: в пище количество эндогенных материалов (жиров, углеводов) и балластных веществ должно быть сбалансировано и находиться в оптимальном соотношении, которое составляет 90–105 ккал/г. Данное соотношение необходимо сохранять в продуктах для минимизации риска дефицита балластных веществ [177, 179].

1.3 Основы проектирования поликомпонентных пищевых продуктов, опираясь на принципы пищевой комбинаторики

Ассортимент мясных изделий, производимых мясоперерабатывающими предприятиями можно разделить по рецептивному составу на натуральные и поликомпонентные [128].

Технологии поликомпонентных пищевых продуктов (ППП) наиболее близко подходят к созданию так называемого «идеального» пищевого продукта, то есть сбалансированной по основным ингредиентам формулы оптимального питания. Формула позволяет оптимизировать рацион человека для сохранения молекулярного состава и энергетического баланса организма. При этом необходимо учитывать необходимость биологически активных веществ пищевого (витамины, минеральные вещества и др.) и непищевого (минорного) характера (флавоноиды, алкалоиды, гликозиды и др.).

При разработке композиций поликомпонентных пищевых продуктов, кроме законов физиологии питания, немаловажным фактором является учет закономерностей комбинирования пищевых компонентов, что предполагает знание механизма воздействия различных факторов, в том числе технологии, на природные свойства сырья [2, 3, 7, 25, 32, 200]. К преимуществам производства ППП относятся:

- возможность использовать многие сырьевые источники, в том числе вторичные;
- возможность реализации принципа индивидуализации питания;
- регулирование свойств готовой продукции и ее пищевой ценности;
- возможность создания пищевого продукта, адекватного потребностям конкретного организма или группы лиц;
- потенциальные гигиеничность, безопасность и стойкость в хранении, возможные за счет применения современных пищевых добавок и упаковок [25].

В соответствии с данными экспертов ФАО/ВОЗ в зависимости от национально-региональных факторов здоровье нации на 58–72 % определяется количественным содержанием и качественным составом нутриентов потребляемых продуктов питания [37, 38, 41, 42, 178].

Правильное питание должно быть поликомпонентным, чтобы:

- удовлетворять физиологические потребности организма человека во многих пищевых веществах и энергии, обеспечивая нормальный рост и развитие;
- способствовать поддержанию жизненного статуса организма;
- повышать работоспособность, создавать условия для адекватной адаптации к окружающей среде.

Развитие полноценного комбинированного питания актуально для России в существующих реалиях, поскольку наблюдается сложная демографическая ситуация, характеризующаяся сокращением численности населения, увеличением доли пожилых и больных людей.

Дисбаланс в структуре питания приводит к появлению у населения симптомов белково-калорийной и витаминной недостаточности, росту так называемых болезней цивилизации, к которым относятся ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, диабет, артрозы и артриты, остеопороз, онкологические и др.

На современном этапе развития науки о питании оптимизация состава индивидуальных пищевых продуктов и суточного рациона питания для детерминированных групп населения может достаточно эффективно осуществляться путем создания поликомпонентных продуктов питания (ППП), включающих многие необходимые ингредиенты, рассчитанные методами математического моделирования и компьютерного проектирования.

Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов сбалансированного состава базируется на принципах пищевой комбинаторики. Основной принцип пищевой комбинаторики заключается в том, что спроектированные пищевые продукты, адекватные традиционным по органолептическим показателям и структурным формам, должны быть скомбинированы из отдельных составляющих таким образом, чтобы в организме человека обеспечивалось поддержание условного оптимального материального и энергетического баланса [202, 226]. Впервые принципы научного проектирования методами математического моделирования многокомпонентных продуктов питания, основанные на формализации качественных и количественных показателей состава и биологической ценности готовой продукции, роли отдельных ингредиентов сырья и специально вносимых в рецептуру, их совместимости, были сформулированы И.А. Роговым, Н.Н. Липатовым-мл, А.Б. Лисицыным, Е.И. Титовым, А.И. Жариновым и другими учеными применительно к продуктам на мясной и молочной основе [50, 51, 64, 84, 109, 127, 134, 135, 136, 240].

Использование данной методологии позволяет, ориентируясь на установленные научно обоснованные критерии (достоверные зависимости, медико-биологические нормы потребления отдельных пищевых веществ, показатели безопасности различных групп продовольствия), оптимизировать состав традиционных и вновь созданных ППП, рационы питания, а также рационально использовать биопотенциал сырьевых ресурсов, комплексно их перерабатывать, получая комбинированные продукты питания нового поколения с

заданным составом, органолептическими показателями и уровнем биологической ценности. Для создания подобных продуктов можно использовать базы данных химического и нутриентного составов продуктов питания, например:

- TGI Global Supplement database <https://www.fao.org/infofoods/infofoods/tables-and-databases/faoinfofoods-databases/en/>;
- FooDB <https://foodb.ca/>;
- USDA Branded Foods Database <https://data.nal.usda.gov/dataset/usdabranded-food-products-database> и др.

Разработка продуктов требует внедрения современных аппаратов математического моделирования рецептур, которые способны благотворно воздействовать на организм человека, среди которых:

- «Оценка фактического питания» разработана ФИЦ питания и биотехнологии РАН предназначена для обучения диетологов;
- популярное приложение MyFitnessPal предназначено для похудения;
- калькулятор калорий Calc.ru обеспечивает грамотный расчет количества энергии, которое необходимо ежедневно получать организму в зависимости от физической и физиологической активности человека [183].

Интерес к разработке поликомпонентных функциональных и обогащенных продуктов питания растет. В этом контексте необходимо отметить, что мировой рынок функциональных продуктов питания оценивался в 180 843,73 млн долларов США в 2021 г., и ожидается, что в течение прогнозируемого периода (2022–2027 гг.) среднегодовой темп роста составит 2,71 %.

COVID-19 оказал благотворное влияние на рынок и повысил интерес потребителей к продуктам для здорового образа жизни, при этом значительно увеличилось число людей, ожидающих, что их пища будет иметь функциональные преимущества, например, поддерживает иммунную систему [192, 193, 195].

Фортифицированные продукты предлагают определенные преимущества для здоровья, которые выходят за рамки обычного ежедневного потребления питательных веществ, такие как улучшение здоровья костей, контроль уровня

холестерина, улучшение здоровья сердца и другие преимущества, связанные со здоровьем глаз и зрением. Ожидается, что растущий спрос на пищевые и обогащающие пищевые добавки будет стимулировать рост рынка. Производители продуктов питания внедряют обогащение пищевых добавок, таких как омега-3 жирные кислоты, клетчатка, витамины и минеральные вещества, в продукты [132, 133, 139, 157, 232, 244, 251, 253].

За последнее десятилетие спрос на фортифицированные продукты питания увеличился, поскольку в пищевой промышленности появились новые типы продуктов.

Разработка поликомпонентных продуктов или обогащающих модулей позволяет расширить линейку продуктов для детерминированных групп населения, а также осуществить реализацию проектов, направленных на популяризацию здорового образа жизни и сбалансированного питания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ

В литературном обзоре представлены сведения о состоянии мясной отрасли в мире, проблемах и возможностях их решения. Рассмотрены особенности свойств и строения соединительнотканного белка – коллагена, а также различные способы его модификации, основные виды получения коллагеновых препаратов и их применение в технологиях пищевых продуктов. Показано, что продукты, полученные из коллагенсодержащего сырья можно использовать в различных областях: сельском хозяйстве, кожевенной промышленности, медицине, хирургии, косметологии, ветеринарии и т.д.

В соответствии с реализацией национального проекта «Демография», федерального проекта «Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек» и Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 г. (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. №1364-р) одной из важнейших задач является выполнение фундаментальных и поисковых научных исследований в области приоритетных направлений медицины, нутрициологии, диетологии, биотехнологий, направленных на обоснование принципов оптимального питания человека и повышение приоритета профилактики неинфекционных заболеваний. Реализация национальных проектов требует новых подходов и усиления роли науки в решении этих проблем. Низкомолекулярные пептиды коллагена в этом контексте находят новый вектор использования в пищевой промышленности, поскольку обладают высокой переваримостью и усвояемостью (около 80 %) и высокой абсорбцией в кишечнике при низкой токсичности и аллергенности.

Существенный интерес, для использования в технологии мясных продуктов, представляют говяжьи, свиные субпродукты, а также малоценные продукты переработки рыбы, поскольку ресурсы данного вида сырья весьма велики.

Статистические данные позволяют утверждать, что около 15 % белоксодержащих ресурсов мясной отрасли являются не востребуемыми. Особый интерес представляет коллагенсодержащее сырье, на долю которого приходится до 30 % общей массы белков, при выходе соединительной ткани 16 % к массе мяса на костях.

Например, к началу июня 2019 г. численность голов КРС в хозяйствах всех категорий России составила 21,3 млн голов, что на 1,2 % голов больше, чем годом ранее. Таким образом, наблюдается тенденция к росту поголовья КРС в России. Как известно, выход говяжьих субпродуктов составляет около 22 % от массы туши, следовательно, их ресурсы можно оценить в 20 тыс. тонн.

ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований и схема постановки эксперимента

Исследования проводились на базе научно-исследовательских лабораторий кафедры «Технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ.

Проанализировав литературные данные и сформулировав основные задачи, объектами исследований выбраны:

- мясная обрезь КРС;
- рубец КРС;
- легкое КРС;
- губы КРС;
- свиная шкура;
- кожа карпа обыкновенного;
- продукты ферментативной обработки (ПФО);
- ферментный препарат, выделенный при культивировании гриба *Flammulina velutipes*;
- ферментный препарат коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба (*Paralithodes camtschatica*), вырабатываемый ЗАО «Биопрогресс» при ВНИИБП г. Щелково Московской области, в соответствии с ТУ 9281-004-11734126-00 «Коллагеназа пищевая» (санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.11.928.Д.003869.06.04 от 02.06.2004, выданное государственной санитарно-эпидемиологической службой Российской Федерации);
- функциональные модули (ФМ);
- мясные и рыбные продукты с/без ФМ.

На рисунке 6 приведена последовательность проведения этапов эксперимента.

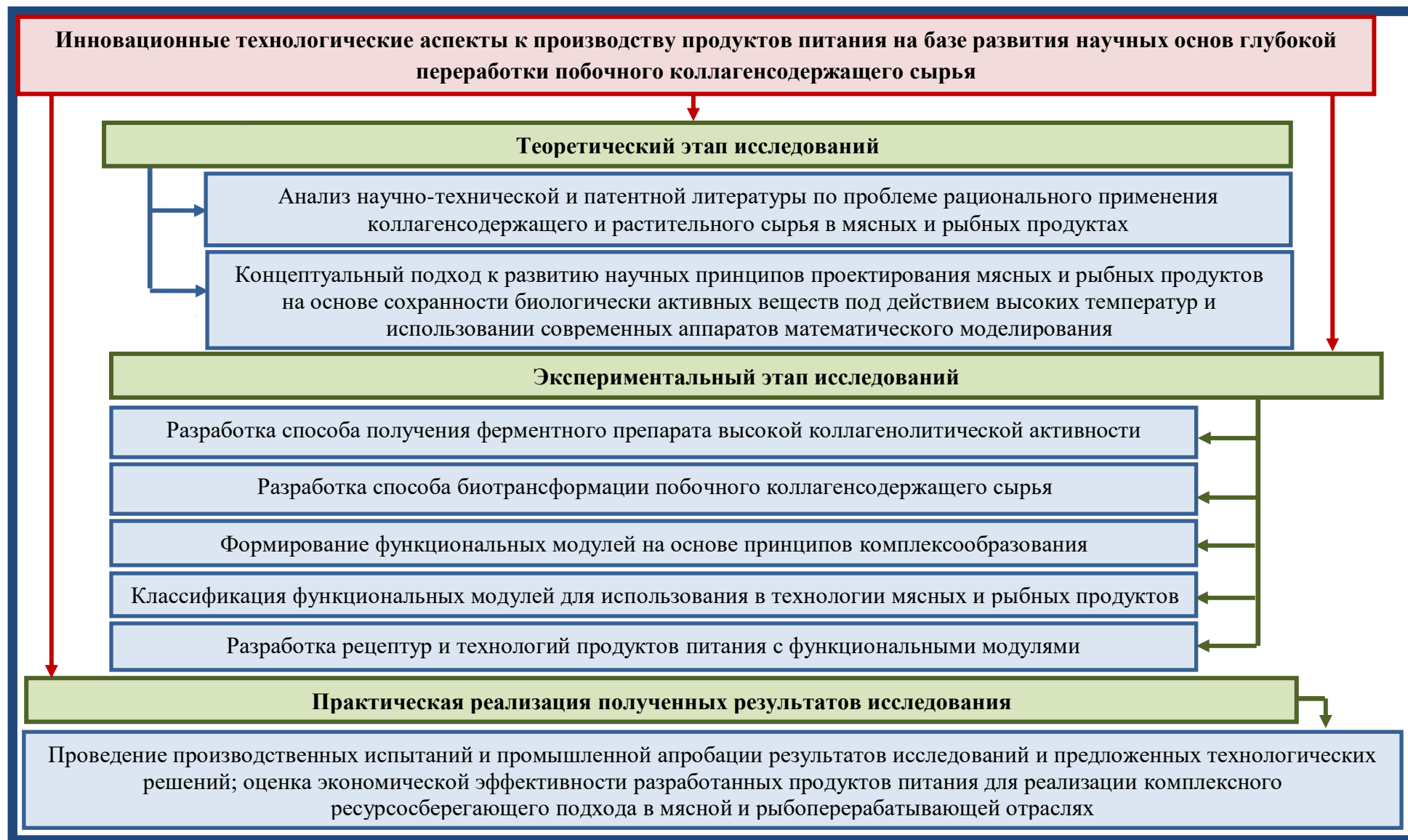


Рис. 6. Общая схема эксперимента

2.2 Методы исследований

Массовую долю влаги определяли высушиванием до постоянной массы при 105 °С по ГОСТ 33319-2015 [66].

Массовую долю белка определяли на полуавтоматическом приборе Kjeltac System 1002 «Tecator» по ГОСТ 25011-2017 [65, 152].

Массовую долю жира определяли методом Сокслета по ГОСТ 23042-2015 [67].

Массовую долю золы определяли озолением высушенной обезжиренной навески в муфельной печи при $t = 500\text{--}700$ °С до постоянной массы по ГОСТ 31727-2012 (ISO 936:1998) [68].

Массовую долю углеводов определяли расчетным методом.

Влагосвязывающую способность определяли методом прессования по П. Грау и Р. Хамму в модификации В.П. Воловинской [9].

Содержание связанной влаги вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(A - 8,4B)100}{A}$$

где X - содержание связанной влаги, % к общей влаге;

A - общее содержание влаги в навеске, мг;

B - площадь влажного пятна, см².

Водоудерживающую способность и жирудерживающую способность определяли по методике Н.Н. Липатова-мл [9].

Определение оксипролина проводили колориметрическим методом Ньюмана и Логана, основанным на выделении оксипролина при кислотном гидролизе пробы продукта, проведении цветной реакции с продуктами ее окисления и измерении интенсивности развивающейся окраски [9, 213].

Для каждой серии анализов необходимо строить свой градуированный график. Пример градуировочного графика представлен на рисунке 7.

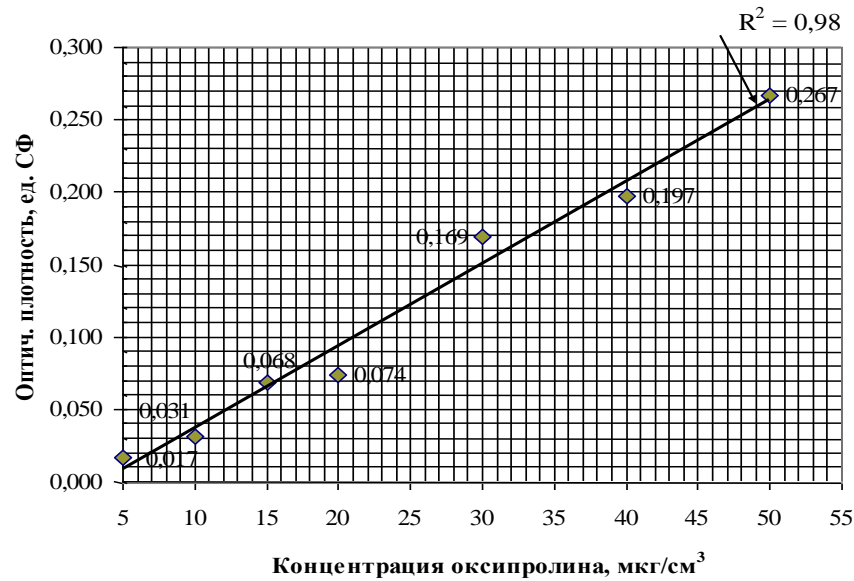


Рис. 7. Градуированный график для определения содержания оксипролина (спектрофотометр SpescordM 40)

Массовую долю оксипролина вычисляли по формуле:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 100}{V \cdot m},$$

где X – массовая доля оксипролина, %;

m_1 – масса оксипролина в исследуемом растворе, найденная по градуированному графику, мкг;

100 – объем колбы для разведения, см³;

10⁻⁶ – коэффициент перевода мкг в г.

100 – коэффициент для перевода в процентную концентрацию;

V – объем раствора, взятого для цветной реакции, см³;

m – масса продукта, взятого на исследование, г.

Эмульгирующую способность [84] определяли методом центрифугирования. Навеску массой 7 г суспензируют в 100 см³ воды в гомогенизаторе (или миксере) с частотой вращения 66,6 с⁻¹ в течение 60 с. Затем добавляют 100 см³ рафинированного подсолнечного масла и смесь эмульгируют в гомогенизаторе (или миксере) с частотой вращения 1500 с⁻¹ в течение 300 с. После этого эмульсию разливают в 4 калиброванные центрифужные пробирки

вместимостью по 50 см³ и центрифугируют с частотой вращения 500 с⁻¹ в течение 600 с. Далее определяют объем эмульгированного масла.

Эмульгирующую способность (%) рассчитывали по формуле:

$$\text{ЭС} = V_1 \times 100 \times V^{-1},$$

где V_1 – объем эмульгированного масла, см³; V – общий объем масла, см³.

Степень гидратации [84] определяли путем добавления определенного количества воды к образцу (по 0,1 мл) до получения однородной, мягкой и мажущей консистенции без отделения жидкости при размещении его на решетке.

Определение содержания инулина осуществляли с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии на рефрактометрическом детекторе «Nikst» (Германия) с применением смол Дауэкс. Для работы использовали формиатную форму смолы, которую готовят из смолы Дауэкс 1'8 (С1-форма), пропуская через смолу на бюхнеровской воронке 3Н формиат натрия до тех пор, пока проба на С1- не станет отрицательной (проба с азотнокислым серебром). После этого смолу промывают большими объемами дистиллированной воды и заполняют колонку.

Ионнообменная способность для Дауэкс 1'8 в сухом виде составляет 3,2 мэкв/см³ и во влажном виде – 1,4 мэкв/см³. А прибор помещают навеску продукта и экстрагируют из нее моно- и дисахара 80 % этиловым спиртом с учетом естественной влаги. Суть процесса: навеска образца заливается в соотношении 1:4 по сухим веществам 96 %-ным этанолом. Происходит нагрев при 70–80 °С в течение 15 мин. Образованная спиртовая вытяжка автоматически отфильтровывается. Затем экстракты проходят через колонку со смолой Дауэкс 50'4, непосредственно соединенную с колонкой, содержащей Дауэкс 1'8. С двух колонок собирается элюат на роторном испарителе. Сконцентрированный образец количественно переносится в мерную емкость, замеряется объем и хроматографируется. Колонки промываются 40 см³ изопропанола, затем 80 см³ деионизированной воды, после чего уравниваются до стабильной нулевой линии. Подвижная фаза: ацетонитрил – вода (77:23). Смесь дегазируют на

роторном испарителе. Детектирование – рефрактометрическое. Скорость потока в аппарате 2,5 см³ /мин. Навеска исходного образца гидролизуеться 2 %-ным раствором щавелевой кислоты в течение часа при 100 °С. В качестве контроля на полноту гидролиза параллельно гидролизуеться раствор чистого инулина. Для проверки пробы на наличие инулина, ее обрабатывают 1–2 каплями 20 % спиртового раствора нафтола и 1 каплей концентрированной серной кислоты. Наблюдают красно-фиолетовое окрашивание, характеризующее наличие инулина [199].

Пенообразующую способность [84, 120] определяли механическим способом, путем встряхивания образца в количестве 0,6 г и 30 см³ дистиллированной воды в цилиндре емкостью 100 см³.

ПОС рассчитывали по формуле

$$\text{ПОС} = h / h_1 * 100,$$

где ПОС - пенообразующая способность, %

h – высота пены, см;

h₁ – высота исходной жидкости, см.

Стабильность пены (СП) [84, 120] белковых препаратов определяли по формуле

$$\text{СП} = h / h_1,$$

где СП – стабильность пены, %

h – высота пены после 15 мин статического стояния, см;

h₁ – высота исходной жидкости, см.

Пластичность определяли общепринятым способом [9, 84], основанным на степени сжимания навески материала при воздействии фиксированной нагрузки путем расчета по формуле

$$\Pi = S_n / M,$$

где Π – пластичность, см²/г;

S_n – площадь пятна от раздавленной навески, см²;

M – масса используемой навески, г.

Профиль распределения белков по молекулярной массе

SDS-PAGE выполняли с использованием устройства для электрофореза Bio-Rad Mini-Protean (Bio-Rad Laboratories, США).

Образцы белковых изолятов гидратировали в бидистиллированной воде в соотношении 1:10 в течение 20 мин при непрерывном перемешивании. По истечении времени образцы центрифугировали в течение 4 мин при 10000g. Далее отбирали фугат и добавляли к нему окрашенный буфер для образцов в соотношении 1:1. Полученную смесь кипятили на водяной бане в течение 5 минут, охлаждали и помещали в морозильную камеру с температурой минус 30 °С для последующего хранения. Для анализа использовали гели (12 % и 4%), (Bio-Rad Lab., USA). В каждую лунку загружали по 10 и 20 мкл. Стандартные маркерные белки загружали на отдельную дорожку [120, 196]. Разделение белков проводили при 300 В, 50 мА и 35 Вт в течение примерно 35 мин. Окраска Кумасси G-250.

Гелеобразование

Для получения гелей раствор белков помещают в лабораторные стаканы и нагревают на водяной бане, визуалью фиксируя температуру и время формирования геля.

Образцы гелей для исследования готовят в пяти стаканах диаметром 4,0–4,5 см вместимостью по 100 см³, на которые наносят метки, соответствующие объему 30 см³, и далее используют для определения прочностных характеристик на приборе Валента.

Стаканы с образовавшимся студнем ставят на основание прибора Валента, горизонтально установленного при помощи ватерпаса, и на поверхность студня осторожно опускают грибовидную насадку [120, 196]. Поверхность, на которую давит насадка, имеет площадь 2 см². В сосуд, помещенный на площадку, медленно насыпают сухой, промытый и прокаленный песок до тех пор, пока насадка, надавливая на студень, не прорвет его. Масса подвижной системы, состоящей из грибовидной насадки, штока, площадки и сосуда для груза, должна находиться в

пределах 90–100 г. Насадка должна быть изготовлена из антикоррозионного металла с полированной шаровой поверхностью. Нагрузку следует подавать равномерно, приблизительно 10–12 г/с.

Прочность студня при измерении показателя на приборе Валента (C_v , г/см²):

$$C_v = m/S, \text{ где}$$

m – масса всей нагрузки песка, сосуда и стержня с насадкой и площадкой, г;

S – площадь поверхности насадки; $S = 2 \text{ см}^2$.

Профиль растворимости

К навеске растертого в тонкий порошок вещества прибавляют отмеренное количество растворителя и непрерывно встряхивают в течение 10 мин при (20 ± 2) °С.

Для медленно растворимых веществ, требующих для своего растворения более 10 мин, допускается нагревание на водяной бане до 30 °С. Наблюдение производят после охлаждения раствора до комнатной температуры и энергичного встряхивания в течение 1–2 мин.

Для веществ с неизвестной растворимостью испытание проводят по следующей методике [120].

К 1,0 г растертого вещества прибавляют 1,0 мл растворителя и проводят растворение, как описано выше. Если вещество полностью растворилось, оно очень легко растворимо.

Если вещество растворилось не полностью, то к 100 мг растертого вещества прибавляют 1,0 мл растворителя и проводят растворение, как описано выше. Если вещество полностью растворилось, оно легко растворимо.

Если вещество растворилось не полностью, то добавляют 2,0 мл растворителя и продолжают растворение. Если вещество полностью растворилось, оно растворимо.

Если вещество растворилось не полностью, то добавляют 7,0 мл растворителя и продолжают растворение. Если вещество полностью растворилось, оно умеренно растворимо.

Если вещество растворилось не полностью, то к 10 мг растертого вещества прибавляют 10,0 мл растворителя и проводят растворение, как описано выше. Если вещество полностью растворилось, оно мало растворимо.

Если вещество растворилось не полностью, то к 10 мг растертого вещества прибавляют 100 мл растворителя и проводят растворение, как описано выше. Если вещество полностью растворилось, оно очень мало растворимо.

Если вещество не растворилось, оно практически нерастворимо в данном растворителе [196].

Аминокислотный состав/ Маркеры запах/ вкус

Определяли с использованием хроматографии на сульфо-полистирольном ионообменнике с элюцией ступенчатым градиентом натрийцитратных буферных растворов на аминокислотном анализаторе ААА Т339. Подготовка проб осуществлялась следующим образом: образцы препараты использовали для кислотного гидролиза. Для проведения кислотного гидролиза навески сухих растертых образцов помещали в стеклянные ампулы, затем добавляли по 400 мкл смеси, состоящей из 2 мл концентрированной HCl, 1 мл трифторуксусной кислоты и 3 мкл р-меркаптоэтанола. Ампулы запаивали и выдерживали 1 ч при 155 °С. После этого ампулы вскрывали и высушивали образцы в ротормном испарителе. Для удаления остатков кислот дважды добавляли по 400 мкл воды и высушивали. Затем образцы растворяли в 1 мл воды. К 50 мкл полученного раствора добавляли 450 мкл воды. К 100 мкл этой смеси добавляли 150 мкл 0,1 HCl и полученный раствор использовали для нанесения на аминокислотный анализатор [69].

Определение индекса диспергируемого белка

Метод позволяет определить количество белка, диспергированного в воде или щелочи после смешивания образца в высокоскоростном смесителе [120].

Для выполнения метода необходим блендер/ смеситель (8 500 об/мин), фильтрующие воронки или центрифуга и стандартное оборудование Кьельдаля для анализа N.

Техника исполнения:

- определить содержание азота в образце с использованием общепринятых методов;
- поместить 20 г образца продукта в смеситель;
- добавить 300 мл деионизированной воды при 30 °С;
- перемешать со скоростью 8500 об/мин в течение 10 мин (AOCS, 2011e);
- отфильтровать и отцентрифугировать в течение 10 мин при центробежном ускорении 1000 g;
- проанализировать содержание азота в образце;
- результаты выразить в процентах от исходного содержания азота в образце.

Удельное теплопоглощение (комплексобразование коллагена) с биологически активными веществами изучали методом дифференциальной сканирующей микрокалориметрии (ДСК), который позволяет по величине теплопоглощения установить изменения структуры коллагена или ее модификации после введения добавки. Метод дифференциальной сканирующей микрокалориметрии (ДСК) основан на измерении разности мощностей, подводимых к ячейкам, прогреваемым со строго одинаковой скоростью, что позволяет выделить и измерить теплопоглощение исследуемого образца на фоне в тысячи раз большего теплопоглощения растворителя благодаря тому, что измеряется не абсолютная теплоемкость раствора, а разность теплоемкостей раствора и растворителя, залитых в тождественные ячейки [196]. Измерения теплоемкости образцов проводили на дифференциальном адиабатическом сканирующем микрокалориметре ДАСМ-4А.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли титрометрически, экстракцией трихлоруксусной кислотой с последующим титрованием визуально до установления светло-розовой окраски [76]. Содержание аскорбиновой кислоты (X) в мг на 100г продукта вычисляли по формуле:

$$X = \frac{(Y_1 - Y_2) \cdot T \cdot Y_3 \cdot 100}{Y_4 \cdot m},$$

где Y_1 – объём раствора 2,6-дихлориндофенолята натрия, израсходованный на титрование экстракта пробы, см³;

Y_2 – объём раствора 2,6-дихлориндофенолята натрия, израсходованный на контрольное испытание, см³;

T – титр раствора 2,6-дихлориндофенолята натрия, мг/см³;

Y_3 – объём экстракта, полученный при экстрагировании витамина С из навески продукта, см³;

Y_4 – объём экстракта, используемый на титрование, см³;

m – масса навески продукта, г.

Коллагеназную активность определяли нингидриновым методом [9], который основан на способности фермента расщеплять коллаген с освобождением и переводом в раствор продуктов гидролиза, концентрацию которых определяют спектрофотометрически. За единицу коллагенолитической активности (КЕА) принимали такое количество мкг фермента (коллагеназы), при воздействии которого на коллаген за 1 час выделяются продукты гидролиза, эквивалентные 1 мкг L-лейцина, в стандартных условиях опыта. Активность в коллагенолитических единицах (КЕА) на 1 мл нативного раствора культуральной жидкости Ак вычисляли по формуле:

$$A_k = a \times V \times 2,5,$$

где: a – разность концентрации испытуемого C_i и контрольного C_o раствора, мкг/мл; V – объём испытуемого раствора, мл. Удельная коллагеназная активность рассчитывалась как отношение общей коллагенолитической активности к концентрации белка в наивном растворе культуральной жидкости продуцента.

Величину **предельного напряжения сдвига** определяли по ГОСТ Р 50814-95 на пенетрометре АПн-360МГ4 по стандартной методике [9]. Значение рассчитывали по формуле Ребиндера:

$$\Theta_0 = k \cdot m / h^2,$$

где Θ_0 – предельное напряжение сдвига, Па;

k – константа Ребиндера;

$k = 2,1$ Н/кг при конусе с углом при вершине 60°C ;

m – масса конуса со штангой ($50, 69 \cdot 10^{-3}$ кг);

h – глубина погружения конуса, м.

Определение **безвредности и биологической активности** проводили на биотесте с использованием культуры *Paramecia caudatum*. В качестве биотеста использовался легко культивируемый свободноживущий одноклеточный организм – *Paramecia caudatum*, который очень чувствителен и реагирует на активные вещества, которые могут содержаться в испытуемых объектах и отражает их отношение к жизнеспособности организма [19].

Значение рН определяли по методу потенциометрии согласно ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 2917-74) в водной вытяжке, с помощью рН-метра «Testo-205», с диапазоном измерений рН $-0,5 \div 14$ (Testo, Германия) [9].

Содержание хлорида натрия определяли в водной вытяжке продукта, методом Мора, в нейтральной среде, по ГОСТ 9957-2015 [71].

Содержание хлорида натрия определяли по формуле:

$$X = \frac{0,00585 \cdot k \cdot V_2 \cdot 100 \cdot 100}{m_0 \cdot V_1},$$

где X – содержание хлорида натрия, г;

0,00585 – количество NaCl, эквивалентное 1мл 0,05 М раствора нитрита серебра, г;

k – коэффициент пересчета на точно 0,05 М раствора нитрита серебра, г;

V_2 – объем 0,05 М раствора нитрита серебра, пошедший на титрование, мл;

m_0 – масса пробы, г;

V_1 – объем фильтрата, взятый на титрование, мл.

Определение **остаточного содержания нитрита натрия** проводили по ГОСТ 29299-92 (ИСО 2918-75) [73].

Содержание нитрита вычисляли по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 30 \cdot 100}{m \cdot 20 \cdot 20 \cdot 15 \cdot 1000},$$

где X – массовая доля нитрита, мг на 100 г продукта;

C – массовая концентрация нитрита натрия, найденная по калибровочному графику, мкг/см ;

m – навеска продукта, г;

1000 – коэффициент для пересчета, мг.

Интенсивность окраски [9] определяли общепринятым способом, основанным на экстрагировании нитрозогемохромогена и солянокислого гематина (пигментов мяса) водным раствором ацетона и на получении при этом экстракта с максимальной оптической плотностью при длине волны 540 мкм (спектрофотометр Specord M 40).

Содержание нитрозопигмента (в % к общему количеству пигментов) вычисляют по формуле

$$X = \frac{E_{540}^{NO p^-} \cdot 100}{E_{540}^{общ.p^-}},$$

где X – интенсивность окраски, в % к общему количеству пигментов;

$E_{540}^{NO p^-}$ – оптическая плотность раствора нитрозопигмента;

$E_{540}^{общ.p^-}$ – оптическая плотность раствора, содержащего все пигменты, присутствующие в продукте.

Устойчивость окраски [9] определяли тем же способом, что и интенсивность окраски после 30 мин выдержки образца под электрической лампой.

Устойчивость окраски (в %) рассчитывали по формуле

$$X = \frac{E_{540}^{NO p^-} \cdot 100}{E_{540}^{общ.p^-}},$$

где X – устойчивость окраски, %;

E_{540}' – оптическая плотность раствора после обесцвечивания;

$E_{540}^{NO p^-}$ – оптическая плотность раствора до обесцвечивания.

Определение **степени переваримости** проводили методом «in vitro»/ метод Покровского-Ертанова (модифицированный прибор МГУПБ, Россия) посредством воздействия на белковые вещества образцов системой протеиназ (пепсином и трипсином). Накопленные продукты ферментативного гидролиза определяли по цветной реакции Лоури на спектофотометре и выражали в мг тирозина на 1 г белка [9]. Исследования «in vivo» на белых мышах [206].

Напряжение среза и работу резания определяли на универсальной испытательной машине «Instron – 1140» (Instron, США) [9] с использованием приставки «Kramer Shear Press» с последующим расчетом по формулам:

Напряжение рассчитывали по формуле:

$$\theta = \frac{P_{\max} \cdot \delta}{\pi R^2 h_{\text{ср}} n}, \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2},$$

где P_{\max} – максимальное усилие, воспринимаемое тензодатчиком при разрезании образца, Н;

δ – ширина вертикального паза ($\delta = 0,003$), м;

R – радиус образца продукта, м;

$h_{\text{ср}}$ – усредненная высота образца, м;

n – количество образцов, загруженных в ячейку.

Расчет работы резания производили по формуле:

$$A_{\text{рез}} = \frac{SV_{\text{тр}} \delta}{V_{\text{лен}} \pi R^2 h_{\text{ср}} n}, \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2},$$

где $A_{\text{рез}}$ – работа резания, Дж · м⁻²;

$V_{\text{тр}}$ – скорость движения траверсы, м/с;

$V_{\text{лен}}$ – скорость движения диаграммной ленты, м/с;

S – площадь под кривой «усилие – деформация», Нм.

Определение **кислотного числа** проводили по ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83) [75]. Кислотное число X , мг КОН/г, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{5,611 \times V \times K}{m},$$

где 5,611 – масса КОН в 1 см³ раствора молярной концентрации с (КОН) = 0,1 моль/дм³ (0,1 н), мг, при использовании NaOH; получали умножением расчетной массы NaOH в 1 см³ раствора молярной концентрации с (NaOH) = 0,1 моль/дм³ (0,1 н.), равной 4,0, на 1,4 – отношение молекулярных масс КОН и NaOH;

K – отношение действительной концентрации раствора гидроксида калия или гидроксида натрия к номинальной;

V – объем раствора гидроксида калия или гидроксида натрия молярной концентрации с (КОН или NaOH) = 0,1 моль/дм³, израсходованного на титрование, см³;

m – масса навески, г.

Определение **перекисного числа** проводили по ГОСТ 34118-2017 [74].

Перекисное число вычисляли по формуле:

$$X = \frac{0,00127 \cdot K \cdot (V - V_1) \cdot 100}{m_0},$$

где X – перекисное число;

0,00127 – количество йода, эквивалентное 1 мл 0,01 М раствора тиосульфата натрия, г;

K – коэффициент пересчета на точно 0,01 М раствора тиосульфата натрия;

V – объем 0,01 М раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование испытуемого раствора, мл;

V₁ – объем 0,01 М раствора тиосульфата натрия, израсходованный на титрование контрольного раствора, мл;

m₀ – масса навески, г.

Содержание **малонового диальдегида** [9] определяли по ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83) дистилляционным методом, основанным на образовании окрашенных веществ в результате взаимодействия продуктов окисления жира

(малонового диальдегида) с 2-тиобарбитуровой кислотой и на измерении интенсивности развивающейся окраски на спектрофотометре.

Концентрацию малонового диальдегида вычисляли по формуле:

$$C = \frac{(D_{532} - D_{580}) \cdot 6000}{155},$$

где C – концентрация малонового диальдегида, нмоль/мл;

D_{532} – показатель оптической плотности при длине волны 532 нм;

D_{580} – показатель оптической плотности при длине волны 580 нм.

Массовую долю йода [9] определяли по ГОСТ 31660-2012 титрометрическим методом, основанным на образовании окрашенного комплексного соединения йода с азотнокислым натрием в кислой среде.

Массовую долю йода в продукте вычисляли по формуле:

$$X = \frac{V \cdot 0,00383 \cdot 100 \cdot 100}{(100 - m_1)} m,$$

где X – массовая доля йода, %;

V – объем раствора йодистого калия, израсходованного на титрование, см;

m – масса образца, г;

m_1 – массовая доля влаги в образце, %.

Протеолитическую активность ферментного препарата определяли модифицированным методом Ансона с применением казеината натрия [9]

Метод основан на определении скорости ферментативной реакции пиролиза белка (казеината натрия) по количеству образовавшегося тирозина, которое устанавливают колориметрической реакцией с реактивом Фолина. В результате реакции получается комплексное соединение, которое окрашивает раствор в голубой цвет. Интенсивность образовавшейся окраски измеряют на фотоэлектрocolориметре.

Протеолитическую активность $ПА_k$ (ед/г) рассчитывают, используя полученные при колориметрировании оптические плотности, по уравнению:

$$PA_k = \frac{A \cdot 4 \cdot 1000}{TЭ \cdot 10a},$$

где A – оптическая плотность опытного раствора в сравнении с контрольным;
 4 – отношение объема реакционной смеси после добавления трихлоруксусной кислоты к объему ферментного раствора;

$TЭ$ – тирозиновый эквивалент; 10 – длительность инкубации реакционной смеси, мин;

1000 – коэффициент перевода мг в граммы;

a – количество ферментного препарата в опытной пробе, мг

Аминокислотный состав [69] определяли с использованием хроматографии на сульфо-полистирольном ионообменнике с элюцией ступенчатым градиентом натрийцитратных буферных растворов на аминокислотном анализаторе ААА Т339. Подготовка проб осуществлялась следующим образом: навески исследуемых образцов лиофилизировали до постоянной массы. Полученные сухие образцы растирали в ступке. Приготовленные таким образом препараты использовали для кислотного гидролиза. Для проведения кислотного гидролиза навески сухих растертых образцов помещали в стеклянные ампулы, затем добавляли по 400 мкл смеси, состоящей из 2 мл концентрированной HCl , 1 мл трифторуксусной кислоты и 3 мкл p -меркаптоэтанола. Ампулы запаивали и выдерживали 1 ч при $155\text{ }^{\circ}C$. После этого ампулы вскрывали и высушивали образцы в роторном испарителе. Для удаления остатков кислот дважды добавляли по 400 мкл воды и высушивали. Затем образцы растворяли в 1 мл воды. К 50 мкл полученного раствора добавляли 450 мкл воды. К 100 мкл этой смеси добавляли 150 мкл $0,1\text{ }HCl$ и полученный раствор использовали для нанесения на аминокислотный анализатор.

Жирнокислотный состав определяли методом газожидкостной хроматографии [78]. Подготовку проб осуществляли следующим образом: 10 г гомогенизированного продукта экстрагировали 3 раза смесью хлороформ-этанол (в соотношении 2:1 – 50 мл). Экстракцию проводили на аппарате для встряхивания. Длительность первой экстракции – 2 ч, две последующие – по 1 ч. Раствор

отфильтровывали в делительную воронку через стеклянный фильтр с помощью вакуумного насоса. Остаток на фильтре промывали смесью хлороформ-этанол (4 раза по 10 мл). В делительную воронку добавляли 50 мл дистиллированной воды. Интенсивно встряхивали и оставляли до полного разделения хлороформного и водно-спиртового слоев. Хлороформный слой отделяли. Хлороформ отгоняли досуха на ротационном испарителе. К остатку добавляли 2 мл гексана и 0,1 мл раствора метилата натрия в метаноле (молярная концентрация 2 моль/л). После интенсивного встряхивания реакционную смесь отстаивали 10 мин и фильтровали через бумажный фильтр. Полученный раствор анализировали на хроматографе «Кристалл – 2000М». Обработка хроматограммы проводилась по методу внутренней нормализации.

Для определения **молекулярной массы белка** использовали вискозиметрический метод с применением вискозиметра Оствальда. Определив относительную, удельную и приведенную вязкости, находили характеристическую вязкость, с помощью графика зависимости приведенной вязкости от концентрации белка. Молекулярную массу белка, содержащегося в растворе, определяли по уравнению [9]:

$$[\eta] = KM\alpha,$$

где $[\eta]$ – характеристическая вязкость (дл/г);

M – молекулярная масса (Да);

K и α – коэффициенты ($K = 1,66 \cdot 10^{-5}$ и $\alpha = 0,885$).

Выход готового продукта определяли весовым методом по формуле [9, 201]:

– для вареных колбас:

$$X = \frac{m_1 \cdot (a+b+c+d) \cdot 100}{m_2},$$

где X – выход готового продукта, %;

m_1 – масса готового продукта после охлаждения, кг;

m_2 – масса полуфабриката до тепловой обработки, кг;

a, b, c, d – массовая доля вносимых мясного сырья, воды, пищевой соли и специй, биологически активного композита, соответственно, %;

– для цельнокусковых продуктов из мяса:

$$X = M_k / M_n * 100,$$

где X – выход готового продукта, %;

M_n – масса продукта после охлаждения, кг;

M_k – масса продукта до тепловой обработки, кг;

Органолептическую оценку проводили по ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки» [72].

Микробиологические исследования проводили, руководствуясь ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [222], ТР ТС 034/2013 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» [223], МУК 4.2.2747-10 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции. Нормативные документы на методы испытаний, ГОСТ Р 54354-2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа», ГОСТ Р 52814-2007 «Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода Salmonella» [81], ГОСТ Р 52816-2007 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)» [80], ГОСТ Р 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» [79], ГОСТ 30425-97. «Консервы. Метод определения промышленной стерильности» [82].

Микроструктурные исследования осуществляли [77] в соответствии с ГОСТ 19496–2013 с применением светового микроскопа «AxioImaiger A1» (Carl Zeiss, Германия), видеокамеры «AxioCam MRc 5» и компьютерной системы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0».

Спектроскопические исследования молекулярной структуры образцов осуществляли, используя ИК-Фурье спектрометра ALPHA фирмы Bruker, (США) с модулем однократного нарушенного полного внутреннего отражения с алмазным кристаллом, предназначенного для универсального базового спектрального анализа в среднем ИК-диапазоне от 375 до 7500 см⁻¹. Пробоподготовка заключалась в следующих действиях: порошкообразные образцы наносились на алмазный кристалл интерферометра, фиксировались прижимным устройством, далее спектр получали в автоматизированном режиме [9].

Определение **активности воды** [9] осуществлялось на автоматическом анализаторе Rotometer RM-10, который состоит из электронной части и измерительной ячейки. В измерительную ячейку помещается пластиковая кювета, в которой находится исследуемый образец. Принцип работы анализатора основан на измерении точки росы равновесного воздуха. Метод измерения базируется на физической связи между температурой конденсации (точка росы) водяного пара и содержанием водяного пара в воздухе. По результатам измерения точки росы и температуры пробы анализатор вычисляет значение показателя активности воды в исследуемом образце.

Коэффициент эффективности белка определяли ростовым методом [120], а затем рассчитывали по формуле

$$КЭБ = (W_1 - W_0) / Y,$$

где W_1 – масса лабораторного животного после испытаний;

W_0 – масса лабораторного животного перед испытаниями;

Y – количество потребляемого животным белка за период испытаний.

Математическая обработка результатов. Каждый эксперимент при его проведении предполагает некоторые ошибки и погрешности, которые носят систематический или случайный характер. Эти ошибки при проведении опытов могут вызвать большой разброс экспериментальных данных.

Все экспериментальные исследования проведены не менее чем в трех повторностях, аналитические определения для каждой пробы – в двух-трех

повторностях. В таблицах и на рисунках приведены данные типичных опытов, каждое значение является средним как минимум из трех определений [9].

Среднее арифметическое результатов экспериментов вычисляли по формуле:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^n y_k}{n},$$

где y_k – результат отдельного опыта;

n – число повторностей эксперимента.

Отклонение единичного результата от среднего арифметического:

$$\Delta y_k = y_k - y.$$

Квадратичная дисперсия:

$$S^2(y_k) = \sum_{k=1}^n (y_k - y)^2 \times (n-1),$$

Стандартное отклонение единичного результата:

$$S(y_k) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - y)^2 \times (n-1)},$$

Стандартное отклонение среднего результата:

$$S(y) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (y_k - y)^2}{n \cdot (n-1)}},$$

Степень адекватности:

$$E_\alpha = t_\alpha \cdot S(y),$$

где t_α – критерий.

Величина доверительного интервала:

$$\Delta = y \pm E_\alpha.$$

Для математической обработки результатов исследований использованы методы регрессионного анализа с применением градиентного метода и метода 56 наименьших квадратов, линейного программирования. Графические зависимости

на рисунках представлены после обработки экспериментальных данных по методу наименьших квадратов, реализованные в Microsoft Excel.

2.3 Обработка объектов исследований

Сублимационную сушку осуществляли с помощью стенда ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ, предназначенного для вакуумной сублимационной сушки СВП – 0,36 (рис. 8–9), и работающего в широком диапазоне необходимых режимных параметров [1, 203, 204]. Выбранная установка является универсальной для сушки широкого ассортимента сырья и может быть использована для сушки продуктов животного происхождения [113]. Эксперименты проводили в режиме – классическая сублимационная сушка, при которой удаление влаги происходит посредством фазового перехода «лёд–пар», при $P = 0,1–0,5$ мм.рт.ст. (10–70 Па).



Рис. 8. Общий вид экспериментального стенда СВП – 0,36 [29]

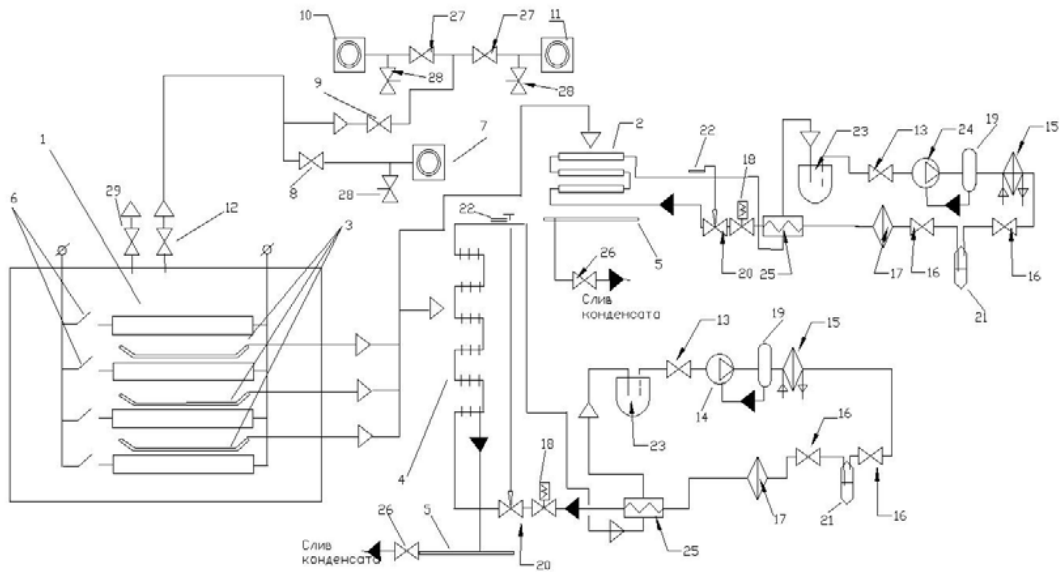


Рис. 9. Принципиальная схема экспериментального стенда для изучения вакуумной сублимационной сушки [203]:

1 – электронагреватели, 2 – десублиматор, 3 – противни с продуктом, 4 – конденсатор «плачущего» типа, 5 – поддоны для слива конденсата, 6 – тумблеры вкл/выкл электронагревателей, 7 – агрегат вакуумный НВМ-5, 8 – вентиль СК26013-020, 9 – вентиль СК26013-010, 10 – агрегат вакуумный 2НВР-5ДМ, 11 – агрегат вакуумный 2НВР-01Дм, 12 – вентиль СК26013-025, 13 – вентиль, 14 – компрессор SC10G, 15 – конденсатор воздушный, 16 – вентиль, 17 – фильтр-осушитель, 18 – соленоидный вентиль, 19 – маслоотделитель, 20 – электронное ТРВ, 21 – ресивер, 22 – термобалон, 23 – отделитель жидкости, 24 – компрессор SC21CL, 25 – теплообменник, 26 – вентиль, 27 – клапан, 28 – натекагель, 29 – девакумирующий вентиль

Технологический процесс проведения сублимационной сушки осуществляли следующим образом:

1. Промытое, измельченное сырьё помещали на противни слоем, толщиной 8–12 мм.
2. Создавали рабочее давление в рабочей камере, соответствующее режиму испарения влаги в вакууме. Рабочее давление для вакуумной сушки находилось в пределах от 30 до 40 мм.рт.ст. (4 000÷5 300 Па).
3. Осуществляли теплоподвод к объекту сушки (кондуктивный и радиационный) плоскими экранированными электронагревателями до заданных

температур (которые зависят от предельной максимальной заданной для сырья температуры, она обычно регулируется в диапазоне 20–50 °С).

4. Первый этап цикла сушки (испарение влаги в вакууме) – до удаления заданного количества влаги.

5. По завершению первого этапа цикла отключали электронагреватели и сбрасывали давление до 0,1–0,4 мм.рт.ст. Происходило криоконцентрирование продукта. Температура замороженного продукта в соответствии с технологическим регламентом находилась в диапазоне минус 20 до минус 30 °С;

6. После полного замораживания продукта повторно осуществляли подвод теплоты и начинали процесс классической сублимационной сушки.

7. Выполняли цикл сушки сырья при подъеме температуры на его поверхности до предельно допустимого значения и далее при поддерживали ее в пределах 40–50 °С, до полного выполнения цикла.

8. По завершению цикла сушки отключали холодильные и вакуумные станции. Далее производили девакуумирование рабочей камеры камера и извлекали сухой продукт [29].

Рабочие параметры классической сублимационной сушки:

– Начало вакуумирования: $T_{десубл.} = \text{минус } 26 \text{ } ^\circ\text{С}$; $T_{пр1} = \text{минус } 10,5 \text{ } ^\circ\text{С}$;
 $T_{пр2} = 11,7 \text{ } ^\circ\text{С}$; $T_{наг.} = 22,4 \text{ } ^\circ\text{С}$;

– Начало сушки: $T_{десубл.} = \text{минус } 28 \text{ } ^\circ\text{С}$; $P_{кам} = 83 \text{ Па}$; $T_{пр1} = \text{минус } 25 \text{ } ^\circ\text{С}$;
 $T_{пр2} = \text{минус } 24 \text{ } ^\circ\text{С}$.

График сублимационной сушки представлен в таблице 6.

Таблица 6 – График сублимационной сушки продуктов ферментативной обработки

Время, ч	Вес, г	Т десубл. минус ^о С	Давление в камере, Па	Т _{пр1} , °С	Т _{пр2} , °С	Т _{наг.} °С	Мощн ость, Вт
10:00	17 980	начало вакуумирования					
10:30	17 830	28	83	минус 25	минус 24	–	200
11:30	17 630	34	65	минус 25,5	минус 25	88	207
12:00	17 550	33	65	минус 25	минус 25	90	210
13:30	17 350	33	66	минус 14	минус 12	99	194
15:00	17 170	35	55	35	30	95	195
15:45	17 140	37	55	45	40	89	140
16:00	17 140	37	55	45	40	89	50

ГЛАВА 3 ИНКОРПОРИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОБОЧНОГО КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Многие годы коллаген считался нерастворимым в воде и, поэтому, неусвояемым. Причиной этого является то, что нативный коллаген, т.е. коллаген, поступающий в организм из пищевых продуктов, сопротивляется воздействию трипсина, содержащегося в желудочной среде, однако, он гидролизуется ферментом коллагеназой различной природы. Когда же коллаген кипятят в воде, тройной завиток его структуры разрушается, и субъединицы частично гидролизуются, а продуктом этого воздействия становится желатин. Развернутые цепи пептидов желатина захватывают большие количества воды, приводя к образованию гидратированных молекул.

Нативный коллаген (как молекулярный так и фибриллярный) достаточно устойчив к воздействию протеолитических ферментов под действием физиологических условий. Неспецифические ферменты (проназа, пепсин, трипсин и химо tripsин) не действуют на трехцепочечные спирали, а лишь на С-или N-терминальные телопептиды (неспирализованные участки аминокислотной последовательности в молекуле коллагена). Действие этих ферментов может приводить к растворению коллагена, но не его деградации [25, 142]. Кислая среда усиливается способность этих ферментов расщеплять коллаген до олигопептидов и переводить коллагеновое волокно в раствор. Денатурированный коллаген успешно подвергается протеолизу перечисленными ферментами [127, 131].

В настоящее время разработаны способы, позволяющие направленно расщеплять те или иные межцепные связи коллагена. Коллагенсодержащие ткани обрабатывают гидроксиламином, щелочами, протеиназами, другими веществами или осуществляют физико-химическое воздействие. Химическая природа этих веществ обуславливает различный механизм и степень повреждения молекулярной структуры коллагена, так как наряду с расщеплением этих связей

могут разрушаться и другие, а также боковые цепи и функциональные группы молекулы [131].

По воздействию, оказываемому на коллаген, различают методы, приводящие к распаду полипептидов и вызывающие дезагрегацию надмолекулярных структур. Предварительная обработка, приводящая к его диспергированию, с сохранением в основном трехспиральной структуры молекул может быть одно- или многостадийной. Получаемые в результате такого воздействия препараты существенным образом отличаются от таких производных коллагена как желатин или клей, представляющие собой продукты его денатурации.

Один из основных способов диспергирования коллагена заключается в его щелочно-солевой обработке раствором с концентрацией щелочи 10–100 г/дм³ и соли 50–200 г/дм³. Далее следует солевая промывка хлоридом натрия концентрацией 50–200 г/дм³, нейтрализация сырья соляной кислотой до рН 5,5–6,0 и повторная промывка хлоридом натрия концентрацией 50–200 г/дм³ [87, 88]. Для увеличения выхода фракций коллагена, пригодных для пищевой промышленности, сырье перед обработкой предложено обезжиривать на обычных сепараторах традиционными методами при температуре 0–8 °С. Метод позволяет получать фракции коллагена с молекулярной массой от 60 до 200 кДа [172].

Действие щелочи, при этом, направлено на разрыхление волокнистых структур, удаление сопутствующих веществ и разрыву межмолекулярных связей, а также деполимеризацию фибриллярных структур. Происходит химический гидролиз пептидных связей с образованием свободных амино- и карбоксильных групп, что сдвигает изоэлектрическую точку в область рН 4,8–5,0. При этом возможны дополнительные реакции: от некоторых остатков аргинина отщепляется мочевины с образованием орнитина, часть из них распадается дальше до цитрулина; некоторые концевые аминокислоты (главным образом глицина) становятся свободными. Применение нейтральной соли в процессе разрыхления сырья гидроксидом натрия позволяет осуществить направленный гидролиз его структуры

по линии разрыва поперечных межфибриллярных связей, препятствуя при этом щелочному набуханию коллагена [230].

Морфологические и биохимические исследования показали, что щелоч-но-солевая обработка приводит к разрушению основного цементирующего вещества соединительной ткани, в частности, кислых гликозаминогликанов, дезорганизации и дезинтеграции структурных элементов коллагена, нарушению межмолекулярных связей, что делает возможным диспергирование его в уксусной кислоте низкой молярной концентрации.

Недостатком данного способа является необходимость нейтрализации сырья химическими реактивами после каждой стадии обработки. Причем нет объективных оснований считать, что подобная обработка не приводит к образованию в структуре сырья химических соединений, способных негативно влиять на живой организм.

Предварительную обработку зрелого коллагена можно проводить кислотами с последующим добавлением гидроксиламина при повышенной температуре, после снижения которой и нейтрализации, продукт может быть использован для выработки желатина [241].

Можно обработать коллаген при помощи механических воздействий в сочетании с биологическим. Например, для получения коллагеновой массы, используемой для формирования колбасной оболочки, соединительную ткань отделяют от мышечной ткани прессованием. Далее соединительную ткань обрабатывают ферментным препаратом. Полученную коллагеновую массу направляют на формирование колбасной оболочки.

Помимо различных химических воздействий для гидролитического расщепления коллагена можно использовать и протеолитические ферменты. Полученные препараты по своим свойствам близки к тропоколлагену, так как ферменты расщепляют определенные типы связей (например, коллагеназа – расщепляет связи, образованные пролином) и действуют на белок более специфично.

Единственным ферментом, оказывающим истинно протеолитическое действие на нативный коллаген, является коллагеназа, гидролизующая не только его волокна, но и трехцепочечные спирали.

Коллагеназа обладает высокой специфичностью в отношении протеолиза пептидных связей в нативном коллагене [143]. Расщепление происходит между звеньями *R* и *Гли* в последовательности $X - \text{Про-}R\text{-Гли-Про} - Y$, где *X* и *Y* – блокирующие группы; *R* – аминокислота. Позже, последовательность было предложено несколько модифицировать: $X - \text{Про-}R_1\text{-}R_2\text{-Про} - Y$. В этой последовательности остаток пролина может быть замещен оксипролином, что сильно снижает скорость расщепления. Наиболее обычным заместителем глицина в положении *R*₂ является аланин. Остаток *R*₁ как правило является оксипролином и аланином [157, 158, 159].

Продукты расщепления коллагена коллагеназой – это пептиды; свободные аминокислоты не образуются. Размер пептидных цепей различен – от трипептидов типа *Гли-Про-Окпро* и *Гли-Про-Ала* до фрагментов, содержащих 30 аминокислотных остатков [156, 160].

К колагенолитическим ферментам относится и проназа, воздействующая на коллаген при температуре ниже температуры денатурации.

Трипсин и пепсин не вызывают изменения трехцепочечных спиралей коллагена при температуре выше 20 °С. Однако обработка этими ферментами способствует его разрыхлению, растворению при повышении температуры и экстрагированию гидротопными соединениями.

Существуют способы модификации коллагенсодержащего сырья ферментами микробиального происхождения.

Известен способ получения биологически полноценного белкового композита, включающий предварительной обработку субпродуктов II категории (очистка, промывка, бланшировка), измельчение на волчке. Растительные компоненты (морковь, капуста, пшеничные отруби в соотношении 2:1:1) гомогенизируют. Соединяют мясное и растительное сырье. В качестве

дополнительных источников азота и углерода добавляют сыворотку и соли аммония. Полученную массу используют в качестве исходного субстрата для ферментации. Биомассу микроорганизмов наращивают на специальных средах или восстанавливают из сухих культур в течение 2–3 ч при $t=30–37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем в субстрат вносят суспензии в виде смеси культур в равных количествах с исходной концентрацией $10^7–10^9$ микробных клеток/мл [85]. Недостатком данного способа является необходимость внесения углеводного компонента для роста микроорганизмов, предварительное выращивание биомассы микроорганизмов при температуре $30–37\text{ }^{\circ}\text{C}$, требующее использования дополнительного оборудования, в частности термостата. Сама ферментация осуществляется при температуре $25–30\text{ }^{\circ}\text{C}$, что также требует применения специального оборудования с паровой рубашкой. Изменение функционально-технологических свойств сырья с высоким содержанием соединительной ткани вообще не является целью ферментации. Помимо этого возникает необходимость работы с микроорганизмами и химическими препаратами, что завышает цены на производство, требует соблюдения соответствующих санитарно-гигиенических мероприятий, финансовых вложений на охрану труда [205].

Необходимо отметить следующее, работы отечественных ученых подтверждают (О.О. Баблюян, П.М. Голованова, Л.В. Антипова), что нарушения нативной структуры коллагена минимальны при ферментативной обработке коллагенсодержащего сырья по сравнению с химическими методами – щелочно-солевыми или последовательным известковым золением и кислотным набуханием [4, 13, 90, 91, 92, 95, 96].

Учитывая условия проведения, ферментативный гидролиз предпочтительнее, потому что протекает в мягких условиях и, благодаря этому, максимально сохраняет аминокислоты и полезные свойства продукта. В настоящее время используются ферменты: пепсин, трипсин, панкреатиназа, протосубтилин Г20Х, мергалин, коллагеназа, причем, последняя обладает рядом преимуществ перед

другими ферментами, одним из которых является специфичность к гидролизу пептидных связей, образованных пролином.

Все вышеперечисленные способы воздействия на коллагенсодержащее сырье значительно упрощают осуществление переработки последнего в промышленных масштабах [97, 98, 99].

3.1 Разработка способа выделения коллагенолитического ферментного препарата из базидиомицета

Среди основных современных и наиболее перспективных подходов к переработке побочного коллагенсодержащего специалисты отрасли выделяют:

- высокотемпературная кратковременная обработка (до 160 °С в течение не более 180 с);
- использование ферментных препаратов [21, 99].

Потребность в животном белке для питания населения РФ составляет 1 800 тыс. т/ год.

Используемые в настоящее время коллагеназы имеют ряд существенных недостатков. Наиболее известный продуцент коллагеназы – бактерия *Clostridium hystoliticum* является возбудителем гангрены, вследствие чего предъявляются повышенные требования безопасности на всех стадиях производства и реализации продукции [4]. При получении коллагеназы из камчатского краба используется только гепатопанкреас (орган, совмещающий функции печени и поджелудочной железы), что приводит к образованию большого количества отходов, которые в дальнейшем необходимо утилизировать. Коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба безопасна для человека, но значительное различие в степени чистоты и активности фермента в зависимости от производственной партии несколько ограничивает ее применение.

Вследствие этого наиболее значимой представляется проблема поиска продуцентов коллагеназ, у которых отсутствовали бы перечисленные выше недостатки. На предмет соответствия этим требованиям был проведен скрининг базидиомицетов, отличающихся высоким уровнем коллагенолитической активности, который проводился среди базидиомицетов, относящихся к родам: *Gordyceps*, *Lentinula Edodes*, *Flammulina*, *Ganoderma* *Lusidum* и *Hericium Erinaceus*. Перечисленные грибы являются источниками функциональных ингредиентов, среди которых, полифенолы, которые обладают омолаживающими свойствами, повышают выносливость и результативность спортсменов, аминокислота эрготионеин, проявляющая свойства антиоксиданта, противовоспалительного средства, другие оптимизируют работу мозга, контролируют уровень стресса и т.д. Мировой рынок грибов в 2021 г. оценивался в 50 млрд. долл, по прогнозам к 2028 г. составит 100 млрд. долл.

Литературные данные позволяют утверждать, что из ряда культур высших базидиомицетов в качестве объекта можно использовать гриб *Flammulina velutipes*, поскольку он обладает коллагеназной активностью.

Для него проводился подбор соотношения источников азота и углерода в состав питательной среды с целью повышения выхода и активности коллагенолитического фермента, который показал, что наибольшая активность коллагеназы достигается при глубинном культивировании продуцента на полусинтетической глюкозо-пептонной питательной среде соотношением источников углерода и азота 2:1, в течение 6 сут.

Фермент выделяли из нативного раствора глубинной культуры базидиомицета *Flammulina velutipes*. Глубинное культивирование гриба проводили в три стадии:

1 стадия Получение поверхностной культуры продуцента в пробирках на скошенной агаризованной среде: исходную культуру гриба выращивали в

пробирках на скошенном сусло-агаре (1л сусла с добавлением 2–2,5 % агара) при температуре 24–28 °С в течение 7–10 сут – до полного зарастания поверхности.

2 стадия Получение посевного материала в колбах: посевной материал выращивали в конических колбах, на дно которых предварительно засыпали керамические шарики диаметром 7–10 мм, в стационарных условиях при температуре 28–30 °С в течение 7 сут до полного зарастания поверхности среды поверхностной плёнкой мицелия.

3 стадия Глубинное культивирование осуществляли в колбах Эрленмейера объемом 750 мл при объеме среды 150 мл на полусинтетической глюкозо-пептонной питательной среде (ГПС) с соотношением источников углерода и азота 2:1 в течение 6 сут. Выращивание грибов в колбах проводили на роторной качалке при частоте оборотов 120 об/мин. Культуральную жидкость, после 5 сут культивирования, предварительно отфильтровывали от мицеллиальной биомассы и взвешенных частиц через бумажный фильтр. Полученный нативный раствор очищали от низкомолекулярных примесей и концентрировали в 2,5 раза методом ультрафильтрации. Степень очистки при этом составила 2,03. Процесс вели на ультрафильтрационной установке объемом 1 л с мембраной «МФАС-ОС-20» под давлением 0,1 МПа. Полученный концентрат подвергали сублимационной сушке. Для полученного ферментного препарата определяли рН-оптимум и температурный оптимум коллагеназной активности. Для определения оптимального значения рН ферментативной активности, готовили 1%-е растворы препарата в буферных растворах с различным значением рН, добавляли к ним суспензию коллагена и помещали на 1 сут в термостат при температуре 38 °С. Определение коллагенолитической активности осуществляли нингидриновым методом.

При определении температурного оптимума ферментативной активности к 1 %-ому раствору препарата в буфере с рН=6,1 добавляли суспензию коллагена и помещали на 1 сут в термостат при температуре 38 °С.

При комнатной температуре коллагеназа *Flammulina velutipes* демонстрировала высокую стабильность в диапазоне рН 4,5–10,5 (таблица 7), в крайних же значениях рН (рН 4,5 и 10,5) зафиксировано снижение после 24 ч инкубации.

Данные таблицы 7 и рисунка 7 указывают на инактивацию коллагеназы *Flammulina velutipes* под воздействием различных температурах в диапазоне рН 5,0–7,0. При 30–50 °С препарат являлся относительно стабильным в течение 2 ч инкубации. При 60 °С период половины-инактивации равен 30 мин. Повышение температуры до 70 °С приводило к быстрой инактивации в течение 1 ч инкубации.

Таблица 7 – Инактивация коллагеназы *Flammulina velutipes* при различных температурах (рН 5,0–7,0)

Время инкубации, мин	Остаточная активность, %				
	30 °С	40 °С	50 °С	60 °С	70 °С
0	100	100	100	100	100
5	100	100	100	71	26
10	100	100	100	60	–
20	98	95	89	43	–
30	97	96	91	38	–
40	95	96	91	34	–
60	94	93	80	30	–
80	94	93	80	21	–
100	93	91	75	15	–
120	93	91	68	11	–

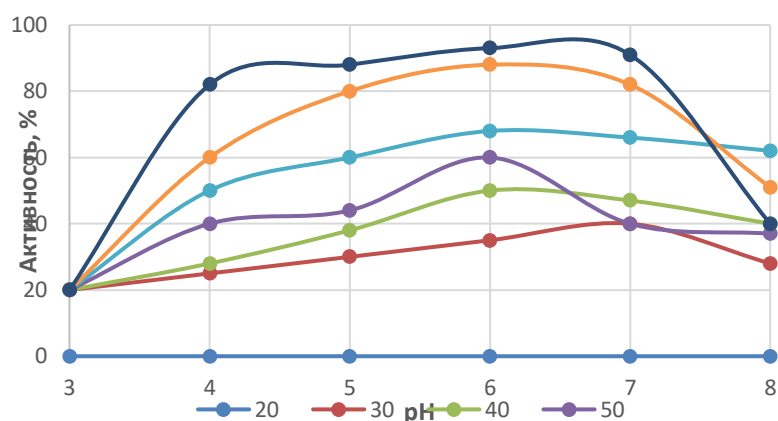


Рис. 7. Стабильность коллагеназы *Flammulina velutipes* при pH 5,0 и различных температурах

Согласно результатам исследования, pH-оптимум полученного ферментного препарата находится в интервале pH 5,5–7,5. Температурный оптимум препарата наблюдается в области 25–38 °С.

Известно, что протеазы, в том числе и коллагеназы, неоднозначно воздействуют на белковые субстраты. Имея высокую протеолитическую активность, препарат может проявлять индифферентность по отношению к коллагену, практически не расщепляя его. Для сравнительного исследования зависимости коллагенолитической активности полученного ферментного препарата от температуры среды проводили исследования в сравнении с коллагеназой животного происхождения, получаемой из гепатопанкреаса камчатского краба. Показателем активности служил прирост белка в растворе. Определение коллагенолитической активности проводили при pH=6,5. Коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба зарекомендовала себя как ферментный препарат, обладающий высокой специфичностью к коллагену и сродством к субстрату.

Результаты представлены на рисунке 8.

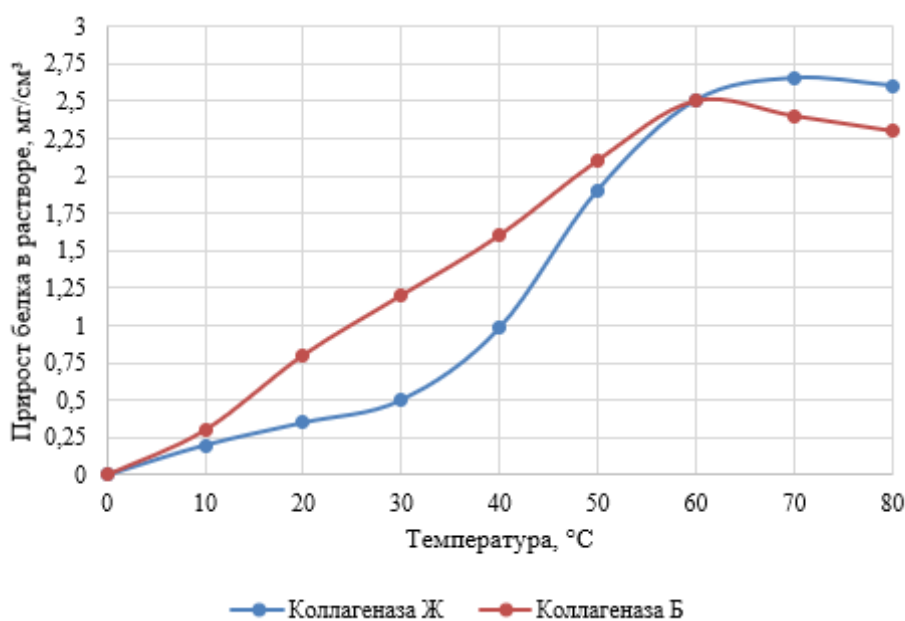


Рис. 8. Сравнительная оценка степени протеолиза коллагена в зависимости от температуры (Коллагеназа Ж – коллагеназа животного происхождения $y = -2 * 10^{-5} x^{-3} + 0,0016x^2 - 0,0043x + 0,0978$, Коллагеназа Б – коллагеназа базидиомицетов $y = -4 * 10^{-7} x^4 + 5 * 10^{-5}x^3 - 0,002x^2 - 0,0144x + 0,0735$)

Ориентируясь на полученные результаты (рисунок 8) активность коллагеназы животного происхождения в отношении коллагена животного происхождения на участке температур 0–30 °C ниже активности коллагеназы базидиомицета. Изучаемые два вида коллагеназ демонстрировали значительный прирост белка в растворе при низких значениях температур (10–20 °C). Однако при температуре 10 °C прирост белка под воздействием ферментного препарата базидиомицета в 3, при температуре 20 °C – в 5 раз выше, чем для аналогичных температур при обработке коллагенсодержащего сырья коллагенозой животного происхождения.

Дальнейшее повышение температуры способствовало росту активности ферментных препаратов, независимо от происхождения. Зафиксирован более интенсивный рост активности коллагеназы базидиомицета по сравнению с коллагенозой животного происхождения.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о деструктивных изменениях коллагена, которые могут проявляться при температуре 12 °С, поскольку обеспечивается наибольшая минимизация микробиологической контаминации. С точки зрения организации процесса температура 12 °С обуславливает лишь использование отдельного помещения для проведения обработки без установки дополнительного холодильно-компрессорного или нагревательного оборудования, так как соответствует рабочей температуре машинно-шприцовочного отделения. Данная рабочая температура позволяет избежать лишних энергозатрат и не требует дополнительного теплового оборудования, вместе с тем позволяя сократить продолжительность обработки, по сравнению с температурными режимами холодильной камеры.

3.2 Изучение сингулярности культивирования препарата грибом *Flammulina velutipes*

Следующий этап работы был посвящен изучению влияния среды на способность культивирования препарата грибом *Flammulina*.

Выращивание *Flammulina* на питательной среде сопровождалось изменением рН от 5 к 8. Результаты изменения коллагенолитической активности ферментного препарата при росте базидиомицета на различных средах представлены на рисунках 9–11.

Самые высокие значения массовой доли белка (3,2–3,5 г/л) в культуральной жидкости базидиомицета зафиксированы на 6-ые сут культивирования *Flammulina* на глюкозо-пептонной питательной среде с соотношением источников углерода и азота 2:1. На средах, в которых в качестве источника азота использовали нитрат аммония, содержание белка было незначительным по сравнению с другими средами – 0,3–0,5 г/л.

Изучение удельной коллагенолитической активности *Flammulina* в зависимости от соотношения источников углерода и азота, а также питательной

среды, установлено, что наибольшую удельную коллагенолитическую активность глубинная культура *Flammulina* проявляла на 6-е сут культивирования на глюкозо-пептонной питательной среде с соотношением источника углерода и азота 2:1. Не менее высокие значения данного показателя отмечены на 7-ые сутки глубинного культивирования *Flammulina* на среде с пептоном при соотношении источников углерода и азота 10:1. Наименьшая коллагенолитическая активность продуцента характерна при культивировании базидиомицета на среде с нитратом аммония в качестве источника азота. Для этой же питательной среды характерно наименьшее изменение коллагенолитической активности продуцента в зависимости от соотношения источников углерода и азота, а также периода культивирования.

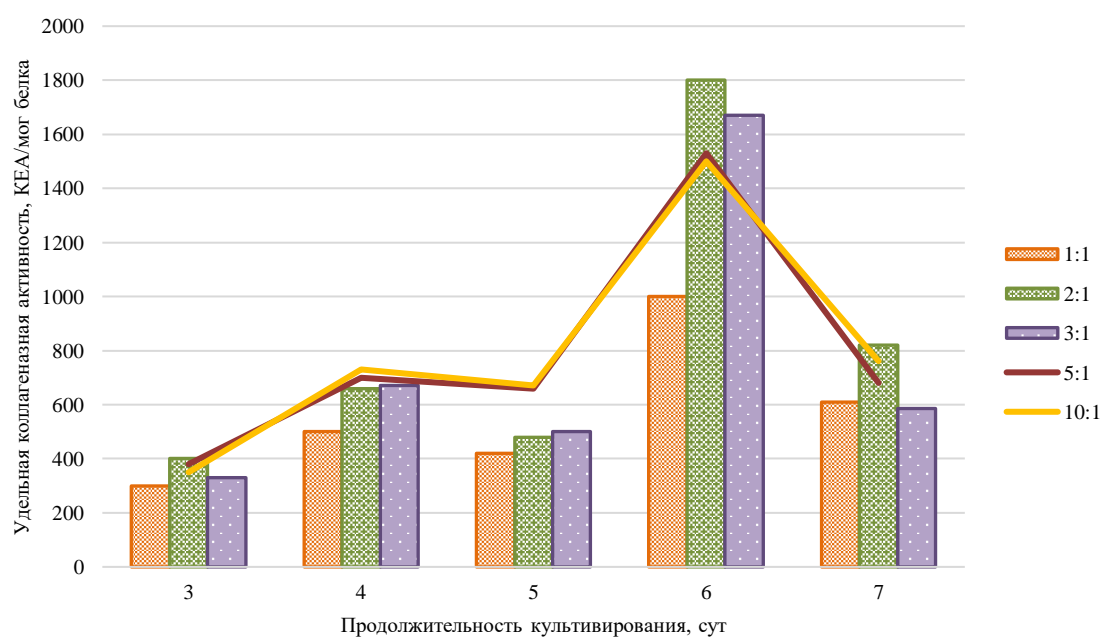


Рис. 9. Коллагенолитическая активность базидиомицета при росте на глюкозо-пептонной среде

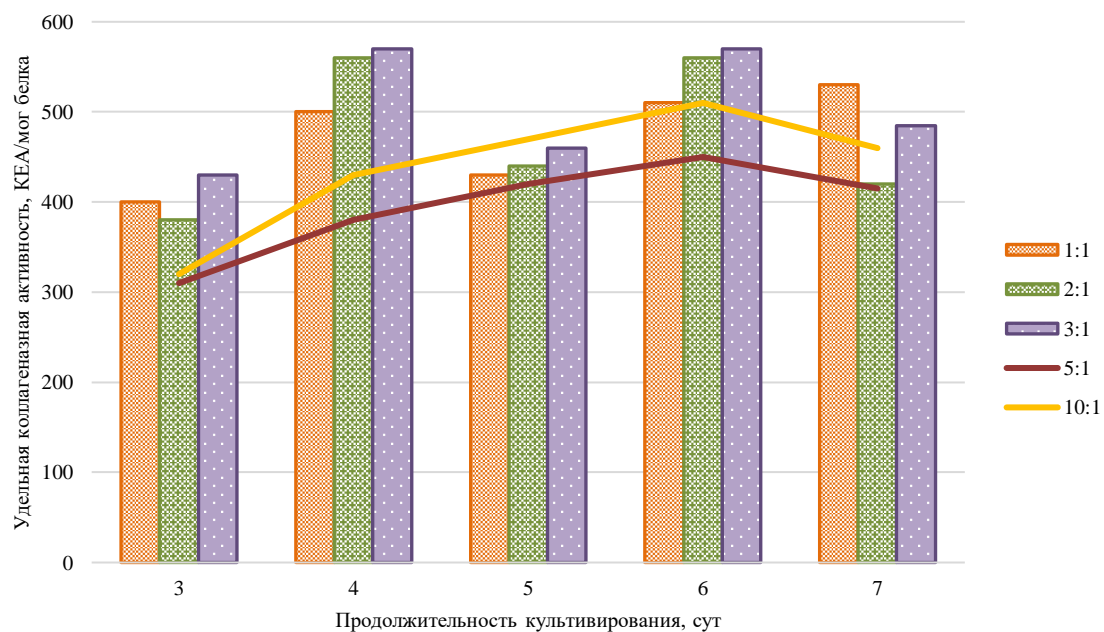


Рис. 10. Коллагенолитическая активность базидиомицета при росте на среде с нитратом аммония

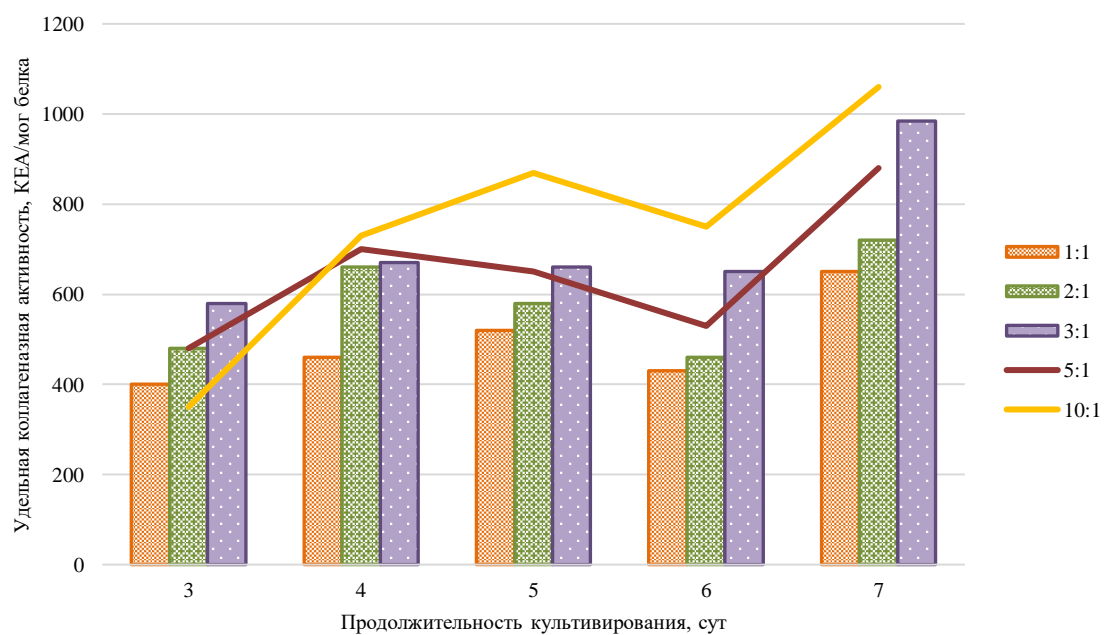


Рис. 11. Коллагенолитическая активность базидиомицета при росте на среде с пептоном

Свойства разработанного препарата по отношению к субстратам является важной составляющей для его дальнейшего использования в технологии пищевых продуктов.

Химические соединения могут выступать активаторами протеолитической активности ферментных препаратов, а могут быть и ингибиторами, то есть, оказывать подавляющее действие. В технологическом процессе производства мясных продуктов таковыми могут являться такие обязательные компоненты посолочных смесей как поваренная соль и нитрит натрия. Активность ферментов определяли по количеству прореагировавшего субстрата или по накоплению продуктов реакции в единицу времени. При этом создаются оптимальные условия для действия ферментных препаратов.

Эксперимент проводили по методике определения протеолитической активности модифицированным методом Ансона. Реакционную смесь инкубировали при 28 °С. Субстратами служили: казеинат натрия, коллаген и эластин. При подготовке субстрата вносили NaCl в таком количестве, чтобы в реакционной смеси (после внесения раствора фермента) его концентрация составила до 4 %, что распространено для практического применения в традиционных технологиях мясных продуктов.

В большинстве случаев технологический процесс предусматривает предварительный посол мясного сырья. Известно, что при высоких концентрациях NaCl выступает в роли ингибитора неконкурентного вида, которое связано с влиянием ионной силы раствора на состояние полярных группировок в структуре белка фермента, изменение степени ионизации которых может приводить к изменению конформации белковой молекулы вообще и активного центра фермента.

Для определения влияния пищевой соли на протеолитическую активность коллагеназы *Flammulina velutipes*, была определена активность фермента в диапазоне концентраций NaCl от 0 до 4 %.

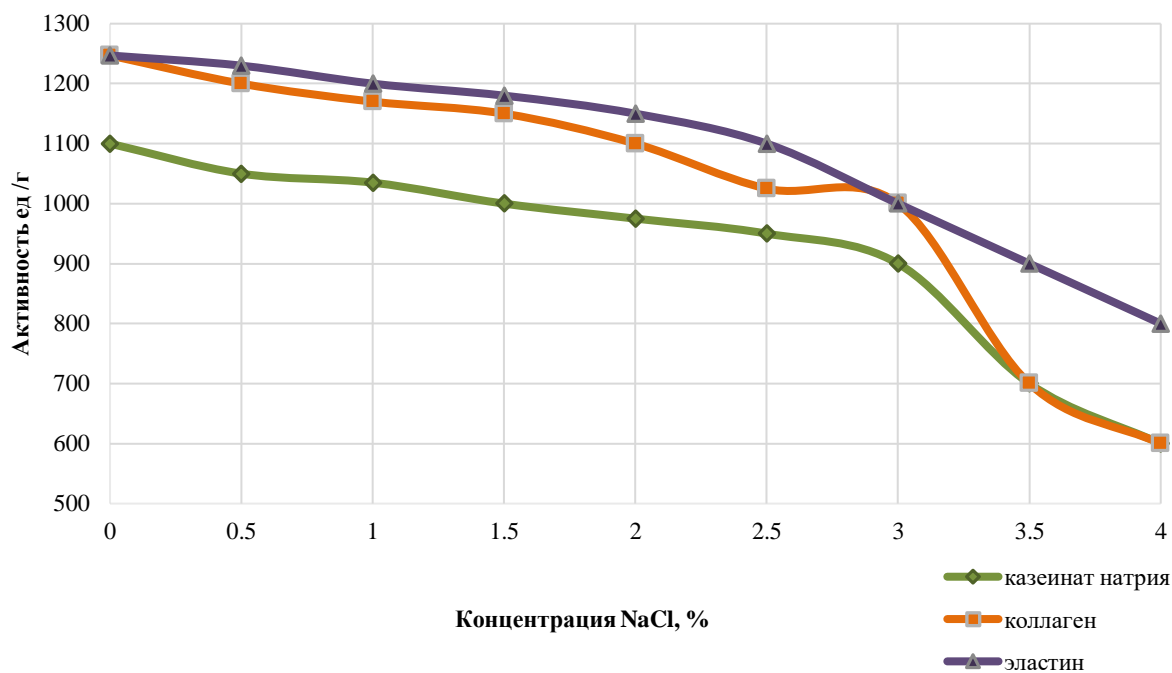


Рис. 12. Влияние концентрации пищевой соли на активность коллагеназы *Flammulina velutipes* в зависимости от субстрата

Анализируя данные рисунка 12, установлено, что концентрации NaCl до 1,5 % приводят к небольшому снижению активности фермента. При концентрациях пищевой поваренной соли более 1,5 % происходит некоторое ингибирование ферментного препарата, которое достигается при 4 % от начальной активности принятой за 100 %, что связано с влиянием ионной силы раствора на состояние полярных группировок в структуре белка фермента, изменение степени ионизации, которых может приводить к изменению пространственной структуры (конформации) белковой молекулы вообще и активного центра фермента в частности, что неизбежно сказывается на активности фермента.

Нитрит натрия (NaNO_2) участвует в формировании цвета готового изделия (при взаимодействии с миоглобином мяса). Образую нитрозомиоглобин, он препятствует окислению миоглобина, которое приводит к потере мясом естественной окраски. В то же время он является активным антибактериальным

веществом, подавляющим образование токсинов, обладает антиокислительным эффектом, связывает ионы железа.

Эксперимент проводили по вышеуказанной методике определения протеолитической активности. При подготовке субстрата вносили NaNO_2 в таком количестве, чтобы в реакционной смеси (после внесения раствора фермента) его концентрация составила требуемую в технологии колбасного производства величину.

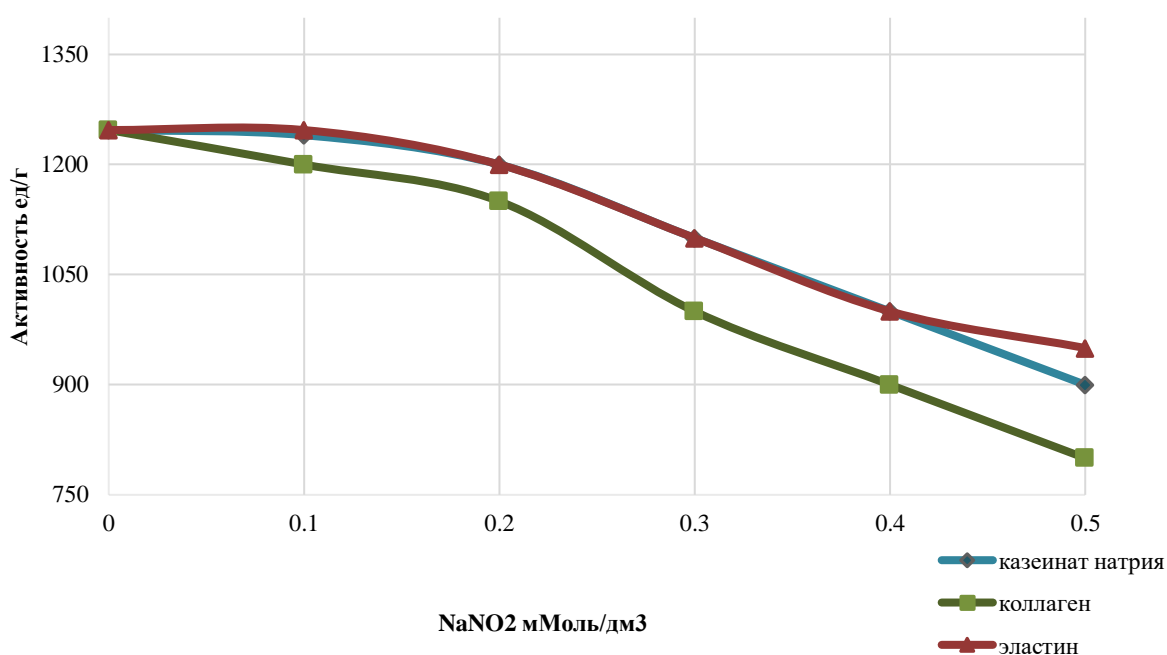


Рис. 13. Влияние концентрации нитрита натрия на активность коллагеназы *Flammulina velutipes* в зависимости от субстрата

Результаты исследований, представленные на рисунке 13, позволяют утверждать, что присутствие в реакционной среде нитрита натрия в количествах до $0,5 \text{ ммоль/дм}^3$, применяемых на предприятиях мясной отрасли, способствует проявлению ингибирования эффекта в отношении ферментного препарата на исследованных субстратах. Например, в $0,5 \text{ ммоль}$ раствора ингибирование протеолитической активности составило не более 15 %.

Представленные результаты дают основание считать целесообразным применение ферментных препаратов для создания ферментных технологий

рационального использования коллагенсодержащего сырья – продуктов убоя и разделки сельскохозяйственных животных с высокой массовой долей белков соединительной ткани.

3.3 Получение продуктов ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья

Полученный ферментный препарат использовали для создания коллагеновых ферментолитатов – дальнейших объектов исследования. Далее представлены результаты ферментолитата на примере мясной обрезки, рубца, губ, легкого КРС, свиной шкуры, кожи карпа. Обоснование выбора объектов исследования представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Обоснование выбора и характеристические особенности объектов исследования

№№ п/п	Наименование объекта исследования	Наименование коллагена	Тип коллагена	Гены	Характеристические особенности
1	Мясная обрезь КРС	говяжий	I, II	COL1A1, COL1A2, COL2A1	$[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$, $[\alpha_1(II)]_3$. Представлен фибриллами длиной 300 нм.
2	Легкое КРС	говяжий	I, III, V	COL1A1, COL1A2, COL3A1, COL5A1-COL5A3	Содержание I и III типы коллагена – в соотношении 1:2. Количество I и V типов коллагена – 30:1. $[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$, $[\alpha_1(III)]_3$, $[\alpha_1(V)]_3$. Представлен фибриллами длиной 300 и 390 нм с глобулярным N-участком.
3	Рубец КРС	говяжий	I	COL1A1, COL1A2	$[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$. Представлен фибриллами длиной 300 нм.

Продолжение таблицы 8

4	Губы КРС	говяжий	I, III	COL1A1, COL1A2, COL3A1	$[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$, $[\alpha_1(III)]_3$. Представлен фибриллами длинной 300 нм.
5	Свиная шкура	свиной	I, IV	COL1A1, COL1A2, COL4A1- COL4A6	$[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$, $[\alpha_1(IV)]_2[\alpha_2(IV)]$. Представлен фибриллами длинной 300 нм и двухмерной сетью
6	Кожа карпа	рыбный	I, IV	COL1A1, COL1A2, COL4A1- COL4A6	$[\alpha_1(I)]_2[\alpha_2(I)]$. Представлен фибриллами длинной 300 нм.

* – α – цепи коллагена, например, коллаген I состоит из двух цепей одного вида, обозначаемых $\alpha_1(I)$, и третьей цепи, обозначаемой α_2 .

Данные таблицы 8 свидетельствуют о том, что выбранные объекты исследования различаются содержанием/ соотношением разных коллагенов по происхождению и типу.

Интерес представляло изучение влияние полученного ферментного препарата на коллаген, исходя из его разнородного строения, типовой принадлежности, а также соотношения типов коллагена.

Для простоты восприятия результатов, вариантам обработки были присвоены номера от 1 до 8 по возрастанию, соответственно: №1 – 0,01/2; №2 – 0,05/2; №3 – 0,10/2; №4 – 0,20/2; №5 – 0,01/4; №6 – 0,05/4; №7 – 0,10/4; №8 – 0,20/4.

Таблица 9 – Влияние ферментативной обработки на изменение содержания белка и влаги в объектах исследования

Показатели, %	Нативное сырье	Варианты ферментативной обработки							
		0,01/2	0,05/2	0,10/2	0,20/2	0,01/4	0,05/4	0,10/4	0,20/4
Легкое крупного рогатого скота									
Содержание белка	14,23± 0,42	11,51± 0,34	11,52± 0,35	11,68± 0,35	10,90± 0,36	11,06± 0,37	11,28± 0,37	11,53± 0,38	11,91± 0,39
Потери белка	–	2,72	2,73	2,54	3,32	3,1	2,94	1,69	1,31
Содержание влаги	80,05± 2,36	80,05± 2,36	81,02± 2,39	82,53± 2,46	82,66± 2,46	82,76± 2,45	85,64± 2,59	86,12± 2,59	87,06± 2,68
Рубец крупного рогатого скота									
Содержание белка	17,01± 0,50	15,92± 0,48	16,12± 0,48	16,31± 0,47	16,58± 0,46	15,23± 0,48	16,07± 0,48	16,26± 0,47	16,51± 0,45
Потери белка	–	1,09	0,86	0,70	0,43	1,78	0,94	0,75	1,80
Содержание влаги	81,03± 2,39	71,02± 2,21	75,28± 2,10	76,95± 2,00	77,31± 2,16	73,65± 2,17	74,91± 2,20	75,77± 2,23	78,07± 2,42
Мясная обрезь крупного рогатого скота									
Содержание белка	19,20± 0,57	16,23± 0,53	16,37± 0,52	17,09± 0,48	17,75± 0,51	16,21± 0,54	16,45± 0,53	17,31± 0,51	17,81± 0,52
Потери белка	–	2,96	2,80	2,10	1,44	2,98	2,74	1,88	1,38
Содержание влаги	58,50± 1,72	59,06± 1,74	64,48± 1,90	70,66± 2,08	71,91± 2,12	63,83± 1,88	64,29± 1,90	66,47± 1,96	72,56± 2,14
Губы крупного рогатого скота									
Содержание белка	14,15± 0,42	12,00± 0,42	13,05± 0,42	13,41± 0,41	13,74± 0,51	11,20± 0,49	10,00± 0,30	10,18± 0,30	9,84± 0,29
Потери белка	–	2,15	1,10	0,74	0,41	2,95	2,15	3,97	4,31
Содержание влаги	80,15± 2,38	79,25± 2,35	80,85± 2,40	81,14± 2,41	80,24± 2,38	82,09± 2,32	85,80± 2,55	85,77± 2,55	86,65± 2,57
Свиная шкура									
Содержание белка	17,34± 0,38	14,12± 0,56	14,89± 0,38	15,14± 0,31	15,71± 0,37	12,18± 0,35	11,67± 0,83	11,81± 0,56	10,39± 0,48
Потери белка	–	3,22	2,45	2,20	1,63	5,16	5,67	5,53	6,95
Содержание влаги	75,95± 1,13	74,33± 1,10	80,35± 2,11	82,15± 1,78	85,33± 1,11	85,56± 2,11	86,21± 1,73	87,12± 1,98	87,84± 1,34
Кожа карпа									
Содержание белка	16,23± 0,22	14,10± 0,33	14,83± 0,51	15,13± 0,53	15,91± 0,46	12,82± 0,22	12,37± 0,31	11,53± 0,29	10,20± 0,34
Потери белка	–	2,13	1,40	1,10	0,32	3,41	3,86	4,70	6,03
Содержание влаги	79,03± 2,39	73,08± 2,86	80,23± 1,38	81,05± 2,21	81,85± 2,45	82,71± 2,86	83,13± 2,61	83,26± 2,48	85,01± 2,17

Примечание*: здесь и далее – числитель – концентрация ферментного препарата, знаменатель – продолжительность обработки

Анализ приведенных в таблице 9 данных показывает, что количество влаги в образцах ЛФО №1 и 2 было близко к значению для нативного сырья, что связано с начальной стадией диспергирования сырья при данном способе обработки. В образцах ЛФО №7 и 8 количество влаги было максимально.

При обработке всех других объектов исследования раствором коллагеназы происходило увеличение содержания влаги в ПФО на их основе, по сравнению с исходным сырьем.

Потери белковых веществ для всех образцов при концентрации коллагеназы 0,01 % и 0,05 %, независимо от продолжительности обработки, были небольшими и составили, например, для РФО и ОФО №5 – 1,78 % и 2,98 %, соответственно. Увеличение концентрации ферментного препарата приводило к интенсификации деструктивных изменений коллагеновых волокон и достигло максимума при концентрации коллагеназы 0,10 и 0,20 %. Минимальные потери белка, по сравнению с другими видами сырья, независимо от параметров обработки, наблюдались для образцов на основе рубца. Как показывают результаты изучения влияния параметров ферментативной обработки на содержание влаги и потерю белковых веществ в образцах, динамика изменений исследуемых показателей носит нелинейный характер, что связано с особенностью структуры и количеством коллагена в каждом виде сырья.

В образцах ферментированного легкого по вариантам 0,05/4 и 0,10/4 присутствовало наибольшее количество влаги по сравнению с нативным сырьем; увеличение составило 7,6 и 8,1 %, соответственно. Содержание влаги в образцах ферментированного легкого 0,01/2 и 0,05/2 было близко или примерно на 1 % превышало значение для нативного сырья. При обработке раствором коллагеназы происходило уменьшение содержания влаги в ферментированном рубце по сравнению с исходным сырьем.

Для продукта ферментативной обработки легкого увеличение массовой доли влаги можно объяснить повышением межцепного расстояния и разрывом мостиков между субъединицами коллагена. В продукте ферментативной обработки обрезки,

помимо мышечных белков присутствует рыхлая соединительная ткань (жировая), подвергаемая набуханию и гидролизу. Следует отметить минимальные потери белка, которые были характерны, независимо от параметров обработки, для рубца после ферментации.

Потери белковых веществ для всех образцов при концентрации коллагеназы 0,01 и 0,05 %, независимо от продолжительности обработки, были небольшими и составили, например, для ЛФО 0,01/4 – 1,69 %, для ОФО 0,01/4 – 0,98 %. Увеличение концентрации ферментного препарата приводило к интенсификации деструктивных изменений коллагеновых волокон и мышечных белков и достигло максимума при концентрации коллагеназы 0,10 и 0,20 %, за счет проникновения вглубь белка и дополнительного гидролиза коллагена. В результате происходил распад белка, он переходил в жидкую фракцию и вымывался из пространственной сетки.

Минимальные потери белковых веществ, по сравнению с другими видами сырья, независимо от параметров обработки, наблюдались для рубца после модификации. Потерю белковых веществ можно объяснить диспергированием коллагена и его удалением из ПФО в раствор. Однако, в рубце общее содержание коллагена выше, по сравнению с другими образцами, но при обработке происходил его частичный гидролиз, поэтому в фильтрат переходило меньшее количество диспергируемого белка и, если даже белок присутствовал в растворе, он находился в объёме общей системы.

Как показывают результаты изучения влияния параметров ферментативной обработки на содержание влаги и потерю белковых веществ в образцах, динамика изменений исследуемых показателей носит нелинейный характер, что, возможно, связано с особенностью структуры и количеством коллагена в каждом виде сырья. Поэтому был изучен белковый состав (соотношение белковых компонентов) ПФО в зависимости от вариантов ферментативной обработки (таблица 10).

Представленные данные свидетельствуют о том, что увеличение концентрации ферментного препарата и продолжительности воздействия приводят

к уменьшению содержания общего белка и увеличению фракции соединительнотканых белков, что можно объяснить переходом части белковой фракции в раствор в зависимости от степени гидролиза субпродуктов.

Таблица 10 – Соотношение содержания белка в ПФО

Варианты обработки	Содержание белка		
	общего, %	в т.ч. соед. ткан., %	в пересчете на коллаген, %
Легкое крупного рогатого скота			
0,01/2	11,70±0,35	43,45±1,29	40,09±1,19
0,05/2	11,51±0,34	46,27±1,37	42,57±1,26
0,1/2	11,50±0,34	51,23±1,52	47,39±1,41
0,2/2	11,50±0,34	57,54±1,71	53,50±1,59
0,01/4	12,53±0,37	42,51±1,26	39,51±1,17
0,05/4	12,28±0,36	46,00±1,37	42,59±1,26
0,1/4	11,91±0,35	53,53±1,59	49,45±1,47
0,2/4	11,06±0,33	62,75±1,86	57,95±1,72
Рубец крупного рогатого скота			
0,01/2	16,15±0,48	62,03±1,84	57,34±1,70
0,05/2	16,12±0,48	65,50±1,94	60,55±1,79
0,1/2	15,91±0,47	70,10±2,07	64,80±1,92
0,2/2	15,58±0,46	72,49±2,15	67,01±1,99
0,01/4	16,37±0,49	64,17±1,09	59,32±1,77
0,05/4	16,23±0,48	67,25±1,99	62,17±1,85
0,1/4	16,06±0,48	80,56±2,39	74,48±2,21
0,2/4	15,21±0,45	89,97±2,67	83,17±2,47
Мясная обрезь крупного рогатого скота			
0,01/2	17,81±0,53	25,69±0,76	23,75±0,71
0,02/2	17,75±0,51	33,64±0,99	31,10±0,92
0,1/2	17,23±0,51	36,98±1,01	34,18±1,02
0,2/2	16,39±0,49	39,34±1,08	36,36±1,08
0,01/4	18,21±0,54	26,38±0,69	24,38±0,72
0,05/4	18,11±0,54	31,12±0,92	28,77±0,85
0,1/4	17,68±0,53	33,22±0,98	30,71±0,91
0,2/4	17,31±0,51	37,56±1,12	34,72±1,03
Губы крупного рогатого скота			
0,01/2	17,81±0,53	25,69±0,76	23,75±0,71
0,02/2	17,75±0,51	33,64±0,99	31,10±0,92
0,1/2	17,23±0,51	36,98±1,01	34,18±1,02
0,2/2	16,39±0,49	39,34±1,08	36,36±1,08
0,01/4	18,21±0,54	26,38±0,69	24,38±0,72
0,05/4	18,11±0,54	31,12±0,92	28,77±0,85
0,1/4	17,68±0,53	33,22±0,98	30,71±0,91
0,2/4	17,31±0,51	37,56±1,12	34,72±1,03
Свиная шкура			

Продолжение таблицы 10

0,01/2	16,15±0,48	62,03±1,84	57,34±1,70
0,02/2	16,12±0,48	65,50±1,94	60,55±1,79
0,1/2	15,91±0,47	70,10±2,07	64,80±1,92
0,2/2	15,58±0,46	72,49±2,15	67,01±1,99
0,01/4	16,37±0,49	64,17±1,09	59,32±1,77
0,05/4	16,23±0,48	67,25±1,99	62,17±1,85
0,1/4	16,06±0,48	80,56±2,39	74,48±2,21
0,2/4	15,21±0,45	89,97±2,67	83,17±2,47
Кожа карпа			
0,01/2	11,70±0,35	43,45±1,29	40,09±1,19
0,02/2	11,51±0,34	46,27±1,37	42,57±1,26
0,1/2	11,50±0,34	51,23±1,52	47,39±1,41
0,2/2	11,50±0,34	57,54±1,71	53,50±1,59
0,01/4	12,53±0,37	42,51±1,26	39,51±1,17
0,05/4	12,28±0,36	46,00±1,37	42,59±1,26
0,1/4	11,91±0,35	53,53±1,59	49,45±1,47
0,2/4	11,06±0,33	62,75±1,86	57,95±1,72

Одним из основных критериев оценки качества сырья и возможности его использования в технологии производства пищевых продуктов после его ферментативной обработки, являются функционально-технологические свойства.

Проведение дальнейших исследований по выбору рациональных параметров получения ПФО биомодификацией, осуществляли путем изучения их функционально-технологических свойств до и после тепловой обработки. Результаты представлены в таблице 10 и рисунках – 14 и 15.

Таблица 10 – Водосвязывающая способность продуктов ферментативной обработки (% к общей влаге)

Концентрация, % / продолжительность обработки, ч	ВСС, % к массе сырья					
	Легкое КРС	Рубец КРС	Мясная обрезь КРС	Губы КРС	Свиная шкура	Кожа карпа
Нативное сырье	70,25±0,19	46,25±0,10	37,89±0,02	39,33±1,17	62,32±0,98	44,45±0,13
0,01/2	83,64±3,30	72,57±2,87	89,72±3,54	65,33±1,94	78,29±1,17	71,59±2,87
0,05/2	78,37±3,10	66,81±2,64	84,15±3,32	65,33±1,94	74,21±1,93	65,83±2,68
0,10/2	74,26±2,93	63,36±2,50	75,86±3,00	70,50±2,08	73,68±1,67	64,53±2,50
0,20/2	60,01±0,37	59,70±2,35	75,56±2,98	70,00±2,08	70,62±1,65	58,70±2,38
0,01/4	59,46±2,34	50,32±1,99	64,90±2,56	51,46±2,03	56,12±0,96	50,16±1,79
0,05/4	51,46±2,03	41,19±1,63	45,21±1,79	45,67±1,36	61,32±0,91	42,71±1,61
0,10/4	45,44±1,79	38,77±1,53	33,05±1,30	42,33±1,26	68,43±1,25	37,19±1,52
0,20/4	36,38±1,44	32,67±1,29	23,97±0,95	39,50±1,17	68,29±1,16	31,62±1,29

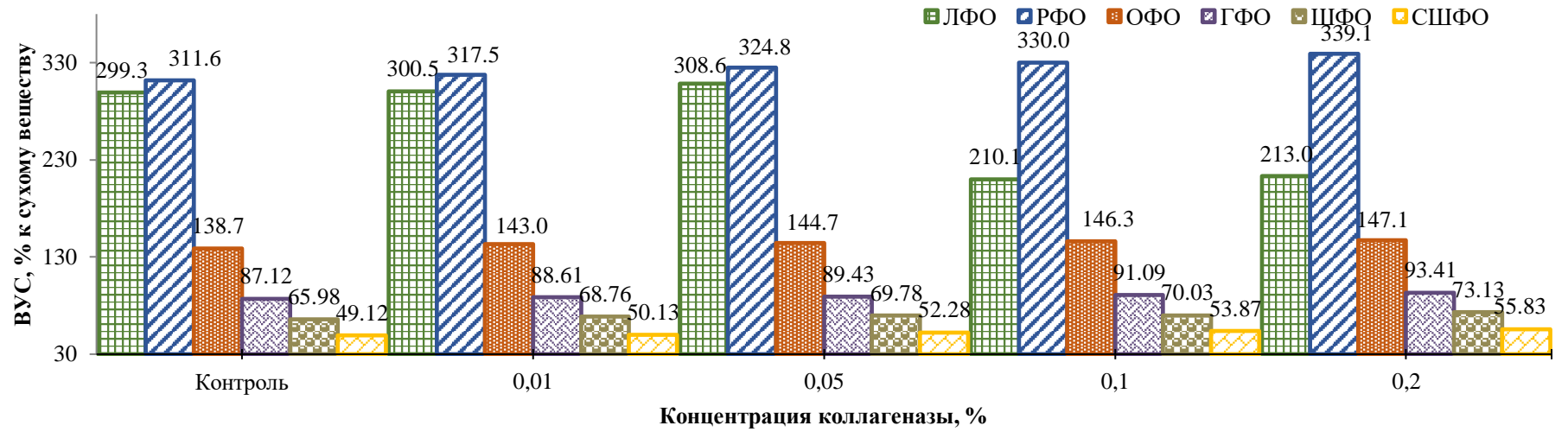
Для всех образцов значение водосвязывающей способности было выше при двухчасовой обработке, чем при четырехчасовой, что можно объяснить большей степенью гидролиза коллагена у последних.

Результаты рисунков 14 и 15 свидетельствуют о том, что значения водоудерживающей способности ЛФО после 2-часового воздействия снижались с изменением концентрации коллагеназы от 0,01 до 0,2 %, что связано с уменьшением количества реакционно-активных групп белка, способных связывать свободную влагу. Аналогичную динамику наблюдали и для РФО, ОФО – после 2-часового воздействия водоудерживающая способность уменьшилась на 25 % по сравнению с контролем. Повышение значений ЖУС, по сравнению с исходным сырьем, наблюдалось у каждого исследуемого образца, но самые высокие показатели были характерны для всех образцов РФО.

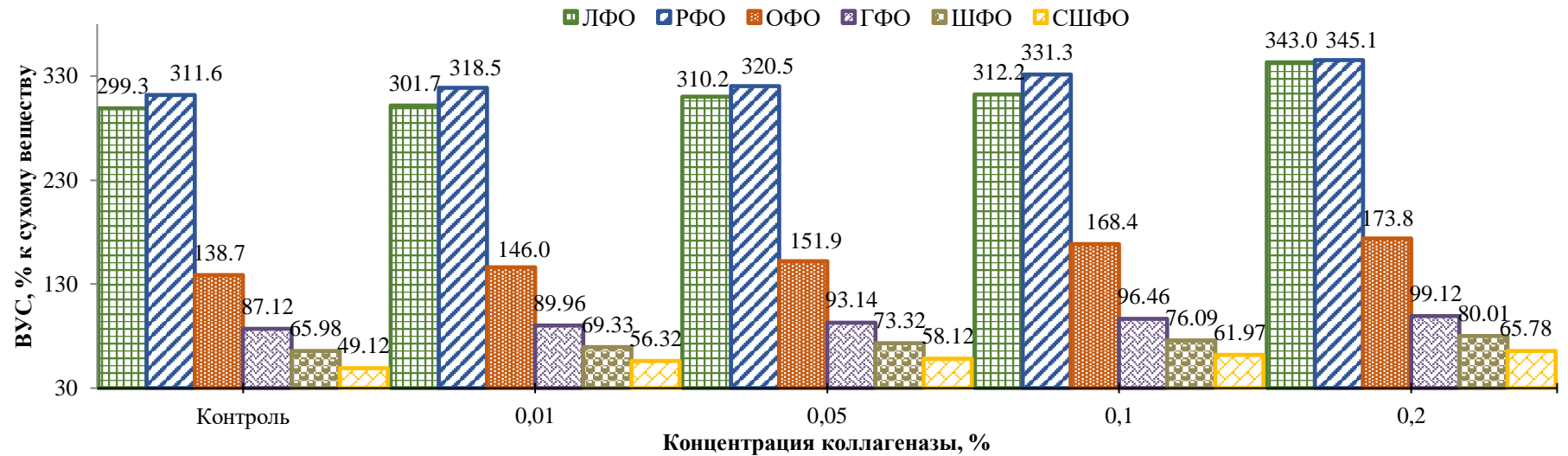
Для представленных образцов значение водосвязывающей способности (ВСС) было выше при двухчасовой обработке, чем при четырехчасовой, что можно объяснить степенью гидролиза коллагена. Так, образец ферментированного легкого 0,10/2 имел значение ВСС, которое превышало значение этого показателя для нативного сырья на 15 %, а для образца ферментированного рубца 0,01/2 – на 26,8 %. Наибольшее увеличение (на 53,8 %) ВСС, было выявлено для ферментированной обрезки со специфическим составом белковых фракций, включая миозиновую, существенно усиливающую набухание. Значение водоудерживающей способности ферментированного легкого после двухчасового воздействия уменьшалось с повышением концентрации КП, что, вероятно, привело к уменьшению количества полярных групп белка, фиксирующих свободную влагу. Аналогичную динамику наблюдали и для ферментированного рубца.

Значение водоудерживающей способности (ВУС) ЛФО после 2-часового воздействия уменьшалось с увеличением концентрации ферментного препарата, что привело к уменьшению количества реакционно-активных групп белка, способных связывать свободную влагу. Аналогичную динамику наблюдали и в РФО – после двухчасового воздействия водоудерживающая способность

уменьшилась в 2 раза по сравнению с исходным сырьем, а после четырехчасового воздействия – значение ВУС установилось на уровне изучаемого показателя для нативного сырья. Это можно объяснить особенностью структуры коллагена в рубце.



А) 2 часа



Б) 4 часа

Рис. 14. Изменение водоудерживающей способности в зависимости от продолжительности ферментативной обработки

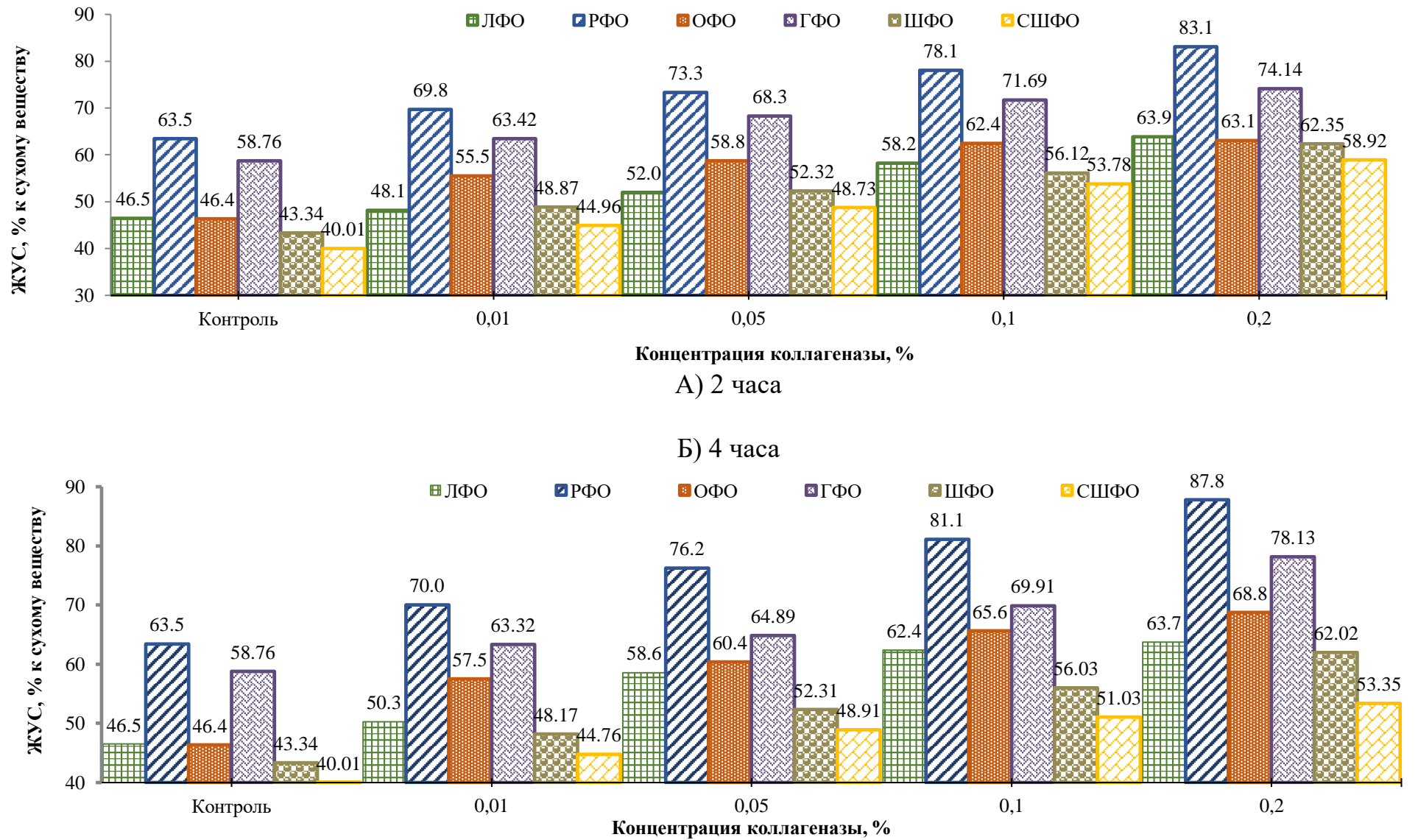


Рис. 15. Изменение жиродерживающей способности в зависимости от продолжительности ферментативной обработки

Водоудерживающая способность ОФО линейно возрастала с увеличением продолжительности воздействия ферментного препарата.

Увеличение жирудерживающей способности ПФО по сравнению с исходным сырьем наблюдалось у каждого исследуемого образца, но выше всего было у продукта ферментативной обработки обрезки.

Объяснение этому можно найти, если рассматривать изучаемые системы с точки зрения роли белка и воды в структурировании дисперсной системы при нагревании. По нашему мнению, ферментативная обработка приводит к деформации трехмерной структуры коллагена за счет ослабления и разрыва водородных связей, удерживающих полипептидные связи. В результате разрыва связей, волокна коллагена диспергируют, и между ними возникают новые связи. Это приводит в одном случае к увеличению влагоудерживающей способности, в другом – жирудерживающей способности, вследствие образования связей, обеспечивающих формирование стойкой белково-жиро-водной системы.

Для математической обработки полученных результатов о влиянии параметров ферментативной обработки на основные показатели и функционально-технологические свойства коллагенсодержащего сырья, использовали программу Systat TableCurve 3D, которая позволяет строить теоретические модели для эмпирически полученных данных, отображая результаты в форме трехмерных поверхностей или двухмерных кривых. На основании проведения математической обработки данных были созданы полиномы для выбранных объектов исследования с высоким содержанием соединительной ткани.

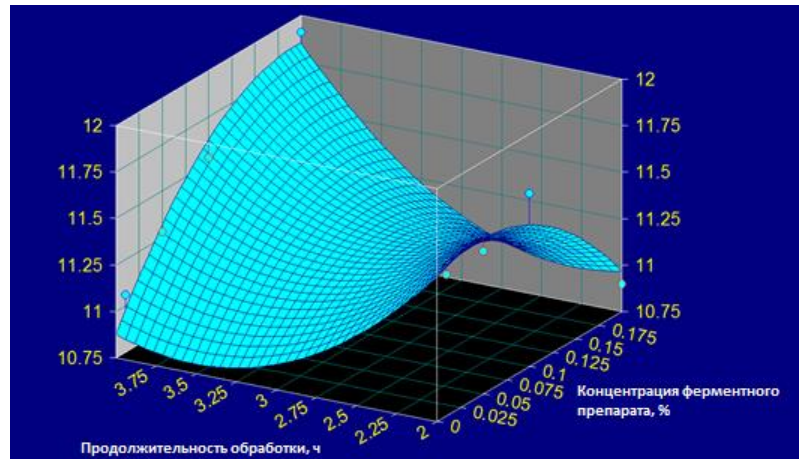
На рисунках 16–21 представлены полиномы по выбранному уравнению $Z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy$ (X – концентрация ферментного препарата, %; Y – продолжительность обработки, ч; Z – отдельные критериальные показатели) и трехмерные поверхности, которые позволяют прогнозировать влияние концентрации ферментного препарата и продолжительности обработки на качественные показатели объектов исследования.

Для легкого крупного рогатого скота

**Z – содержание
белка, %**

$$Z = 14,70 - 5,19x - 2,22y - 26,43x^2 + 0,32y^2 + 3,84xy,$$

доверительный интервал $P = 0,92$

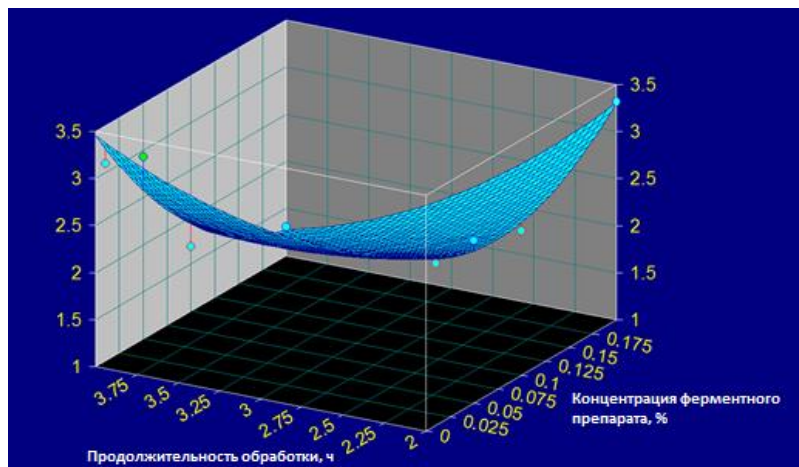


Z – потери белка, %

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy$$

$$Z = 4,76 + 6,84x - 1,61y - 44,17x^2 + 0,32y^2 + 6,64xy,$$

доверительный интервал $P = 0,93$

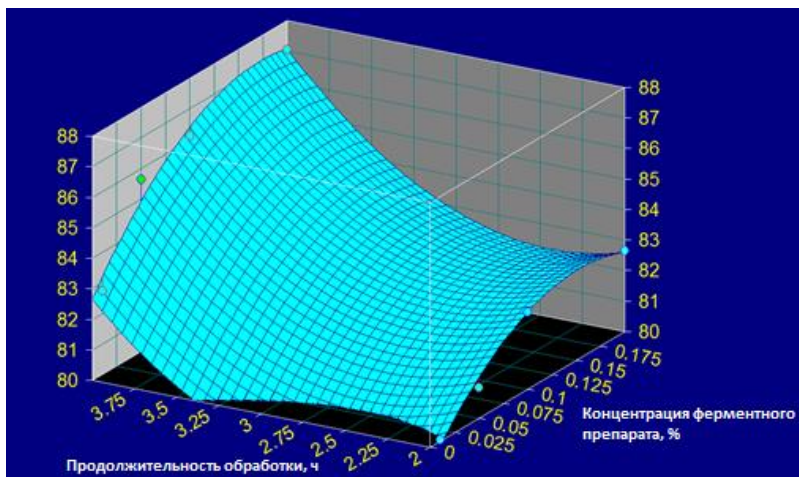


**Z – изменение
содержания влаги, %**

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy$$

$$Z = 91,98 + 41,10x - 10,29y - 153,80x^2 + 1,99y^2 + 2,93xy,$$

доверительный интервал $P = 0,98$



**Z – ВСС, % к массе
сырья**

$$Z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy$$

$$Z = 142,07 - 153,59x - 35,55y + 113,15x^2 + 3,72y^2 + 3,05xy,$$

доверительный
интервал $P = 0,99$

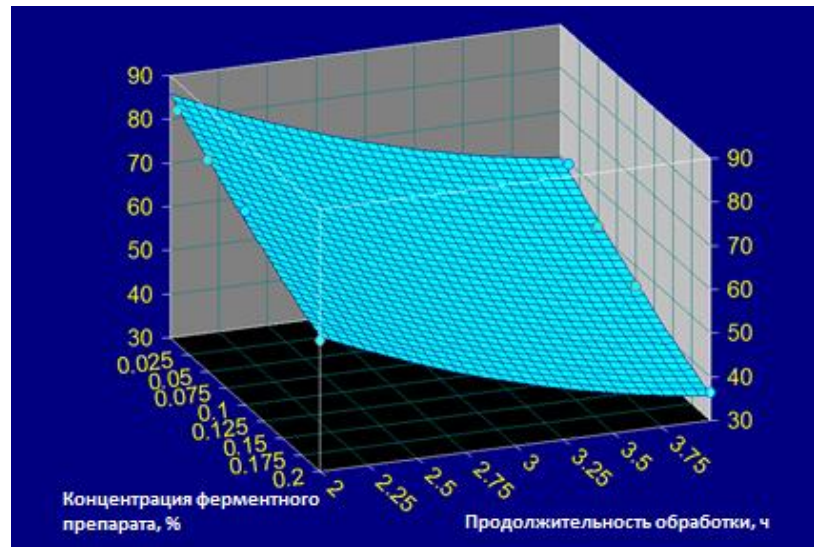
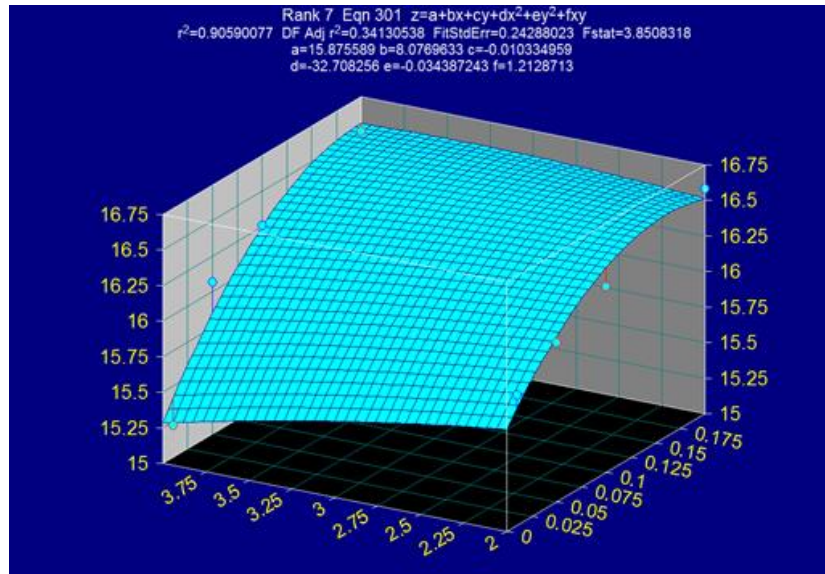


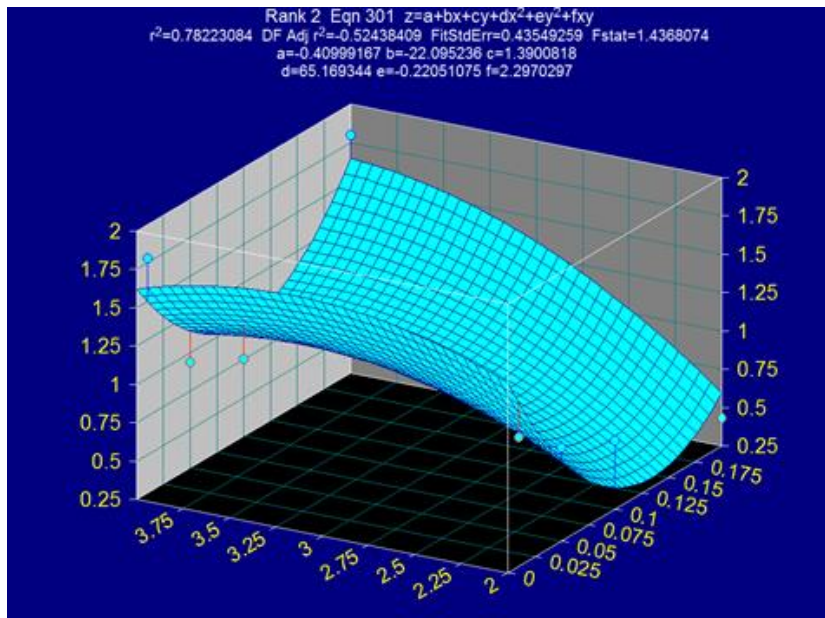
Рис. 16. Полиномы и трехмерные поверхности для легкого крупного рогатого скота

Для рубца крупного рогатого скота

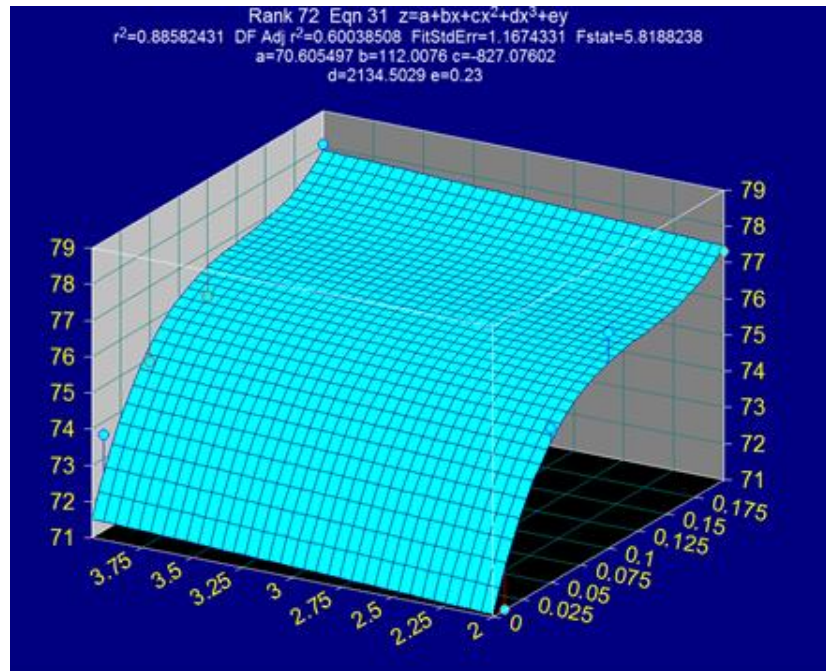
X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – потери белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание влаги, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – ВСС, % к массе сырья

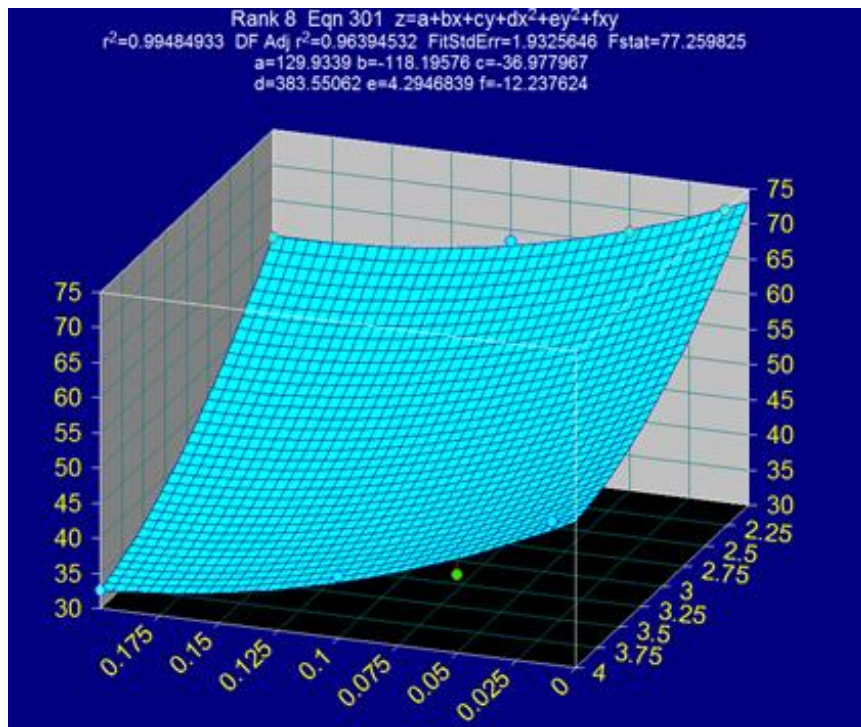
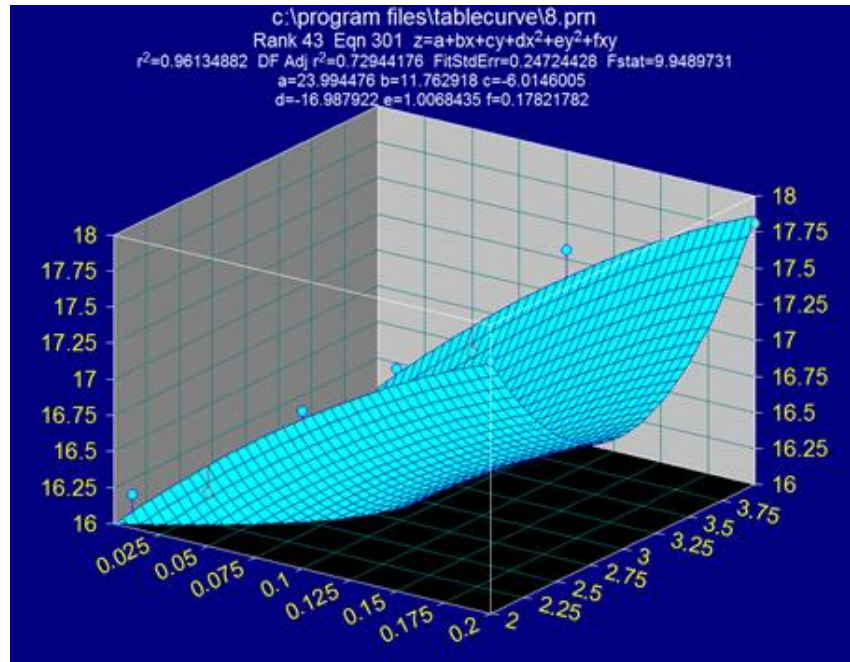


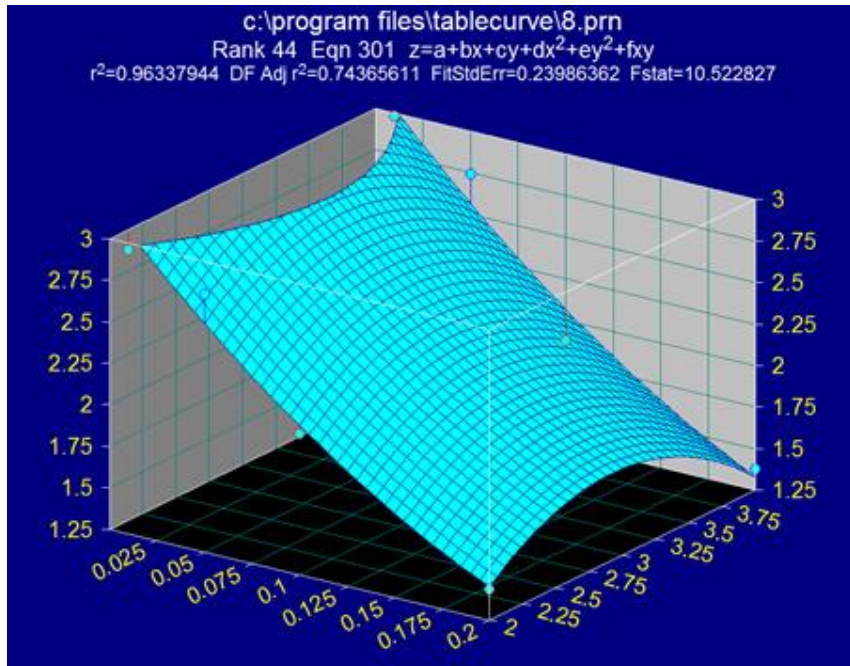
Рис. 17. Полиномы и трехмерные поверхности для рубца крупного рогатого скота

Для мясной обрезки крупного рогатого скота

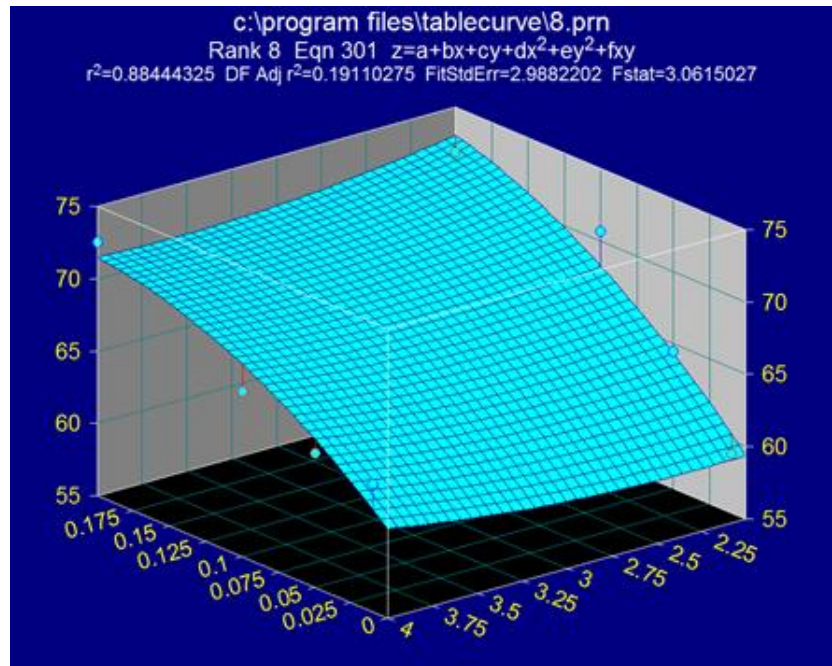
X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – потери белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – изменение содержания влаги, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – ВСС, % к массе сырья

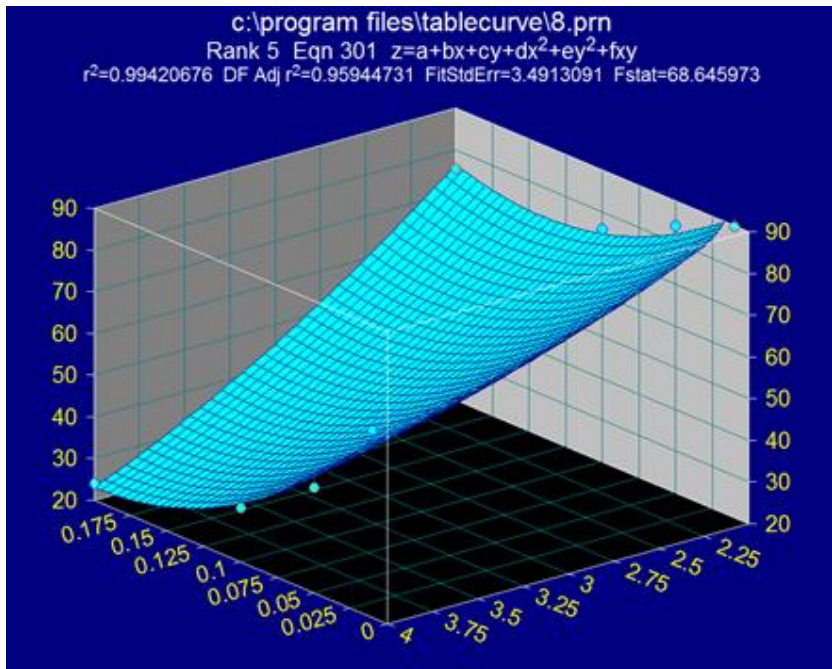
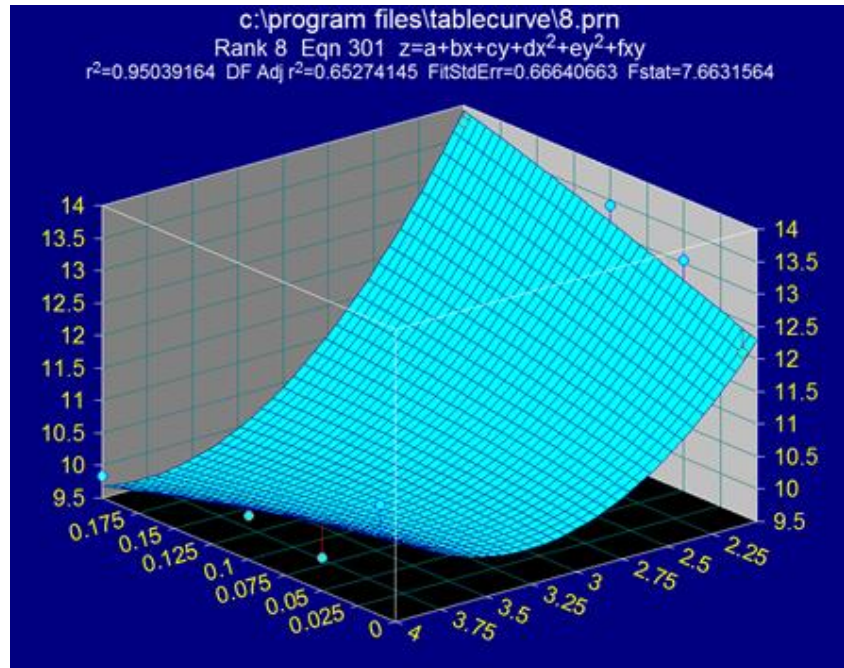


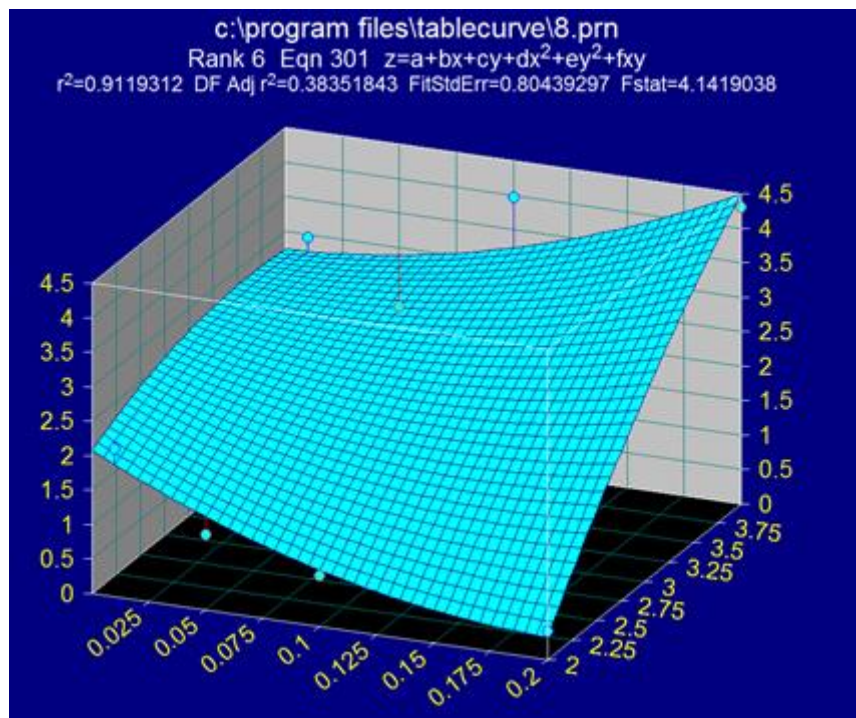
Рис. 18. Полиномы и трехмерные поверхности для мясной обрезки крупного рогатого скота

Для губ крупного рогатого скота

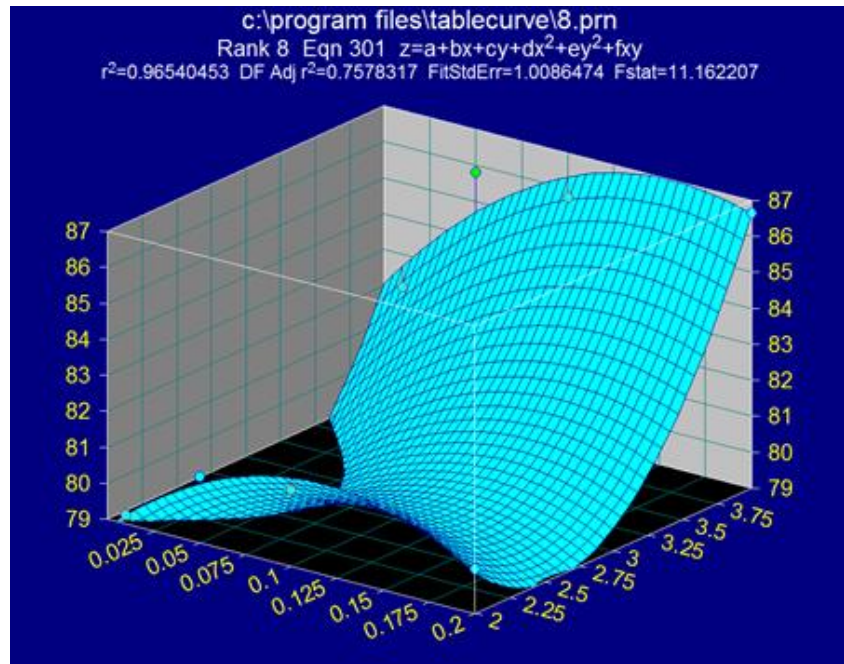
X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – потери белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание влаги, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – ВСС, % к массе сырья

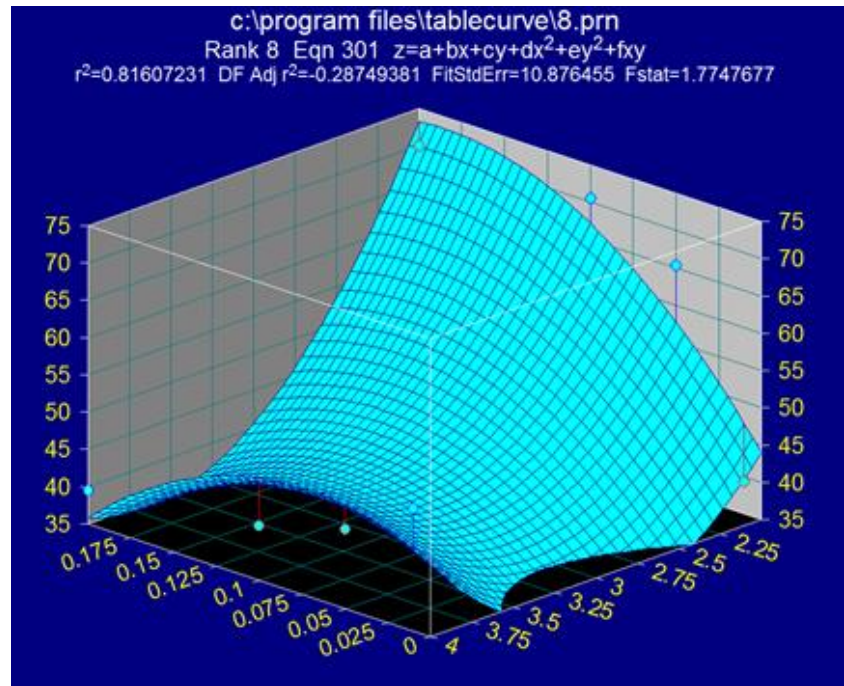
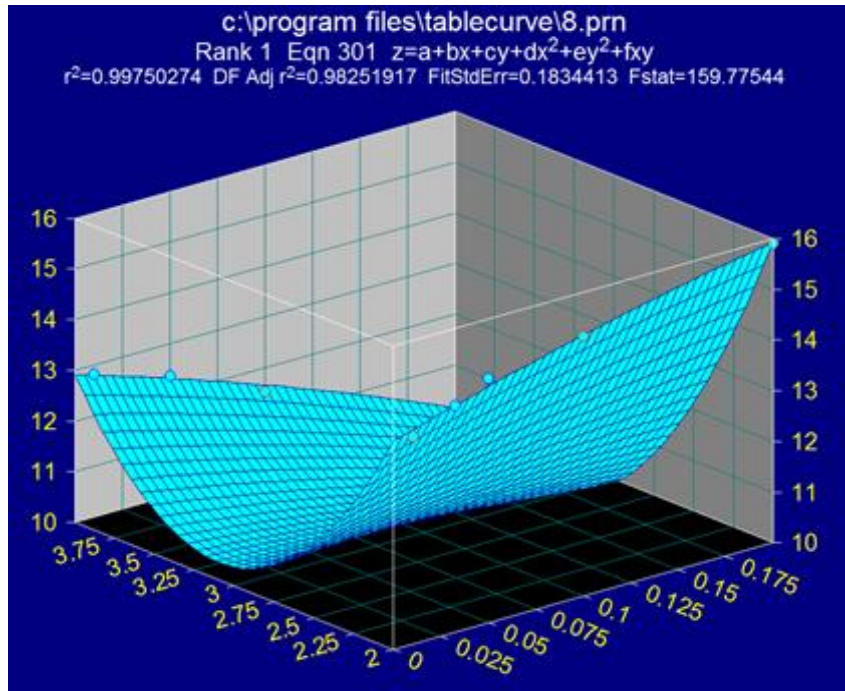


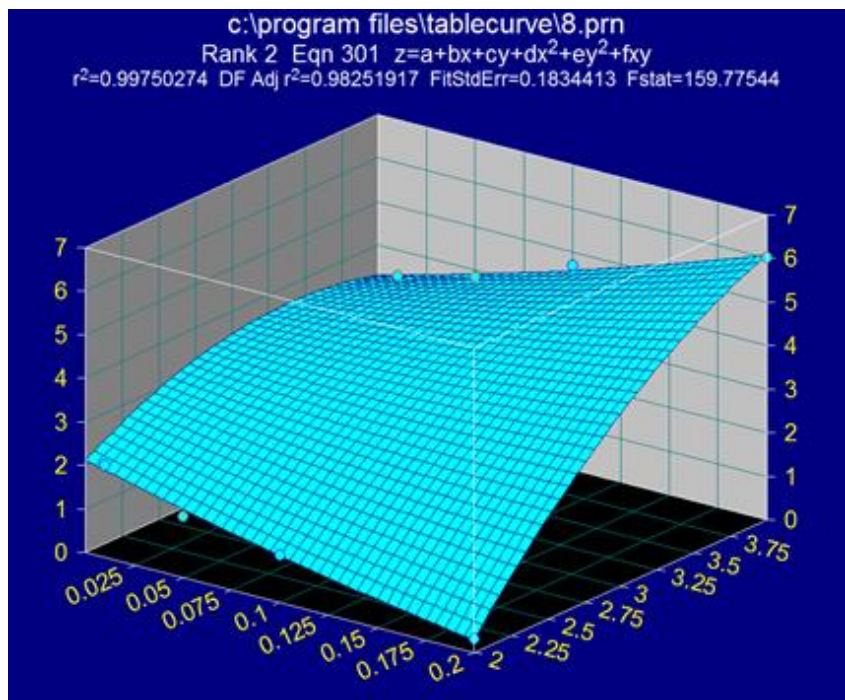
Рис. 19. Полиномы и трехмерные поверхности для губ крупного рогатого скота

Для кожи карпа

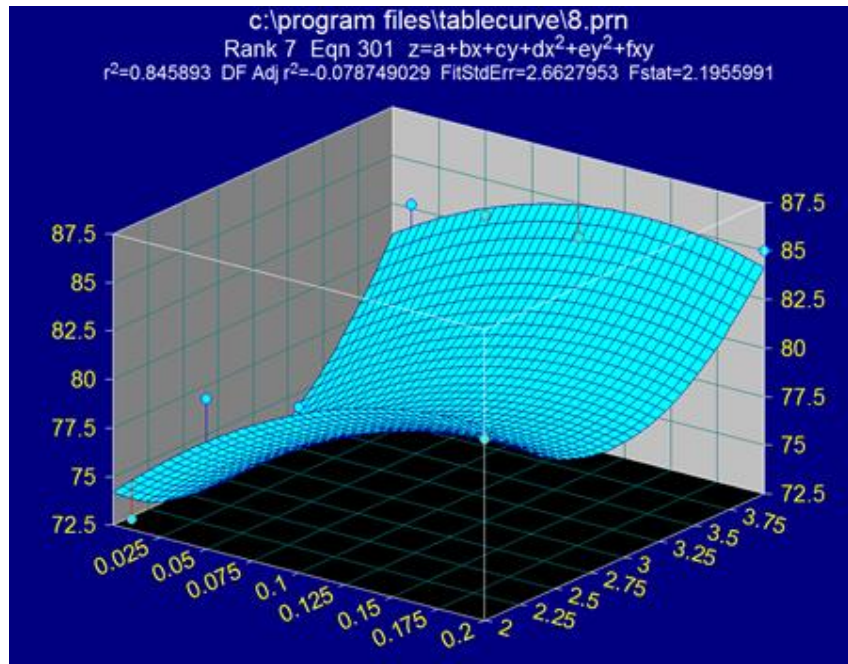
X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – потери белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание влаги, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – ВСС, % к массе сырья

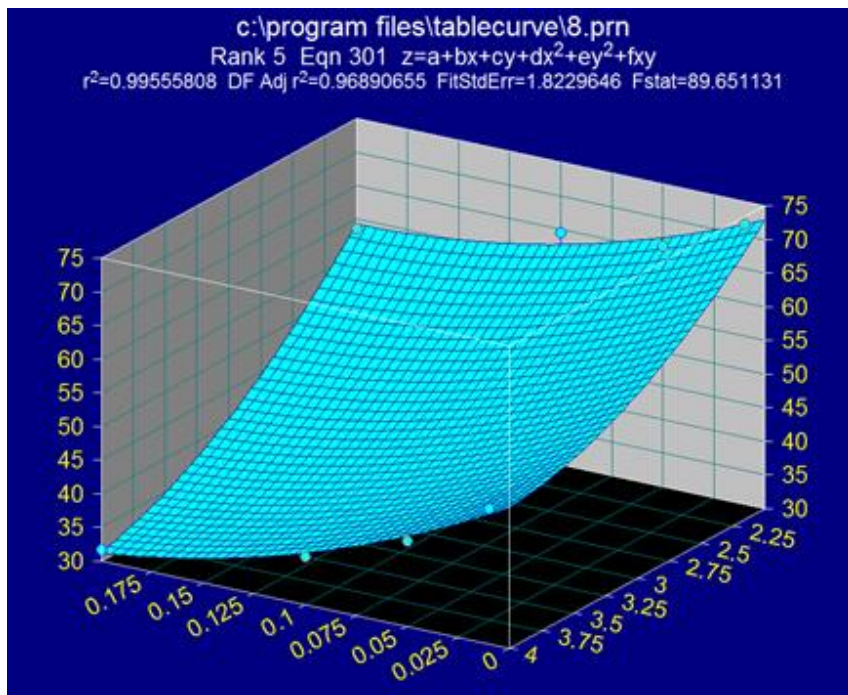
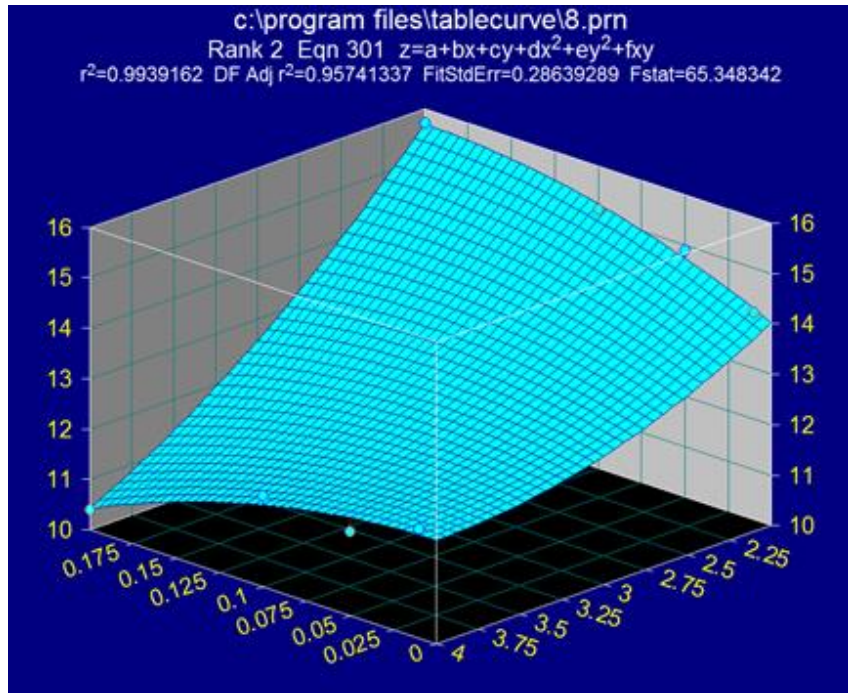


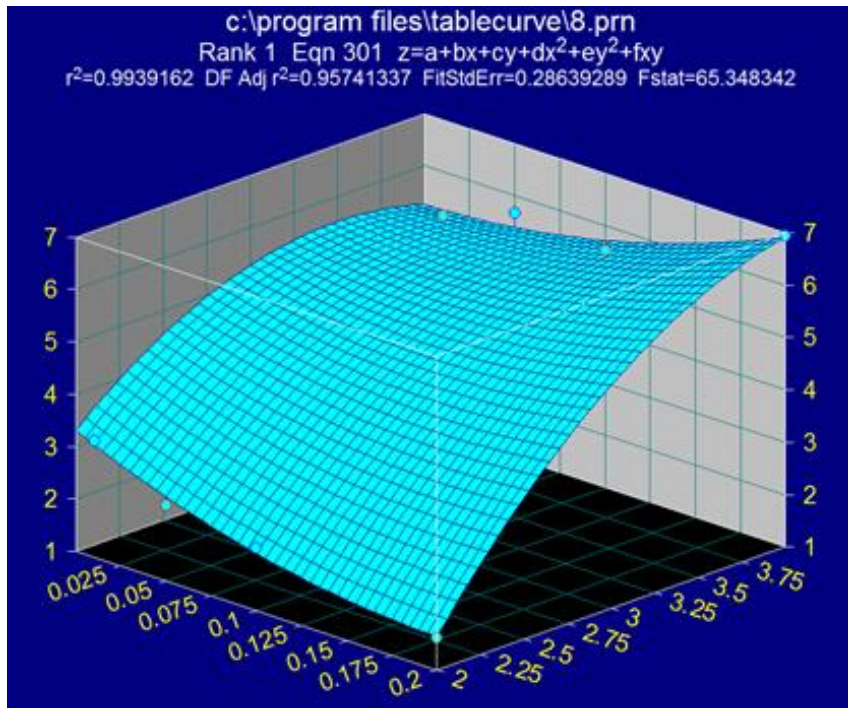
Рис. 20. Полиномы и трехмерные поверхности для кожи карпа

Для свиной шкуры

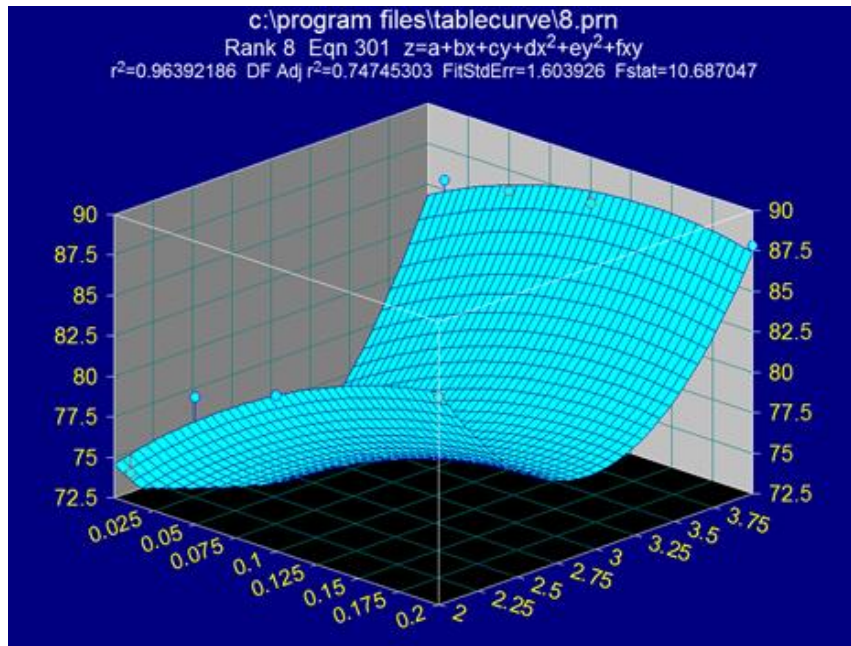
X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – потери белка, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – содержание влаги, %



X – концентрация ферментного препарата, %;
 Y – продолжительность обработки, ч
 Z – ВСС, % к массе сырья

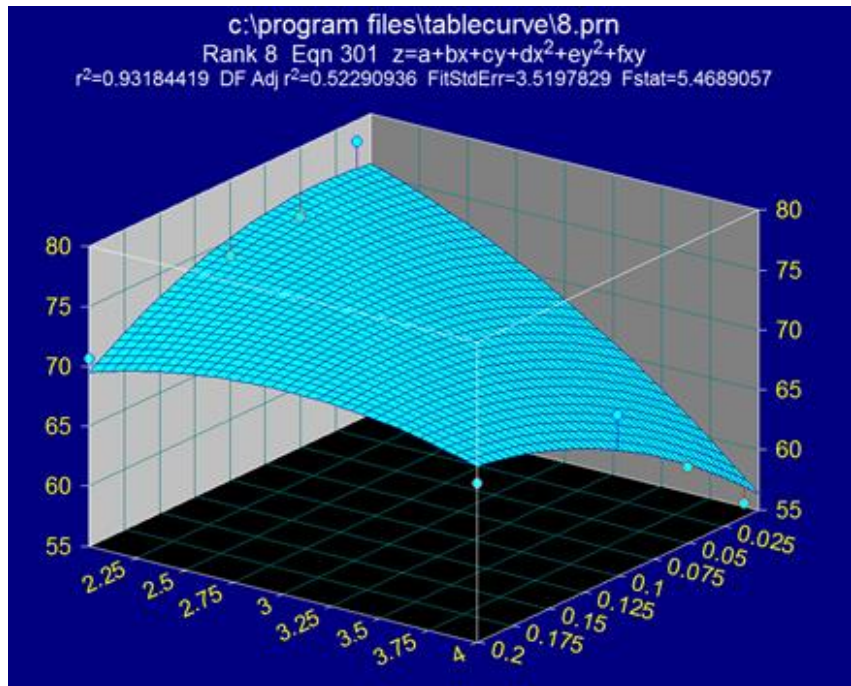


Рис. 21. Полиномы и трехмерные поверхности для свиной шкуры

Известно, что коллагенсодержащее сырье обладает низкой переваримостью. Были проведены исследования, позволяющие провести сравнительную оценку коллагеназы базидиомицета и коллагеназы животного происхождения на показатели переваримости объектов исследования (на примере РФО). Учитывая специфику действия ключевых ферментов желудочно-кишечного тракта (трипсина лишен специфичности к коллагену), были проведены исследования переваримости

только по пепсину. Результаты переваримости белка *in vitro* пепсином представлены на рисунке 22.

Необходимо отметить, что переваримость пепсином сырья необработанного и сырья, выдержанного в чистой воде без добавления фермента (параметры проведения исследования 12 °С, 4 ч), составила, соответственно, 3,15 и 3,88 мг тирозина/ г белка. Таким образом переваримость сырья, подвергнутого ферментативной обработке папаином или коллагеназой в концентрации 0,01 % выросла в 1,36 и 1,56 раза, при концентрации 0,20 % – в 1,3 и 1,88 раза, соответственно.

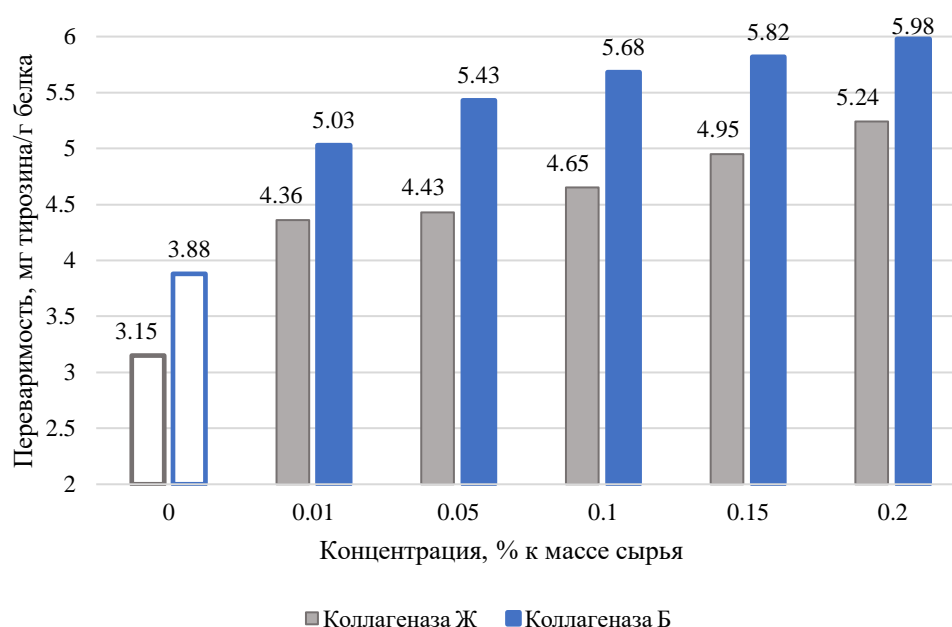


Рис. 22. Переваримость *in vitro* РФО по пепсину

Диаграмма на рисунке 23 демонстрирует изменение реологических свойств коллагенсодержащего сырья на примере рубца крупного рогатого скота.

Отмечается плавное снижение напряжения сдвига ПФО в зависимости от концентрации ферментных препаратов при обработке сырья. Таким образом, учитывая, что ПНС сырья выдержанного в воде без фермента составило 2,28 кПа, можно отметить снижение ПНС при максимальной концентрации фермента (0,5 %)

в 4,08 и 7,46 раза, соответственно, для коллагеназы животного происхождения и коллагеназы базидиомицета.

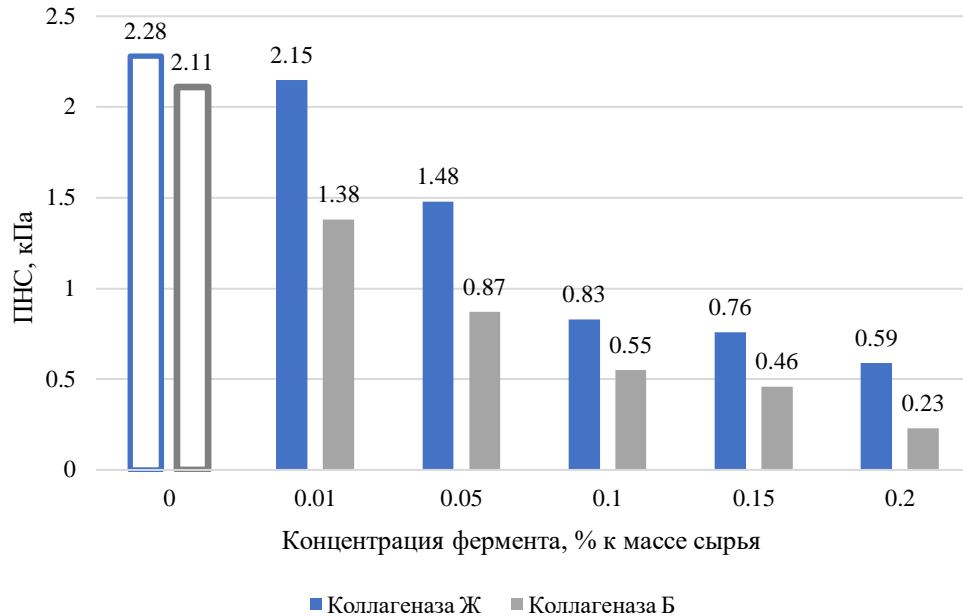


Рис. 23. Сравнительная оценка изменения предельного напряжения сдвига продукта ферментативной обработки рубца в зависимости от концентрации ферментных препаратов

Результаты изменений предельного напряжения сдвига РФО при разных концентрациях ферментных препаратов можно представить в виде уравнений аппроксимации, решения которых сводятся к линейным зависимостям:

$y = 4,3853 \cdot e^{-0,2966 X_1}$ – для коллагеназы животного происхождения; $R^2 = 0,9472$;

$y = 6,6026 \cdot X_2^{-1,5326}$ – для коллагеназы базидиомицета; $R^2 = 0,9910$,

где y – предельное напряжение сдвига, кПа; x_1 – концентрация коллагеназы животного происхождения, %; x_2 – концентрация коллагеназы базидиомицета, %.

Опираясь на полученный информационный банк результатов считаем целесообразным применение коллагеназы базидиомицетов более

предпочтительным по сравнению с коллагеназой животного происхождения в условиях умеренных плюсовых температурах для достижения существенных деструктивных изменений сырья, начиная с 12 °С.

Опираясь на результаты комплексной оценки свойств и качественных показателей полученных ферментоллизатов были установлены режимы и параметры ферментолиза побочного коллагенсодержащего сырья:

- для лёгкого и мясной обрезки КРС продолжительность модификации составляет 2 ч при концентрации коллагеназы 0,05 %;
- для рубца – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,01 %;
- для свиных шкур – 4 ч при концентрации ферментного препарата 0,10 %;
- для кожи рыбы (каarp) – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,01 %;
- для губ КРС – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,02 %.

Выбранные параметры обработки способствуют значительным улучшениям функционально-технологических свойств объектов исследования. Изменение характера взаимосвязи белка, жира и воды способствует увеличению влагосвязывающей, водо- и жиродерживающей способностей для каждого модифицируемого вида сырья. Увеличение концентраций приводит к нежелательным изменениям: чрезмерному понижению предельного напряжения сдвига, повышению потерь белка.

Необходимо отметить, что при выбранных параметрах модификации были получены продукты ферментативной обработки субпродуктов крупного рогатого скота, в которых, по нашему мнению, присутствуют фрагменты коллагеновых волокон, что можно объяснить показателями функционально-технологических свойств. Для доказательства выдвинутого предположения были проведены гистологические исследования и исследования по определению молекулярной массы продуктов ферментативной обработки легкого, рубца и мясной обрезки при выбранных режимах.

3.4 Изучение структуры продуктов ферментативной обработки

С целью подтверждения присутствия в продуктах ферментативной обработки фрагментов коллагеновых волокон были проведены исследования по определению молекулярной массы белковой фракции ПФО и их гистологические исследования [102].

В таблице 11 представлены результаты определения молекулярной массы продуктов ферментативной обработки образцов исследования.

Таблица 11 – Молекулярная масса ПФО

Наименование образца	Молекулярная масса, кДа
ЛФО	216,12±4,61
РФО	212,05±4,61
ОФО	216,18±4,60
ГФО	212,12±4,61
ШФО	216,85±4,63
СШФО	216,08±4,53

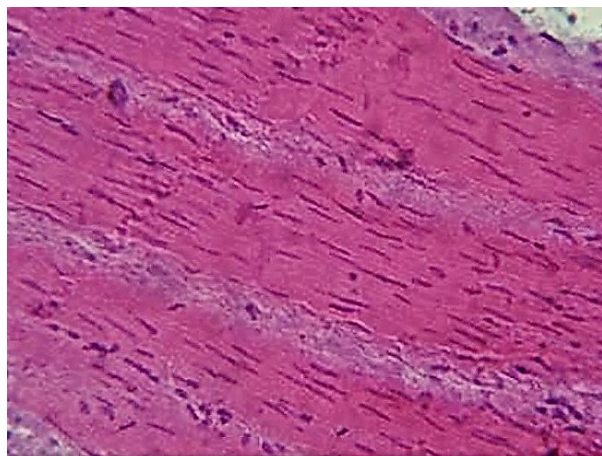
Молекулярная масса для всех образцов ПФО составила в среднем 212–216 кДа. Значения молекулярной массы свидетельствуют о произошедших в структуре коллагена изменениях под действием новых условий выделения и указывает на вероятное присутствие в матрице комплексов из полипептидных α - и β -цепей белка, которые способствуют формированию плотных студней, стабилизирующих в дальнейшем мясные системы и готовые продукты.

В результате проведенной биомодификации исследуемых образцов произошла деструкция морфологических структур коллагенсодержащего сырья, которая проявилась в виде незначительного набухания и разрыхления пучков коллагеновых волокон, связанное, в первую очередь, с разрушением белково-полисахаридных комплексов основного вещества.

Гистологические исследования проводили согласно установленным требованиям [1].

Результаты микроструктурных исследований рубца после ферментативной обработки представлены на рисунке 24.

а)



б)

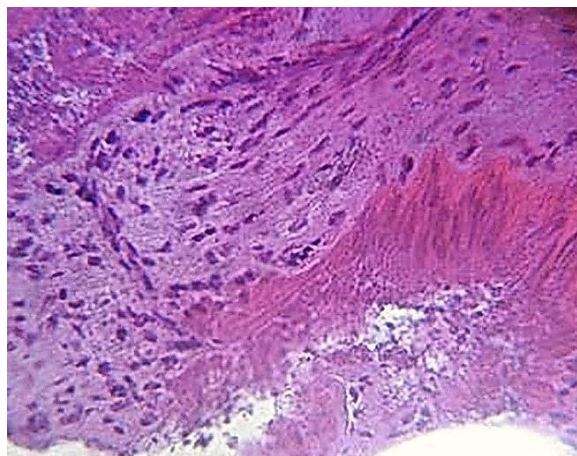


Рис. 24. Микроструктура РФО:

а) Продольный срез. Ув. об.10х; б) Поперечный срез. Ув. об.40х

В продукте ферментативной обработки рубца наблюдается большое содержание волокнистых элементов соединительной ткани, представленных преимущественно фрагментами коллагеновых волокон различной толщины (рисунок 24 а). При большом увеличении микроскопа (рисунок 24 б) в составе волокнистого компонента различаются отдельные участки коллагеновых фибрилл. Клеточные элементы обнаруживаются между пучками коллагеновых волокон крайне редко. В результате частичной биомодификации рубца, толщина волокон существенно увеличена по сравнению с нативным сырьем [4]. Это увеличение проявляется в основном за счет набухания коллагеновых волокон оболочки и подслизистой основы рубца. Общая структурная компоновка образца рыхлая.

Исследование обработанного образца ЛФО под световым микроскопом свидетельствует о том, что ткань легкого находится в сильно измельченном виде в результате механического воздействия и с посмертными изменениями клеточных и волокнистых компонентов. Форма волокон может быть как спрямленной, так и гофрированной (рис. 25 а). Местами попадаются фрагменты мелких бронхов, частично с сохраненными хрящевыми образованиями.

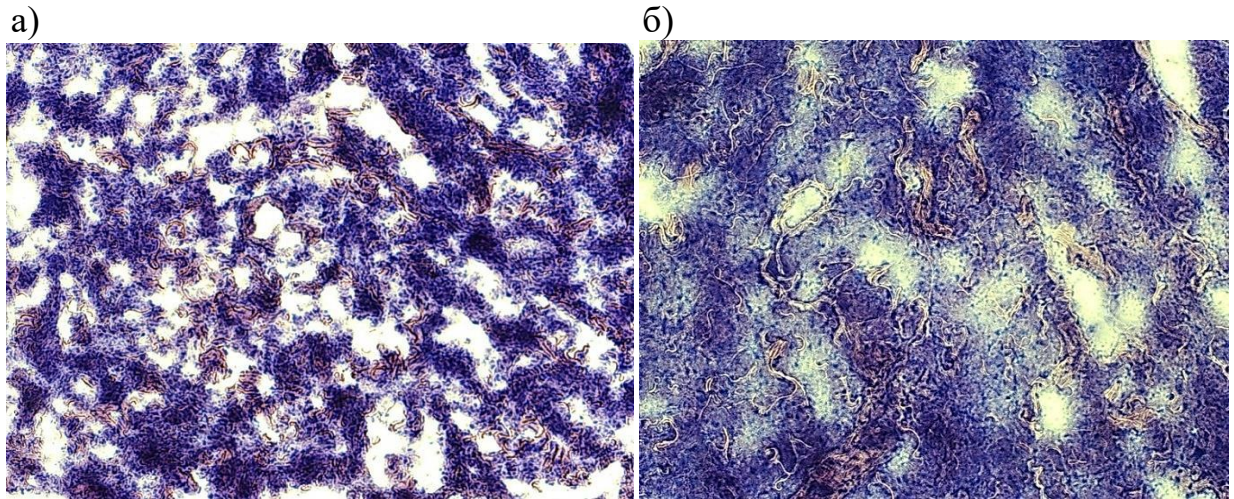


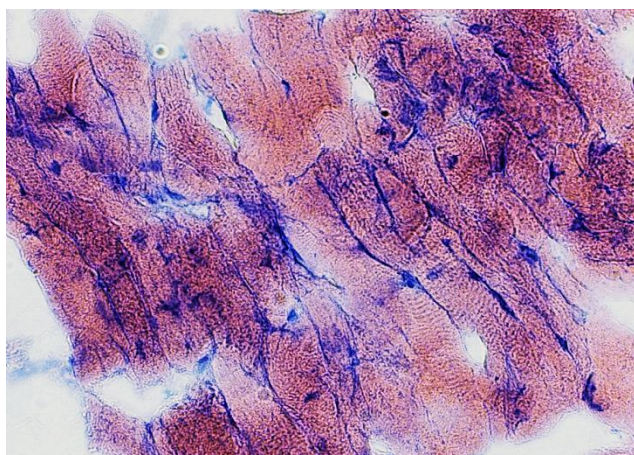
Рис. 25. Микроструктура ЛФО:

а) Паренхима ЛФО. Ув. об.20х; б) Паренхима с эластическими волокнами. Ув. об.40х

Клеточные ядра выявляются недостаточно отчетливо вследствие сильного кариопикноза как в эпителиальных, так и в соединительнотканых компонентах образца. Тинкториальные свойства тканей изменены в умеренной степени. Соединительнотканые элементы мышечного каркаса выражены и представлены преимущественно отдельно лежащими многочисленными фрагментами эластических волокон различной длины (рис. 25 б), что доказывает наличие компонентов соединительной ткани. Между фрагментированными при изготовлении образца клеточными элементами располагаются многочисленные полости, а также продукты деструкции клеточного материала – мелкозернистая белковая масса.

При гистологическом исследовании ОФО установлено, что образец представляет собой мышечную массу с включением соединительной и жировой тканей с микроструктурными особенностями, характерными для животного сырья. Исчерченность мышечных волокон хорошо выявляется, преимущественно поперечная (рисунок 26 а). Клеточные ядра дифференцируются в мышечных волокнах достаточно отчетливо, а в соединительной ткани их сохранность еще выше.

а)



б)

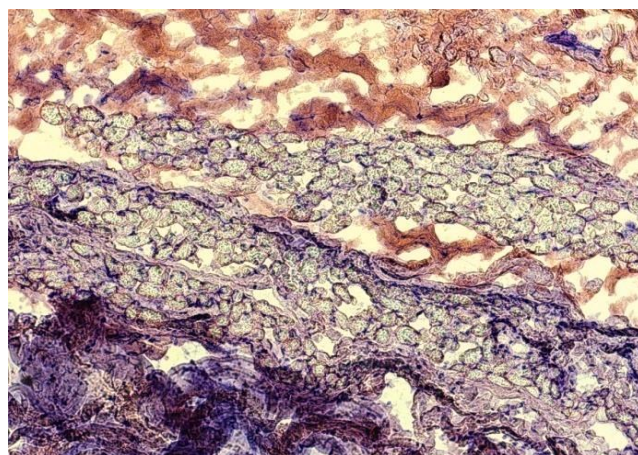


Рис. 26. Микроструктура ОФО:

а) Продольный срез. Ув. об.40х; б) Поперечный срез. Ув. об.10х

На поперечных срезах, ядра прилежат к сарколемме (рисунок 26 б), что характерно для произвольной поперечнополосатой мышечной ткани млекопитающих. Мясная масса содержит элементы жировой ткани в виде отдельных липоцитов или их групп различного размера. Между крупными и средней величины кусочками мяса располагаются сильно измельченные мясные ингредиенты, объединяющие образец в единую систему и представляющие собой мелкозернистую белковую массу.

Образец характеризуется высоким содержанием волокнистой части и прежде всего – коллагеновой как рыхлой, так и плотной соединительной ткани. В составе образца находится большое количество частиц грубой соединительной ткани. Следует отметить, что пучки коллагеновых волокон ОФО гораздо тоньше, чем для нативного сырья [5]. Одновременно, частичная биомодификация приводит к тому, что коллагеновые фибриллы набухают и отдельные их нити становятся плохо различимы. Внешне это проявляется в виде некоторой гомогенизации фибриллярных структур и складываемых из них коллагеновых пучков. При этом эластические волокна изменяются в минимальной степени (рисунок 27).

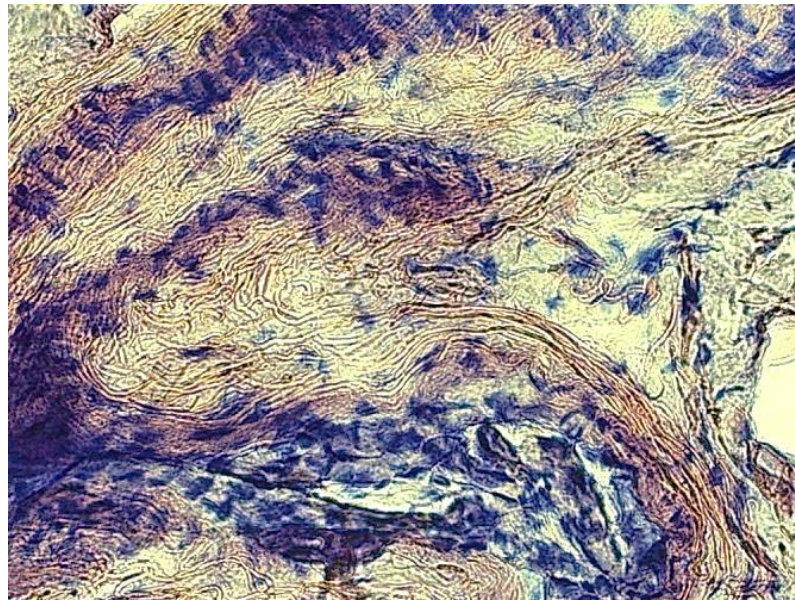
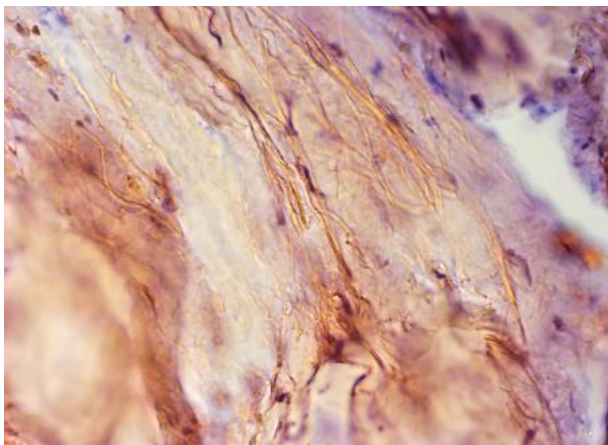


Рис. 27. Соединительная ткань с эластическими волокнами в ОФО. Ув. Об.40х

а)



б)

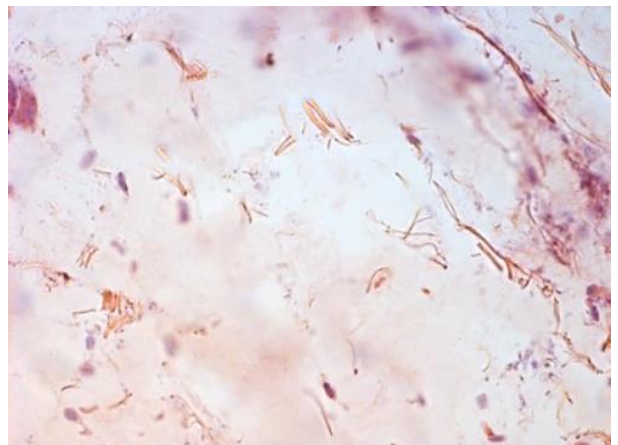


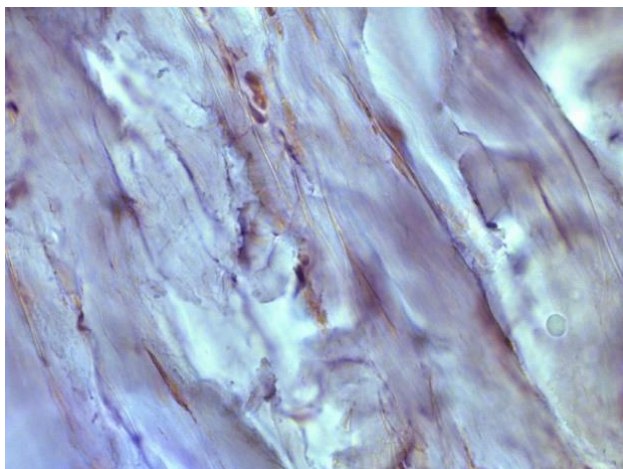
Рис. 28. Микроструктура ГФО:

а) Продольный срез. Ув. об.40х; б) Поперечный срез. Ув. об.10х

Представленные данные (рисунок 28) свидетельствуют о том, что выбранные условия биомодификации губ крупного рогатого скота приводят к изменениям в структуре коллагена и указывает на присутствие в матрице комплексов из полипептидных коллагеновых α - и β -цепей, которые способны к формированию плотных студней, стабилизирующих в дальнейшем мясные системы и готовые продукты. По сравнению с контролем, структура тканей более рыхлая, с меньшим

количеством включений. Структура ткани, обработанная ферментным препаратом, характеризуется свойством однородности.

а)



б)

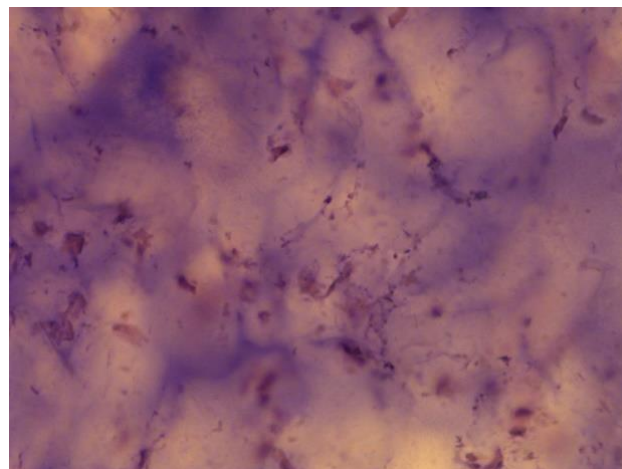
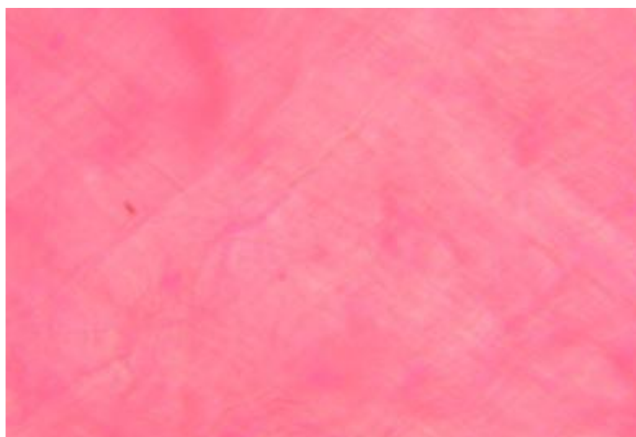


Рис. 29. Микроструктура ШФО:

а) Продольный срез. Ув. об.40х; б) Поперечный срез. Ув. об.10х

Анализ рисунка 29 при большем увеличении микроскопа в составе волокон различаются отдельные участки коллагеновых фибрилл. Клеточные элементы обнаруживаются между пучками коллагеновых волокон крайне редко. В результате биомодификации губ крупного рогатого скота, толщина волокон тоньше по сравнению с нативным сырьем [3]. Одновременно, проведенная ферментативная обработка приводит к тому, что коллагеновые фибриллы набухают и отдельные их нити становятся плохо различимы. Внешне это проявляется в виде некоторой гомогенизации фибриллярных структур и складываемых из них коллагеновых пучков. На рисунке 29 б наблюдалось разрыхление фрагментов, сохранившиеся волокна дезинтегрированы, значительно фрагментированы и сильно истончены, межклеточный матрикс более гомогенен, что обусловлено глубоким гидролизом коллагена.

а)



б)

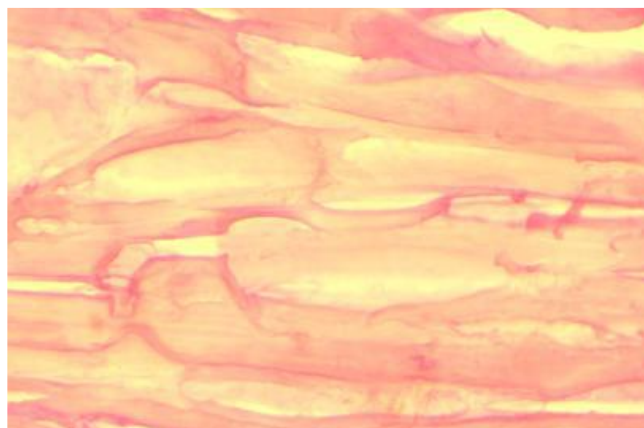


Рис. 30. Микроструктура СШФО:

а) Продольный срез. Ув. об.40х; б) Поперечный срез. Ув. об.10х

Микроструктурные исследования срезов образцов СШФО (рисунок 30 а) свидетельствуют, что в контроле отчетливо просматривается волокнистая структура сырья. После модификации образца ферментным препаратом (рисунок 30 б) наблюдалась высокая степень набухания соединительной ткани с частичной деструкцией коллагена.

Изучение изменений образцов на уровне молекулярной структуры осуществляли с помощью ИК-Фурье спектрометра ALPHA-P (результаты представлены на примере РФО). В результате анализа ИК-спектров (рисунки 31, 32) было установлено, что изученные образцы (контроль (нативный рубец КРС), РФО), соответствовали протеиноидам соединительной ткани. Полученные ИК-спектры в контроле и модифицированного коллагенсодержащего сырья были схожими, однако варьировались высоты пиков. Выявлены изменения, связанные с колебаниями амидных CONH-групп – общих структурных элементов молекул протеиноидов.

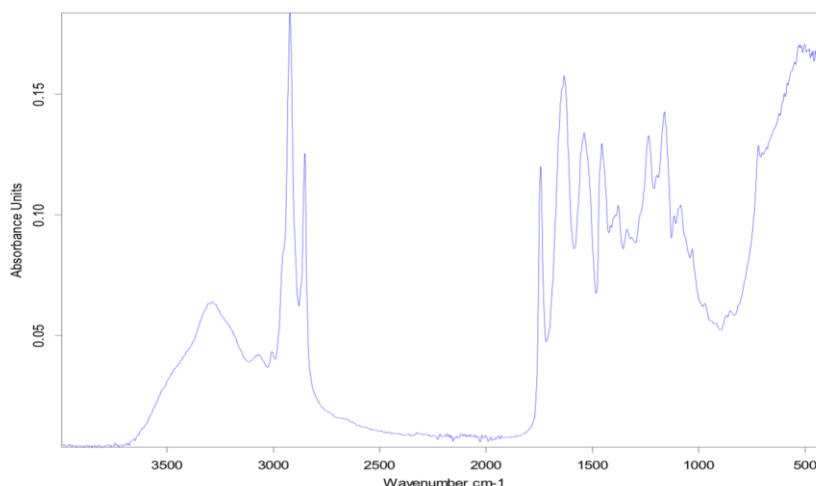


Рис. 31. Инфракрасный спектр поглощения нативного рубца КРС (контроль)

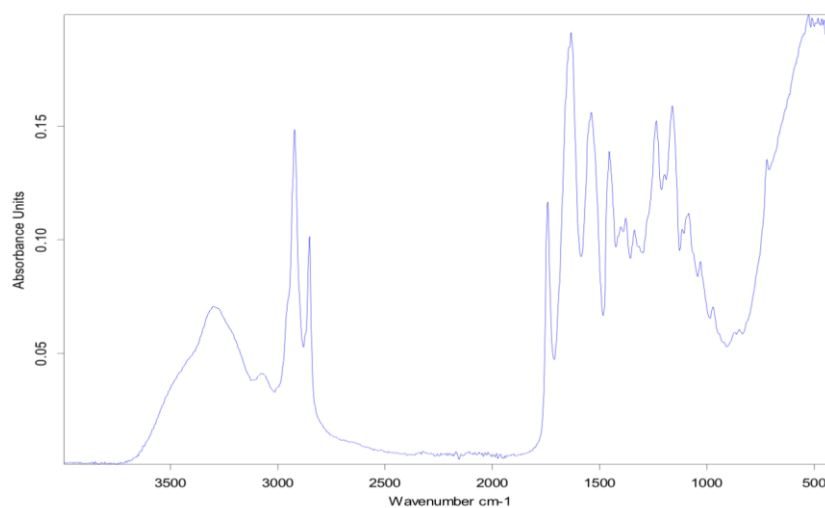


Рис. 32. Инфракрасный спектр поглощения образца РФО

В результате анализа ИК-спектров (рисунок 31 и рисунок 32) было установлено, что изученные образцы, соответствовали протеиноидам соединительной ткани; в контроле – белкам группы желатина, – согласно встроенной в компьютер спектрометра базе данных.

Известно, что на инфракрасных спектрах могут быть обнаружены пики, характерные для валентных и деформационных колебаний различных групп $-\text{OH}$, CH_n , $>\text{C}=\text{O}$, эфирных и ряда других.

Полученные ИК-спектры в контроле и модифицированного коллагенсодержащего сырья были схожими, однако варьировались высоты пиков. Поэтому, учитывая специфику исходного сырья, мы посчитали целесообразным сравнить результаты с таковыми же для известных белковых структур. Результаты ИК-спектроскопии целесообразно сравнить с рядом отечественных и зарубежных аналогов. Известно, что ИК-спектры полипептидов, протеиноидов и продуктов их модификации содержат несколько интенсивных полос поглощения. При этом выявлены изменения, связанные с колебаниями амидных CONH-групп – общих структурных элементов молекул протеиноидов.

Известны несколько полос поглощения: амид-А (полоса поглощения ≈ 3300 см⁻¹), амид-В (≈ 3100 см⁻¹), амид-І (1600–1700 см⁻¹), амид-ІІ (≈ 1500 –1600 см⁻¹) и т.п. В принципе в этих диапазонах волновых чисел в образцах МР наблюдали соответствующие пики поглощения ИК-излучения. Однако для образцов из изученной серии наблюдалось смещение некоторых пиков вправо при интенсификации обработки сырья (рисунок 31 и 32).

В области, например, 600–800 см⁻¹ можно выявить взаимодействие с сульфатами при «мягком» кислотном гидролизе. В нашем случае применялась комплексная обработка щелочью и далее кислотой, что, возможно, повысившая полярность групп белка и соответствующую высоту полосы абсорбции.

В ИК-спектрах визуализированы несколько сильных полос поглощения, связанных с состоянием пептидных связей. Характер полос связан с комплексом валентных и деформационных колебаний типов N–H, C–H. Считается, что ИК-спектры отражают конформации во вторичной структуре белков, следовательно, можно ожидать сохранение свойств тропоколлагеновой частицы или молекулы коллагена. Различия связаны со сложным химическим составом изученного сырья и надмолекулярной ориентированной архитектоникой фибрилл и пучков коллагеновых волокон. Анализ результатов исследований позволяет сделать вывод, что в целом спиральная конформация протеиноидов сохранялась, что

коррелирует с результатами функционально-технологических свойств ферментолитатов.

На основе определения молекулярной массы белка и проведенных гистологических исследований, можно сделать вывод, что выбранная биомодификация коллагенсодержащего сырья привела к образованию ПФО с наличием фрагментов коллагеновых волокон, которые в отличие от полного гидролизата проявляют наиболее высокие функционально-технологические свойства [3].

Представленная информация подтверждает, что полученный ферментный препарат обладает высокой специфичностью в отношении протеолиза пептидных связей в нативном коллагене. Продуктами расщепления фибриллярных структур коллагена являются пептидные цепи, начиная от трипептидов. С учетом строения молекулы коллагена известно, что каждая из трех полипептидных цепей состоит из примерно 1 000 аминокислотных остатков, среди которых доминирует глицин (33 %), затем по количественному содержанию встречается аланин, пролин, оксипролин и оксилизин. Таким образом каждая из α -цепей коллагена состоит из триад аминокислот, в которой каждая третья аминокислота – глицин, вторая – пролин или лизин, первая – любая другая аминокислота, кроме трех перечисленных. Учитывая тот аспект, что большинство ферментных препаратов высокой коллагенолитической активности осуществляют расщепление между звеньями *R* и *Гли* в последовательности *X-Про-R-Гли-Про – Y*, где *X* и *Y* – блокирующие группы; *R* – аминокислота, то можно предположить, что полученный ферментный препарат обладает аналогичной специфичностью. Анализируя аминокислотный состав объектов исследования, можно сделать вывод, что пролин является блокирующей группой при расщеплении α -цепи коллагена (таблица 12). Замена данной аминокислоты на оксипролин значительно снижает протеолиз, что подтверждается данными изменения функционально-

технологических свойств и выбранными параметрами ферментализации объектов исследования, соответственно.

Таблица 12 – Аминокислотный состав объектов исследования

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты					
	Легкое КРС	Рубец КРС	Мясная обрезь КРС	Губы КРС	Свиная шкура	Кожа карпа
Глицин	16,10±0,02	6,49±0,04	4,39±0,02	4,1±0,02	12,13±0,02	6,72±0,04
Аланин	10,73±0,04	6,13±0,04	5,58±0,02	13,9±0,04	8,42±0,04	10,51±0,04
Аргинин	8,15±0,04	7,11±0,04	7,48±0,04	5,2±0,02	3,71±0,02	8,33±0,02
Аспарагиновая кислота	11,95±0,04	9,15±0,04	9,36±0,04	3,2±0,01	8,32±0,04	7,12±0,04
Валин	10,75±0,04	5,60±0,04	6,05±0,02	4,2±0,02	2,48±0,01	2,65±0,02
Гистидин	3,46±0,04	1,67±0,01	2,96±0,01	3,46±0,02	0,72±0,01	0,77±0,02
Глутаминовая кислота	19,60±0,04	15,38±0,04	16,93±0,04	9,6±0,04	10,91±0,04	11,36±0,04
Изолейцин	3,84±0,02	3,59±0,01	4,22±0,02	3,8±0,02	2,65±0,02	3,83±0,02
Лейцин	10,92±0,04	7,31±0,04	8,02±0,04	6,4±0,02	1,01±0,01	1,98±0,04
Лизин	8,85±0,04	5,60±0,02	8,41±0,04	3,8±0,02	3,78±0,02	4,16±0,04
Метионин*цистин	5,17±0,02	2,62±0,01	3,38±0,02	1,2±0,01	0,88±0,01	1,03±0,02
Серин	6,95±0,04	4,83±0,04	4,36±0,02	5,9±0,02	3,15±0,02	4,57±0,04
Треонин	5,34±0,04	4,00±0,02	4,94±0,02	9,5±0,04	2,27±0,01	2,46±0,02
Фенилаланин*тирозин	7,34±0,02	6,80±0,04	6,87±0,04	5,9±0,02	2,01±0,02	2,49±0,04
Оксипролин	5,23±0,04	5,97±0,04	1,74±0,02	3,1±0,04	10,12±0,04	12,93±0,02
Пролин	9,54±0,04	7,16±0,04	4,81±0,02	2,3±0,02	15,09±0,04	11,67±0,04

Таблица 13 – Влияние ферментализации на содержание свободных аминокислот в объекте исследования (на примере губ крупного рогатого скота), мг/100 г

Наименование аминокислоты	Содержание аминокислоты	
	до ферментализации	после ферментализации
Глицин	4,1±0,02	67,6±0,08
Аланин	13,9±0,04	63,8±0,06
Аргинин	5,2±0,02	26,6±0,04
Аспарагиновая кислота	3,2±0,01	11,9±0,02
Валин	4,2±0,02	24,4±0,04
Гистидин	34,6±0,06	63,3±0,06
Глутаминовая кислота	9,6±0,02	70,9±0,08
Изолейцин	3,8±0,02	18,9±0,06
Лейцин	6,4±0,04	22,3±0,04
Лизин	3,8±0,02	52,3±0,06

Продолжение таблицы 13

Метионин	1,2±0,01	9,8±0,04
Серин	5,9±0,04	33,8±0,04
Треонин	9,5±0,04	15,3±0,06
Фенилаланин	5,9±0,02	17,8±0,02
Оксипролин	3,1±0,02	79,7±0,08
Пролин	2,3±0,02	49,1±0,08

Ферментативная обработка губ крупного рогатого скота способствовала повышению содержания пролина в ферментоллизате, что подтверждает факт деструкции коллагеновых волокон и наличия данной гетероциклической аминокислоты в качестве блокирующей группы при расщеплении α -цепи коллагена (таблица 13).

Увеличение содержания глутаминовой кислоты в ферментоллизате может благоприятно сказываться на флейворе как продукта ферментативной обработки, так и готовых к употреблению продуктов питания с наличием ПФО в составе рецептурного ингредиента.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о специфичности полученного ферментного препарата по отношению к объектам исследования: происхождение, типизация и размеры фибрилл коллагена не являются ключевыми параметрами для работы ферментного препарата. Ограничительный фактор замедления действия ферментного препарата – содержание оксипролина в триаде α -цепи коллагена.

3.5 Изучение возможности использования продуктов ферментативной обработки в технологии мясных изделий

В данном разделе диссертационной работы с целью изучения возможности использования полученных продуктов ферментативной обработки в технологии мясных изделий, представлены результаты исследований по определению

рационального уровня замены мясного сырья ПФО, с помощью модельных мясных систем.

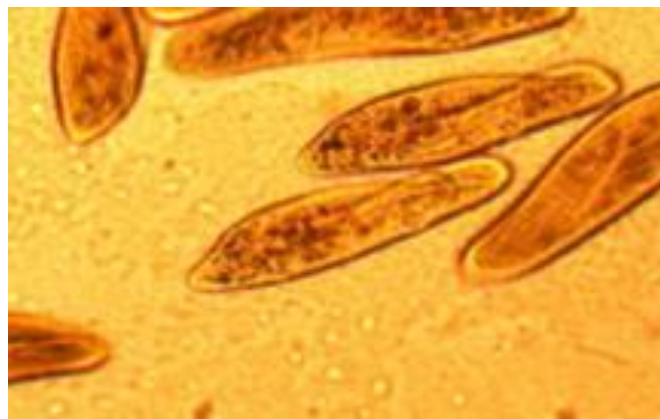
Для оценки степени безопасности продуктов ферментативной обработки проведены исследования на биотесте *Paramecium Caudatum* (таблица 14, рисунок 33). Исследования выполнены в соответствии с требованиями ФАО/ ВОЗ, Министерства здравоохранения РФ, Фармакологический совет при Департаменте ветеринарии МСХ РФ [19].

Таблица 14 – Биологическая активность ферментоллизата на биотесте *Paramecium Caudatum*

Разведение	Биологическая безопасность	Плотность инокулята	Индекс биологической активности
1:1000	ИН	1,01 ± 0,02	1,01 ± 0,02
1:10000		1,02 ± 0,02	1,02 ± 0,02
1:100000		1,00 ± 0,02	1,00 ± 0,02



Активность инфузорий в образцах без коллагенового ферментоллизата, увеличение x100



Активность инфузорий в разведении 1:1000 при внесении коллагенового ферментоллизата, увеличение x100

Рис. 33. Активность инфузорий в зависимости от введения коллагеновых ферментоллизатов

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что полученный коллагеновый ферментолизат с использованием выделенного ферментного препарата, негативно не влияет на движение клеток, без снижения жизнеспособности и гибели инфузорий, что говорит о биологической безопасности и отсутствии токсического воздействия ингредиента на живой организм.

Выработка таких модулей и последующее изучение их свойств – очень известный, зарекомендовавший себя способ, поскольку позволяет получить полную информацию об изменении исследуемых характеристик при небольших экономических затратах и временных потерь.

В соответствии с вышесказанным, были изучены модельные мясные системы, в которых часть мясного/ рыбного фарша заменяли адекватным количеством ПФО в количестве от 0 до 20 %.

Однако, с целью выявления изменений пищевой ценности, функционально-технологических и физико-химических показателей, а также теоретического обоснования возможности повышения уровня замены мяса на адекватное количество ПФО, изучены свойства модельных мясных систем при уровне замены мясного сырья до 20 %.

В качестве основного мясного сырья для приготовления модельных мясных систем использовали говядину жилованную 1 сорта и свинину жилованную полужирную в соотношении 70:30. При составлении рыбного фарша использовали филе лемонемы в виде грубоизмельченного рыбного фарша (однородная масса, полученная из рыб в процессе измельчения, с видимыми без увеличения волокнами мышечной ткани).

Мясное и рыбное сырье отдельно измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, вносили пищевую соль и выдерживали в посоле в течение 16–18 ч в холодильнике при температуре 0–6 °С.

Сырье, подвергнутое посолу смешивали с каждым продуктом ферментативной обработки, взятом в выбранных соотношениях. Контролем служил образец без внесения ПФО. Полученные массы расфасовывали в

стеклянные банки с герметично закрывающимися крышками и подвергали тепловой обработке, продолжительность которого при температуре 80 °С составляла в среднем 80–90 мин (до достижения температуры в центре образца 70 ± 2 °С). Выбор температуры обосновывается достижением кулинарной готовности, которая обеспечивает денатурацию белков, гидротермический распад большей части коллагена, изменение липидной фракции и экстрактивных веществ, значительное уничтожение вегетативной микрофлоры, инактивацию кислой фосфатазы.

Ключевым аспектом выбора температуры является инактивация разработанного ферментного препарата, который использовали для деструкции коллагенсодержащего сырья, что коррелирует с данными таблицы 7 и рисунком 7.

Результаты оценки свойств и качественных показателей фаршевых систем представлены в таблицах 15–20.

Таблица 15 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с ЛФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого ЛФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Содержание влаги, %	71,12±2,12	71,55±2,11	72,44±2,11	73,19±2,13	73,48±2,13
ВСС, % к общ. сод. влаги	92,98±2,74	94,31±2,78	95,37±2,79	99,80±2,79	99,86±2,30
ПНС, кПа	1,28±0,04	1,09±0,03	1,03±0,03	0,98±0,03	0,81±0,03
pH	6,15±0,02	6,15±0,01	6,20±0,02	6,20±0,01	6,25±0,01
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	212,46±0,91	214,55±6,33	215,48±6,36	218,17±6,44	211,57±6,54
ЖУС, % к сухому в-ву	63,04±0,34	75,49±2,23	83,12±2,45	84,03±2,48	87,14±2,57

Результаты таблицы 15 свидетельствуют о том, что массовая доля влаги в пищевых системах увеличивалась с возрастанием уровня замены сырья на ЛФО,

при 20 % увеличение по сравнению с нативным сырьем составило 0,97 %. Аналогичная динамика зафиксирована для водосвязывающей способности. Максимальное значение данного показателя характерно для пищевой системы с содержанием ЛФО 20 % – 7,4 %.

Противоположная динамика установлена для предельного напряжения сдвига снижалось с увеличением количества вносимого ЛФО и достигало минимума у образца с 20 % ЛФО – 0,81 кПа.

Данные изменения, по нашему мнению, связаны с увеличением содержания гидрофильных групп деструктурированного соединительнотканного белка, что способствует формированию новых реакционно-активных связей. В результате происходит взаимодействие волокон коллагена с диполями воды, благодаря чему изучаемые пищевые системы становятся пластичнее. Данное обстоятельство характеризует пищевую систему как коагуляционно вязко-пластичную структуру.

Известно, что коагуляционные структуры образуются в дисперсных системах через прослойки дисперсионной среды за счет ван-дер-ваальсовых сил сцепления. Внесение ЛФО изменяет толщину прослоек за счет увеличения дисперсионной среды, что подтверждается результатами определения предельного напряжения сдвига. Повышение уровня замены мясного сырья с 5 до 20 % на ЛФО способствовало структурообразованию белково-жировой составляющей и формированию нежной кинсистенции пищевой системы.

Значение рН контроля меньше по сравнению с питными образцами. Незначительное повышение рН в щелочную сторону связано с рН коллагенсодержащего сырья. Данные определения рН опытных образцов, свидетельствуют, что по сравнению с контрольным, значение изучаемого показателя увеличилось с 6,15 до 6,25, что не может оказать негативного воздействия на качественные показатели пищевых систем.

Достижение в образцах температуры кулинарной готовности способствовало формированию белкового матрикса, в ячейках которого локализовались фрагменты вязко-пластичной пищевой системы. После термической обработки

влияние уровня замены мясного сырья на продукт ферментативной обработки оценивали по показателям водо- и жирудерживающей способности. Водоудерживающая способность демонстрировала положительную динамику при замене мясного сырья на ЛФО с 5 до 15 %. После тепловой обработки водоудерживающая способность, повышалась при введении ПФО в системы и составила 228,17 % в образце, выработанном с внесением 15 % ЛФО. 20 %-я замена мясного сырья на ЛФО приводила к снижению данного показателя и приближало к значению контроля.

Подобная тенденция характерна для изменения жирудерживающей способности. При замене 15 % мясного сырья на продукт ферментативной обработки пищевая система продемонстрировала наиболее высокое значение (84,03 %), что снижает вероятность образования бульонно-жировых отеков. Внесение 20 % ЛФО снижало значение жирудерживающей способности до 87,14 %, однако было значительно выше контроля.

Вероятно, подобные изменения связаны с изменением качественного состава дисперсной фазы и среды за счет введения продукта ферментативной обработки, что способствовало образованию гелеобразных структурированных слоев, что обуславливало разрыхление структуры. Миофибриллярные и соединительнотканые белки пищевой системы и диполи воды в процессе нагревания претерпевали изменения. Дополнительное внесение диспергированного коллагена способствовало возникновению новых связей, что в одном случае приводило к увеличению водоудерживающей способности, а в другом – жирудерживающей способности, вследствие образования связей, обеспечивающих формирование стойкой белково-жиро-водной системы.

Таблица 16 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с РФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого РФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Массовая доля влаги, %	71,12±2,12	71,58±2,12	72,58±2,13	72,93±2,13	73,50±2,14
ВСС, % к общ. сод. влаги	92,98±2,74	96,57±2,85	98,00±0,11	99,01±0,12	99,53±0,12
ПНС, кПа	1,28±0,04	0,81±0,03	0,76±0,03	0,58±0,03	0,57±0,03
рН	6,15±0,01	6,15±0,02	6,15±0,01	6,25±0,01	6,25±0,02
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	212,46±6,27	217,24±6,40	291,91±6,49	220,75±6,51	222,32±6,56
ЖУС, % к сух. в-ву	63,04±1,86	72,90±2,15	76,95±2,27	75,32±2,22	75,75±2,23

Динамика изменения изучаемых показателей по пищевым системам с разработанными продуктами ферментативной обработки аналогична системам с ЛФО.

Таблица 17 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с ОФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого ОФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Массовая доля влаги, %	71,12±2,12	71,33±2,12	71,44±2,13	73,89±2,18	73,30±2,16
ВСС, % к общ. сод. влаги	92,98±2,74	94,56±2,74	94,56±2,74	95,19±2,81	95,77±2,83
ПНС, кПа	1,28±0,04	1,20±0,04	1,18±0,023	0,91±0,03	0,72±0,03
рН	6,15±0,01	6,15±0,02	6,15±0,01	6,20±0,02	6,20±0,01
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	213,45±6,27	214,17±6,27	213,82±6,30	172,80±5,10	153,46±4,52
ЖУС, % к сух. в-ву	63,04±1,86	64,90±1,91	57,47±1,89	72,80±2,15	75,26±2,22

Таблица 18 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с ГФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого ГФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Массовая доля влаги, %	71,18±2,12	71,37±2,10	71,44±2,10	73,85±2,13	73,34±2,18
ВСС, % к общ. сод. влаги	92,98±2,74	94,58±2,74	94,51±2,74	95,23±2,81	95,73±2,83
ПНС, кПа	1,22±0,04	1,20±0,04	1,16±0,023	0,96±0,03	0,76±0,03
pH	6,15±0,01	6,15±0,02	6,18±0,01	6,18±0,02	6,18±0,01
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	212,45±6,27	213,17±6,27	213,82±6,30	173,88±5,08	156,46±4,51
ЖУС, % к сух. в-ву	63,04±1,86	64,65±1,91	58,23±1,88	74,80±2,15	75,87±2,23

Таблица 19 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с ШФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого ШФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Массовая доля влаги, %	76,13±2, 21	76,37±2,21	76,48±2,13	78,59±2,81	78,50±2,61
ВСС, % к общ. сод. влаги	72,31±2,71	74,44±2,71	74,61±2,41	75,13±2,61	75,32±2,83
ПНС, кПа	1,08±0,04	1,01±0,04	0,98±0,023	0,91±0,03	0,88±0,03
pH	5,85±0,01	5,85±0,02	5,95±0,01	6,00±0,02	6,00±0,01
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	113,38±6,27	114,18±6,25	113,12±6,03	102,83±5,10	101,33±4,25
ЖУС, % к сух. в-ву	53,12±1,86	54,90±1,91	57,21±1,89	42,80±2,15	41,26±2,22

Таблица 20 – Свойства и качественные показатели пищевых систем с СШФО

Показатели	Контроль	Количество вносимого СШФО, %			
		5	10	15	20
до тепловой обработки					
Массовая доля влаги, %	71,12±2,12	71,31±2,12	71,44±2,11	73,65±2,18	73,30±2,13
ВСС, % к общ. сод. влаги	92,98±2,74	94,56±2,74	94,53±2,71	95,18±2,81	96,72±2,83
ПНС, кПа	1,28±0,04	1,19±0,04	1,18±0,023	0,96±0,02	0,91±0,03
pH	6,15±0,01	6,16±0,02	6,16±0,01	6,25±0,02	6,25±0,01
после тепловой обработки					
ВУС, % к сухому в-ву	212,45±6,27	215,13±6,27	218,82±6,30	202,31±5,11	193,46±4,56
ЖУС, % к сух. в-ву	63,04±1,86	64,89±1,90	67,47±1,88	52,80±2,11	55,26±2,23

Водосвязывающая способность пищевых систем с РФО увеличилась с 92,98 до 99,53 % при внесении РФО с 5 до 20 %, с ОФО – с 99,56 до 99,77 %, с ГФО – с 92,98 до 95,73, с СШФО – с 92,98 до 96,72, с ШФО – с 72,31 до 75,32. Величина предельного напряжения сдвига снижалась у всех исследуемых пищевых систем. Массовая доля в образцах увеличивалась независимо от вида вносимого продукта ферментативной обработки.

Величина pH изменялась незначительно, в основном в сторону увеличения концентрации ионов водорода.

Отрицательная динамика изменения функционально-технологических свойств пищевых систем после термической обработки были определены для образцов с заменой сырья в количестве 15 % РФО, ГФО, СШФО, ОФО. Считаем, анализируя полученные результаты, наиболее перспективной заменой рецептурного состава пищевых систем на данные продукты ферментативной обработки в количестве 10 %.

Ориентируясь на представленные результаты исследований, считаем наиболее предпочтительным вариантом для замены мясного сырья в рецептурах пищевых систем на ШФО, ЛФО – 15 %, на РФО, ГФО, СШФО, ОФО – 10 %.

Ориентиром для выбора данных уровней являлись значения высокие значения ВУС, ЖУС, системы формировали плотную консистенцию. Модельные пищевые системы с 20 % ПФО характеризовались консистенцией, приближающейся к мажущейся. При таком уровне замены в рецептуре рекомендовано производить, например, паштеты в оболочке.

ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (СИНЕРГИЗМ, АДДИТИВНОСТЬ, АНТАГОНИЗМ) БИОМОДИФИЦИРОВАННОГО КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ И ЛЕГКОЛЕТУЧИХ/ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Разработка и научное обоснование представлений о взаимодействии легколетучих соединений с полимерной поверхностью и полимерными сетками трудноперевариваемых белков является одной из актуальных проблем современной биохимии и биотехнологии.

Разработка и научное обоснование представлений о взаимодействии легколетучих соединений с полимерной поверхностью и полимерными сетками трудноперевариваемых белков является одной из актуальных проблем современной биохимии и биотехнологии. С многокомпонентной адсорбцией белков исследователи и разработчики сталкиваются при создании и изучении материалов, совместимых с кровью и тканями, выращивании клеточных культур на твердой подложке и др. Очевидно, что исследования процессов многокомпонентной сорбции белков имеют огромное значение и являются чрезвычайно актуальными [52, 61, 169].

Исследования процессов взаимодействия белков с полимерными Согласно последним исследованиям структуры коллагенов, молекулы тропоколлагена, расположенные ближе к периферии фибриллы, связаны большим количеством ковалентных связей, нежели центральные тропоколлагеновые молекулы, отчего фибрилла в целом обладает жестким поверхностным слоем и более мягкой центральной составляющей. Химические и физические свойства, структура белков в большой степени определяются процессами диссоциации карбоксильных групп и протонизации аминогрупп. Иными словами, процессами сорбции и десорбции ионов различных соединений, в том числе и легколетучих [52].

Установлено, что синергетические явления в процессах многокомпонентной сорбции приводит к прочному связыванию белка с компонентами растительного происхождения, определяемое в первую очередь количеством фиксированных ионогенных групп сорбента, приходящихся на одну молекулу белка. Уменьшение локальной концентрации ионогенных групп компонентов растительного происхождения обеспечивает переход от синергетического механизма многокомпонентной сорбции к конкурентному.

Рядом научных исследований также доказано, что функцию матричной основы могут выполнять аналоги пищевых волокон животного происхождения, в частности, модифицированный коллаген и ихтиколлаген. Например, проведены исследования по определению сорбционных свойств ферментолизата коллагена, по отношению к тяжелым металлам, на примере ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} . Результаты позволили констатировать, что по способности связывать ионы Pb^{2+} , продукт биомодификации соединительнотканного белка сопоставим с целлюлозой, для которой сорбция ионов данного элемента фиксируется в диапазоне 0,10–0,23 мг/г [52]. Таким образом, гидролизованные формы коллагена способны связывать в пищеварительном тракте ионы тяжелых металлов с образованием нерастворимых комплексов, которые не всасываются и выводятся из организма. Данный механизм можно использовать в профилактике отравления солями тяжелых металлов.

Исследования процессов взаимодействия белков с полимерными сорбентами сопряжены с трудностями, возникающими вследствие того, что каждый белок обладает уникальными химическими, физическими и биохимическими свойствами. Сложная трехмерная структура белка приводит к различным типам взаимодействий с сорбирующим веществом. Эти трудности усугубляются, когда от исследований поведения белка в простейшей системе: «сорбирующее вещество – белок», переходят к системам, включающим многокомпонентные белковые смеси. Работы по многокомпонентной сорбции базируются на представлениях о

взаимодействии компонентов раствора летучего соединения при взаимодействии с веществом твердой фазы.

Стоит отметить, что механизм подобной сорбции не установлен. Однако известно, что все белки характеризуются выраженной способностью к неспецифическому связыванию по SH-группам, гуанидиновой группе аргинина и другим составляющим аминокислот. Возможно, биомодификация соединительной ткани способствует разрыву пептидных цепей коллагена, в результате чего ранее указанные функциональные группы становятся более доступными для взаимодействия с металлами и биологически активными веществами [61].

Интерес представляет и процесс совместной сорции нескольких белковых компонентов и биоактивных веществ.

Наличие в молекуле коллагена активных карбоксильных концевых групп и сложная пространственная структура обуславливают возможность комплексообразования этого белка с различными минорными нутриентами, тем самым способствуя созданию комплексов для дальнейшего обогащения продуктов питания.

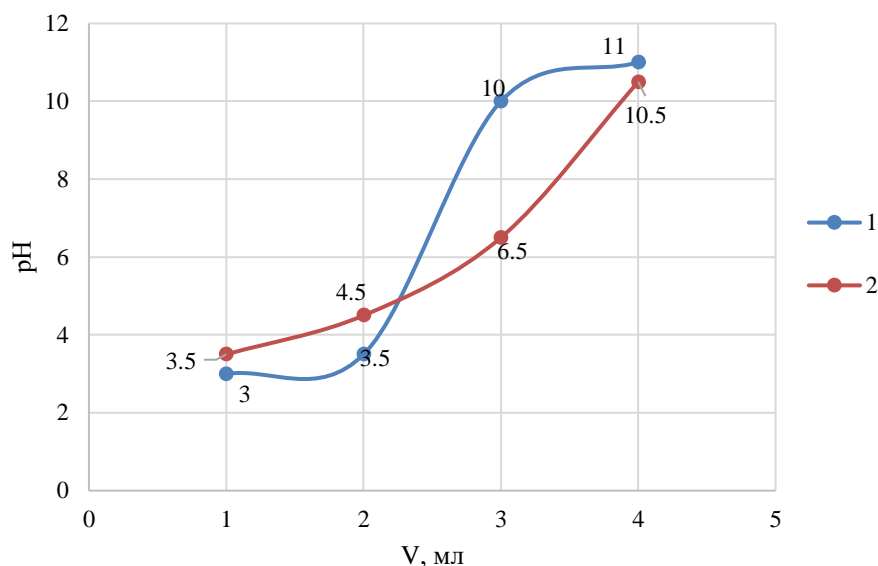


Рис. 34. Кривая потенциометрического титрования: 1 – раствор KCl, 2 – дисперсия коллагена в растворе KCl

Анализ кривых потенциометрического титрования показывает, что в области $pH < 6$ кривая титрования с сорбентом идёт выше, чем без сорбента. Коллаген в этой области pH заряжен положительно. В области $pH > 6$ кривая с сорбентом идёт ниже, вследствие сорбции соединений.

Для подтверждения комплексообразования коллагена с биологическими активными веществами был использован метод дифференциальной сканирующей микрокалориметрии, который позволяет по величине теплотогощения установить изменение структуры коллагена после введения аскорбиновой кислоты апикомпонентов (пчелиная пыльца) и йода в органической форме (на основе фукуса).

Одним из важных свойств коллагена является его способность соединяться с дубильными веществами, что резко изменяет свойства коллагена: он становится стойким к действию воды (меньше набухает) и высокой температуры (повышается температура сваривания), а также устойчивым к действию микроорганизмов [155]. Введение коптильного ароматизатора способствует повышению температуры сваривания коллагена. Можно предположить, что в процессе тепловой обработки изделий, содержащих белковый продукт из свиных шкур, коллаген не будет подвергаться сильному тепловому гидролизу и, соответственно, биологически активный композит – коллаген + аскорбиновая кислота + йод + коптильный ароматизатор – будет более устойчив, что снизит потери аскорбиновой кислоты и йода при термической обработке.

В качестве объектов исследования использовали нативные образцы коллагенового ферментолізата (КФ), также аскорбиновую кислоту апикомпонентов, фукуса, как источник органического йода, и коптильный ароматизатор, взятые по отдельности и вместе – биологически активный комплекс (ФМ). Аскорбиновая кислота из расчета 200 мг/100 г белка; фукуса – 150 мг/100 г белка; коптильный ароматизатор – 0,08 мл/100 г белка.

В качестве термодинамического параметра использовали теплоемкость, которую измеряли на дифференциально-сканирующем микрокалориметре ДСМ-2М, предназначенном для исследования твердых образцов.

Метод дифференциально-сканирующей микрокалориметрии (ДСК) позволяет определить количество структурных переходов, их температурные интервалы и величину энтальпии как меру структурно-конформационных изменений в исследуемом объекте. Соответственно, при изучении коллагена соединительной ткани данным методом можно получить представление об изменении его структуры после введения аскорбиновой кислоты, ламинарии Японской и коптильного ароматизатора.

Кривые температурной зависимости теплоёмкости исследуемых образцов в интервале измеренных температур (25–70 °С) аппроксимировали суммой двух гауссовых компонент, определяя положение максимума пиков (T_{1max} , °С, T_{2max} , °С) и площади под пиками – энтальпии (H_1 , Дж/г, H_2 , Дж/г) методом наименьших квадратов, используя алгоритм Маркуардта.

На рисунке 1а представлены температурные зависимости удельной теплоёмкости коллагенсодержащих образцов: контрольного образца – ФМ (кривая 1); в присутствии аскорбиновой кислоты пчелиной пыльцы (кривая 2), фукуса (кривая 3); коптильного ароматизатора (кривая 4); ФМ (кривая 5).

Для более детального анализа влияния выбранных исследуемых компонентов на термодинамические параметры исследуемых образцов каждая кривая была описана с помощью гауссова распределения (рисунок 35 б–д) на две компоненты. Пунктиром представлены гауссовы компоненты низкотемпературного (кривая 2) и высокотемпературного (кривая 3) переходов и их сумма (кривая 4), описывающая температурный переход. Значения температуры максимумов пиков и энтальпии денатурационных переходов приведены в таблице 21.

¹ – низкотемпературный переход – предденатурационный переход, при низких температурах (до 30 °С). Предденатурационная компонента характеризует предденатурационный переход коллагена в составе препарата.

² – высокотемпературный – денатурационный переход, при высоких температурах (30–70 °С). Денатурационная компонента характеризует денатурационный переход коллагена.

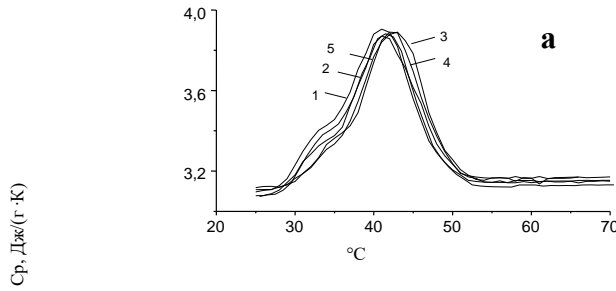
Таблица 21 – Значения температуры максимумов пиков и энтальпии переходов

Наименование образца	T _{1max} , °С	H ₁ , Дж/г	T _{2max} , °С	H ₂ , Дж/г
КФ	32,5	1,2	40,9	7,2
КФ+аскорбиновая кислота	34,1	0,7	42,5	6,9
КФ+фукус	33,8	0,7	44,3	6,8
КФ+копильный ароматизатор	32,7	0,8	41,7	7,1
ФМ	34,6	0,8	42,5	6,5

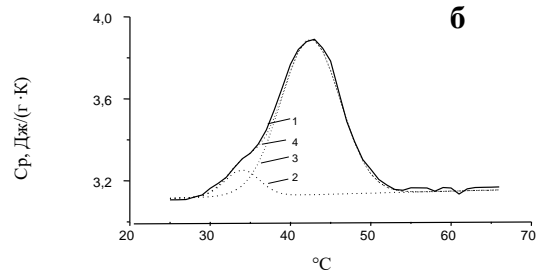
Введение аскорбиновой кислоты в исследуемый образец (рисунок 35 б) несколько повышало термостабильность КФ, что отразилось на увеличении температуры максимума перехода (42,5 °С) и уменьшении энтальпии денатурационного перехода компоненты 2 (таблица 20). Следует отметить также, что аналогичные изменения термодинамических параметров наблюдались и для предденатурационной компоненты 1 (рисунок 35 б, таблица 20). Сплошной кривой 1 представлена температурная зависимость удельной теплоемкости образца коллагена в присутствии аскорбиновой кислоты.

Ламинария Японская в комплексе с модифицированным коллагеном из свиной шкуры демонстрирует более значительные изменения термодинамических параметров белковой системы (рисунок 35 в, таблица 21), по сравнению с аскорбиновой кислотой. Представленные данные позволяют выдвинуть

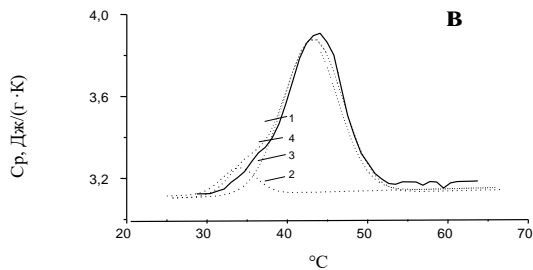
предположение о существенной стабилизации пространственной структуры образца по сравнению с контролем.



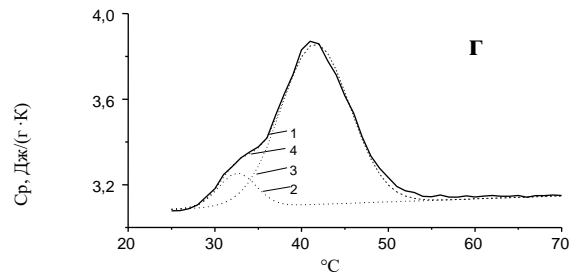
1-контроль, 2 - КФ+АК, 3 - КФ+ЙО;
4 - КФ+КА, 5 - ФМ



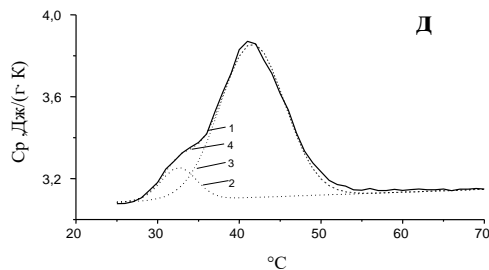
1 - КФ+АК, 2 - низкотемпературный переход, 3 -
высокотемпературный переход, 4 – сумма
переходов



1- КФ+ЙО, 2 -низкотемпературный переход, 3 -
высокотемпературный переход, 4 – сумма переходов



1 - КФ+КА, 2 -низкотемпературный переход, 3 -
высокотемпературный переход, 4 – сумма
переходов



1- КФ+КА, 2 -низкотемпературный переход, 3 - высокотемпературный переход, 4 – сумма переходов

Рис. 35. Температурная зависимость удельной теплоемкости образцов коллагена: а – всех образцов; б – КФ + аскорбиновая кислота; в – КФ + фукус; г – КФ + копильный ароматизатор; д – ФМ

В присутствии коптильного ароматизатора термодинамические параметры белкового продукта изменяются в наименьшей степени (рисунок 35 г, таблица 21). Тем не менее, также просматривается весьма четкая тенденция к регулированию 3D-структуры по сравнению с контрольным образцом. На рисунке 35 г температурная зависимость удельной теплоемкости образца коллагена в присутствии коптильного ароматизатора обозначена сплошной кривой 1.

Одновременное введение в белковый продукт из свиных шкур аскорбиновой кислоты, йода в органической форме и коптильного ароматизатора обнаружило наиболее заметный эффект стабилизации структуры белка. Из представленных на рисунке 34 г и в таблице 20 данных следует, что этот эффект проявляется в увеличении температурного максимума денатурации и уменьшении величины энтальпии денатурационного перехода как в предденатурационной компоненте 1, так и в основной компоненте 2 температурной зависимости функционального модуля.

Методом дифференциальной сканирующей микрокалориметрии, установлено, что аскорбиновая кислота, фукуса и коптильный ароматизатор иммобилизируются на пространственной сетке волокон модифицированного коллагена, что подтверждается энтальпией денатурационного перехода основной компоненты, равной 6,5 Дж/г, и температурой максимума пика – 42,5 °С.

Для проверки влияния тепловой обработки на структуру КФ и ФМ, как предполагаемых компонентов мясных продуктов, было проведено исследование температурной зависимости удельной теплоёмкости образцов, содержащих аскорбиновую кислоту, йод в органической форме и коптильный ароматизатор (по отдельности и вместе) и прошедших тепловую обработку при температуре 70 ± 2 °С. Представленные на рисунке 36 данные показывают, что термообработка белкового продукта из свиных шкур и функционального модуля при температуре, аналогичной температуре варки мясных продуктов вне зависимости от присутствия (ФМ) или отсутствия добавок (КФ), приводит к необратимой денатурации коллагена и потере им пространственной структуры, что позитивно

отражается на переваримости (КФ – 14,45 мг тирозина/г белка, ФМ – 13,50 мг тирозина/г белка) при одновременной сохранности аскорбиновой кислоты в процессе тепловой обработки.

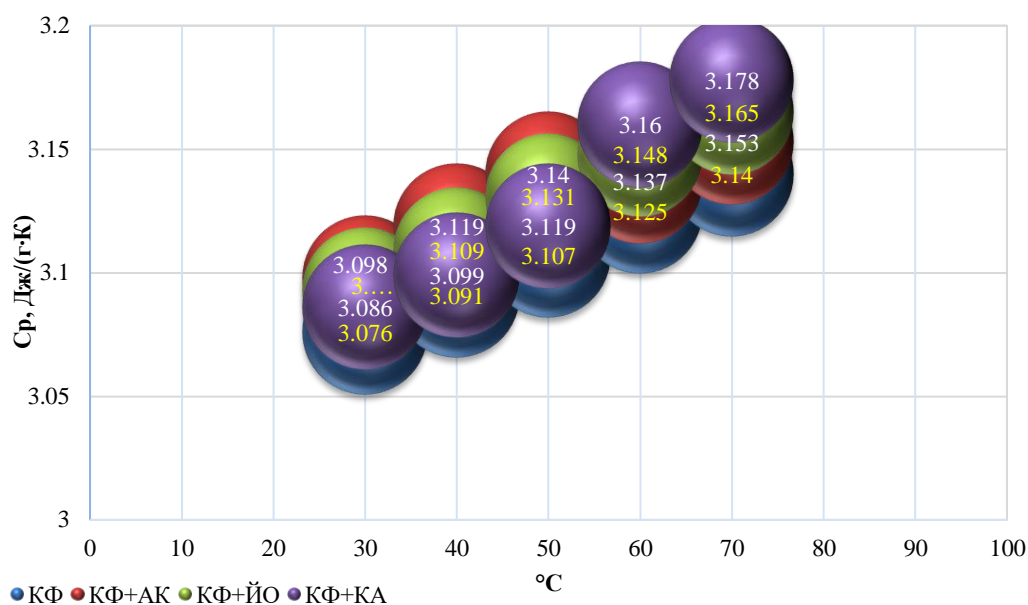


Рис. 36. Температурная зависимость удельной теплоемкости образцов КФ и ФМ после тепловой обработки

Таким образом, можно констатировать, что присутствие аскорбиновой кислоты, йода в органической форме и копильного ароматизатора в модифицированном коллагенсодержащем продукте приводит к созданию функционального модуля, в котором вышеперечисленные компоненты присутствуют в виде комплексов, находятся в иммобилизованном состоянии, за счет образования новых связей между аминокислотами дезагрегированного соединительнотканного белка и выбранных компонентов, например, йода с тирозином.

Систематическое изучение последовательной и совместной сорбции нескольких бинарных белковых смесей и некоторых биоактивных веществ (например, ионообменные компоненты растительного происхождения – аскорбиновая кислота, йод), показало, что процесс связывания осложнен явлениями синергизма. Установлено, что синергетическим явлениям в процессах

сорбции способствует прочное связывание белка с отдельными компонентами различной природы, которое возможно определить количеством фиксированных ионогенных групп сорбента на одной молекуле белка. Уменьшение локальной концентрации ионогенных групп биоактивных компонентов растительного происхождения способствует переходу к синергетическому механизму конкурентной сорбции. В результате подобной сорбции на матричной коллагеновой основе биоактивных веществ возможно повысить сохранность до 70 % таких легкоразрушаемых при тепловой обработке компонентов, как аскорбиновая кислота, йод в органической форме.

ГЛАВА 5 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ КОЛЛАГЕНОВЫХ ФЕРМЕНТОЛИЗАТОВ И БИОАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЙ

Питание современного человека поддерживается на государственном уровне и предприятиями пищевой промышленности расширением линейки традиционных и созданием новых, сбалансированных по составу продуктов питания, обогащенных функциональными ингредиентами.

Традиции и инновации производства обогащенных мясных продуктов базируется на введении в рецептуры функциональных ингредиентов, а также фортификация и элиминация. Перспективным направлением является производство продуктов пониженной калорийности с высокой биологической ценностью. Ключевым аспектом при разработке подобных продуктов является информационный банк о химическом составе сырья, пищевой ценности, специальных приемах технологической обработки для минимизации рисков нарушения маржинальности производства [185]. Создание функциональных модулей позволит облегчить ведение технологического процесса производства продуктов питания, не требует внедрения дополнительного оборудования в технологический процесс, характеризуется низкими энергозатратами и себестоимостью, способствует пролонгированию сроков годности мясных продуктов, обеспечивает получение продуктов функциональной направленности и минимизация антропогенного влияния на окружающую среду. Подобные функциональные модули способны модифицировать метаболизм в организме современного человека, и играть важную роль в предотвращении возникновения различных заболеваний [29, 115, 116].

При составление функциональных модулей руководствовались принципами взаимного гармоничного воздействия компонентов, в качестве базисного компонента использовали полученные коллагеновые ферментоллизаты. С учетом

того, что коллаген – неполноценный белок, замена мясного сырья на подобный ингредиент не рационален [195]. Для сбалансированности аминокислотного состава использовали соевый изолят, белоксодержащие продукты переработки гороха, амарантовая мука, концентрат сывороточных белков, полученный путем ультрафильтрации (КСБ-УФ). Представленные ингредиенты являются источником полноценного белка и будет способствовать улучшению функционально-технологических свойств фарша, уменьшению потерь массы продукта при термической обработке [228]. В качестве обогащаемых компонентов использовали:

- фосфолипиды как источник изофлавонов, которые блокируют образование перекисных соединений в жировой ткани, снижая тем самым интенсивность окисления;

- «Ламинария японская», фукус в качестве источника органического йода для создания, а также для снижения окислительного стресса продуктов за счет присоединения U_2 по двойным связям [49];

- «Инулин» является источником органического пребиотика, который благотворно влияет на обмен веществ в организме современного человека, улучшает обмен липидных соединений – холестерина и фосфолипидов в крови, является питательной средой для роста бифидо- и лактобактерий, микробиома кишечника;

- пчелиная пыльца не аллергенна из всех апикомпонентов. Фракционный состав пыльцы идентифицировал 250 химических соединений, включая полноценные сбалансированные белки, 28 видов минеральных веществ, все витамины, ДНК и РНК, фенольные соединения. Ингредиент кодердит ферменты и коферменты, например, ДНК-редуцирующие нуклеазы, способные восстанавливать поврежденный генетический код клеток;

- растворимые и полурстворимые пищевые волокна: Psyllium P99, пшеничная клетчатка, картофельная клетчатка [210]. Эпидемиологические исследования показали связь между диетой, содержащей избыток жира и сахара, и

появлением ряда хронических заболеваний, включая рак толстой кишки, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания и другие расстройства [143, 208]. Рекомендуется повышать уровень пищевых волокон в ежедневном рационе, чтобы избежать этих заболеваний, так как присутствие волокон в пищевых продуктах снижает их калорийность и, как известно, снижает риск таких заболеваний [212]. Недавние исследования свидетельствуют о том, что вязкие полисахариды действуют в желудочно-кишечном тракте, снижая уровень холестерина в крови, уменьшая абсорбцию холестерина или жирных кислот и уменьшая абсорбцию желчного холестерина [211, 209]. Клетчатка может также изменять концентрацию гормонов в сыворотке или жирных кислот с короткой цепью, которые влияют на липидный обмен.

– соевый лецитин – растительный источник полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) [29].

Благодаря накопленному банку теоретических знаний и практического опыта в области создания и проектирования сбалансированных, многокомпонентных продуктов (А.М. Уголева, И.А. Рогова, А.М. Бражникова, Н.Н. Липатова (мл.), Е.И. Титова, А.Б. Лисицын и др.); методов системного анализа, моделирования и ассортиментно-рецептурной оптимизации (В.В. Кафаров, Ю.А. Ивашкин, И.И. Протопопов и др.); разработки состава и технологий продуктов детского, школьного, диетического, геродиетического, лечебного, функционального (А.В. Устинова, Э.С. Токаев, С.Б. Юдина, Н.А. Тихомирова, И.В. Бобренева и др.) можно сделать вывод о том, что при конструировании рецептур обогащенного пищевого продукта следует:

1. составить балансовые уравнения по химическому составу конечного продукта (жир, белок, сумма ПНЖК, йод, аскорбиновая кислота);
2. установить технологические ограничения на использование отдельных видов ингредиентов;
3. определить функцию цели для проведения оптимизации рецептуры;

4. решить поставленную задачу в компьютерной математической системе (например, в Microsoft Excel с помощью надстройки «Поиск решения»);

5. проанализировать с технологической и экономической точек зрения варианты рецептур (композиций) и выбрать альтернативу (вариант) наиболее полно отвечающим поставленным целям.

Достижение поставленной цели сводилось к минимизации суммы расхождений реальных показателей от «эталонных», рекомендованных ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (таблица 22).

Таблица 22 – Рекомендуемая суточная потребность в эссенциальных компонентах

Наименование нутриента	Суточная потребность
Белок, г	90
Липиды, г	85
Пищевые волокны, г	25
ΣПНЖК	5
Йод, мкг/100 г сух. в-ва	150
Аскорбиновая кислота, мг/сут	90
Инулин, г	10
Соотношение растворимые:нерастворимые пищевые волокна = 3:1	
Соотношение Жир:Белок: (Ж:Б) = 1 : 1	

Состав функциональных модулей:

- **ПФО** min = 10 %; max = 90 %;
- **эссенциальные компоненты** min = 10 %; max = 90 %;
- **инулин** min = 2 %; max = 12 %;
- **КСБ-УФ** min = 13%; max = 73 %;
- % удовлетворения суточной потребности – 45 %.

При выборе процентного соотношения вышеперечисленных компонентов в пищевых функциональных модулей руководствовались рядом критериев, удовлетворяющих заданным параметрам адекватности и качеству для рецептурной оптимизации многокомпонентной смеси.

Критерий оптимизации по элементам химического состава, определяющим пищевую ценность (белок, жир, влага и т.д.) моделируемого продукта:

$$P(z) = \sum_{i=1}^n (z_i^0 - \sum_{j=1}^m b_{ij} x_j)^2 \rightarrow \min,$$

где z_i^0 - эталонное содержание i -го элемента пищевой ценности;

b_{ij} - удельное содержание i -го элемента химического состава (белка, жира, влаги и т.д.) в j -м рецептурном компоненте проектируемого продукта;

x_j - массовая доля j -го компонента рецептура.

$$P_i(V) = \sum_{k=1}^n \left(V_k^0 - \frac{\sum_{j=1}^m b_{kj} x_j}{\sum_{j=1}^m x_j} \right) \rightarrow \min \quad i = 1, 2, 3$$

- отношение содержания белка к содержанию жира

$$\sum_{j=1}^m b_j^a x_j / \sum_{j=1}^m b_j^{\text{ж}} x_j = K,$$

где $b_j^a b_j^{\text{ж}}$ - массовая доля соответственно белка и жира j -ом рецептурном компоненте;

x_j - массовая доля j -й компоненты рецептуры;

$K=1,2 \div 1,6$ в зависимости от назначения продукта;

- по элементному химическому составу продукта

$$L_r^{\min} \leq \sum_{j=1}^m t_{rj} x_j \leq L_r^{\max} \quad r = \overline{1, \chi},$$

где L_r^{\min} , L_r^{\max} - допустимые пределы изменения содержания r -го элемента в продукте;

t_{rj} - содержание r -го элемента в j -ом компоненте рецептуры,

а также ограничения по рецептурным компонентам

$$\sum_{j=1}^m x_j = 1; \quad x_j^{min} \leq x_j \leq x_j^{max}; \quad j = \overline{1, m},$$

где x_j^{min}, x_j^{max} – допустимые пределы изменения содержания i -го компонента в рецептуре продукта,

- по стоимостным показателям

$$\sum_{j=1}^m d_j x_j \leq D_p^{max},$$

где d_j – стоимость единицы j -го компонента;

D_p^{max} – максимальная стоимость продукта.

Далее представлены в таблицах 23–27 рецептурные смеси функциональных модулей, полученные путем математического моделирования и использованные для разработки технологий мясных и рыбных продуктов.

Таблица 23 – Пищевой функциональный модуль на основе ЛФО

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			жира	белка	ПНЖК	йода	
ЛФО	X1	50	8,73	12,22	0	0	83,80
БЖК	X2	50	10,52	7,43	4,20	40,50	160,60
Итого, кг		100					
Функциональный продукт			9,63	9,83	2,10	20,25	
Функционал	Себестоимость, руб./100 кг						12220,00
Балансовые уравнения			9,63	9,83	2,10	20,25	
Соотношение Ж:Б			1	1,02			
Стандарт Ж:Б			1	1			
Суточная норма питания			85	90	5	150	
Процент соответствия суточной норме питания			11,33	10,92	42,00	13,50	

Таблица 24 – Пищевой функциональный модуль на основе РФО

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			жира	белка	ПНЖК	йода	
РФО	X1	10	9,78	14,01	0	0	90,50
БЖК	X2	90	10,52	7,43	4,20	40,50	160,60
Итого, кг		100					
Функциональный продукт			10,45	8,09	3,78	20,25	
Функционал	Себестоимость, руб./100 кг						15359,00
Балансовые уравнения			10,45	8,09	3,78	20,25	
Соотношение Ж:Б			1	0,77			
Стандарт Ж:Б			1	1			
Суточная норма питания			85	90	5	150	
Процент соответствия суточной норме питания			12,29	8,99	75,60	24,30	

Таблица 25 – Пищевой функциональный модуль на основе ОФО

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			жира	белка	ПНЖК	йода	
РФО	X1	75	24,31	16,19	0	0	83,80
БЖК	X2	25	10,52	7,43	4,20	40,50	160,60
Итого, кг		100					
Функциональный продукт			20,86	14,00	1,05	10,13	
Функционал	Себестоимость, руб./100 кг						13825,00
Балансовые уравнения			20,86	14,00	1,05	10,13	
Соотношение Ж:Б			1	1,20			
Стандарт Ж:Б			1	1			
Суточная норма питания			85	90	5	150	
Процент соответствия суточной норме питания			24,54	15,56	21,00	6,75	

Таблица 26 – Пищевой функциональный модуль на основе СШФО

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
			жира	белка	ПНЖК	йода	
СШФО	X1	90	24,31	16,19	0	0	130,50
БЖК	X2	10	10,52	7,43	4,20	40,50	160,60
Итого, кг		100					
Функциональный продукт			22,93	15,31	0,42	4,05	
Функционал	Себестоимость, руб./100 кг						13378,00
Балансовые уравнения			22,93	15,31	0,42	4,05	
Соотношение Ж:Б			1	0,67			
Стандарт Ж:Б			1	1			
Суточная норма питания			85	90	5	150	
Процент соответствия суточной норме питания			26,98	17,01	8,40	2,70	

Таблица 27 – Пищевой функциональный модуль на основе ГФО

Ингредиенты	X	Масса, кг	Массовая доля, %			Цена, руб./кг
			белка	жира	инулина	
ГФО	X1	50	18,33	2,45	-	89,00
КСБ-УФ	X2	40	55,00	7,40	-	350,00
Инулин	X3	10	2,00	0,00	95	280,00
Итого, кг		100				
Функциональный продукт			12,37	9,97	10,13	
Функционал	Себестоимость, руб/100кг					10300,00
Балансовые уравнения			11,02	9,18	10,13	
Соотношения Ж:Б			1,24	1		
Стандарт Ж:Б			1	1		
Суточная норма питания			90	85	10	
Процент соответствия суточной норме питания			13,74	11,73	6,75	

При разработке функциональных модулей выполнение осуществляли с помощью надстройки «Поиск решения» табличного процессора Microsoft Excel.

Рассмотрим более подробно варианты создания функциональных модулей на основе ШФО и белково-жировой композиции БЖК, составленной на основе амарантовой муки, соевого лецитина и фукуса.

Белково-жировую композицию формировали согласно следующей последовательности: амарантовую муку, соевый лецитин, фукуч, отдельно гидратировали при температуре 18 ± 2 °С в следующем соотношении, г ингр./г воды: амарантовая мука : вода – 1:4,5, соевый лецитин : вода – 1:4, фукуч : вода – 1:2,5 в течение 20 мин. Регидратированные ингредиенты объединяли в следующем соотношении, % : амарантовая мука : соевый лецитин : фукус – 60 : 30 : 10, соответственно, гомогенизировали смесь в течение 4 мин при скорости 4 000 об/мин до однородности (определяли визуальным способом).

Для определения наиболее рационального соотношения ингредиентов в композите, были составлены смеси в следующих соотношениях (ШФО:БЖК), %: 10:90; 50:50; 75:25 и 90:10, которые были определены с помощью программ математического моделирования рецептур пищевых продуктов по ранее выбранному и представленному алгоритму.

Таблица 28 содержит основные критерии и ограничения для рецептурного состава функциональных модулей на основе ШФО.

Таблица 28 – Основные показатели рецептур функциональных модулей на основе ШФО

Ингредиент	Индекс, X_i	Массовая доля, %				Цена, руб./кг
		жир	белок	ПНЖК	йод	
ШФО	X_1	8,73	12,22	0	0	
БЖК	X_2	10,52	7,43	4,2	40,50	
Состав проектируемого функционального продукта, не менее		9,12	9,55	0,38	4,11	

Масса функционального продукта, кг $x_1 + x_2 = 100$.

Соотношение жир : белок = 1:1.

Ограничения по рецептурному составу:

$$10 < \text{ШФО} < 90$$

$$10 < \text{БЖК} < 90$$

Балансовые уравнения критериев, обеспечивающих получение обогащенного продукта представлены в таблице 29.

Таблица 29 – Система балансовых линейных уравнений для продукта с функциональным модулем на основе ШФО и БЖК

№№ п/п	Наименование показателя	Уравнение
1	белок	$12,22x_1 + 7,43x_2 = 9,55$
2	жир	$8,73x_1 + 10,52x_2 = 9,12$
3	йод в органической форме	$40,50x_2 = 4,11$
4	ПНЖК	$4,2x_2 = 0,38$
5	соотношение белок : жир	1:1

Персонализированный анализ функционально-технологических свойств каждого из приведенных выше объектов, позволил предложить перспективные направления их использования в частных технологиях продуктов на мясной и рыбных основах, представленные в виде схем на рисунках 37 и 38.



Рис. 37. Классификация функциональных модулей по принципу использования в технологии продуктов питания на мясной и рыбной основах в зависимости от технологических особенностей



Рис. 38. Классификация функциональных модулей по принципу использования в технологии продуктов питания на мясной и рыбной основах в зависимости от целевого функционирования

Предложенная классификация позволяет в зависимости от компонентного состава функциональных модулей определить физиологическую направленность получаемых в дальнейшем продуктов, а также технологические аспекты с точки зрения способа введения, распределения компонентов, воздействия на органолептические показатели готовых к употреблению изделий на мясной и рыбной основах.

5.1 Изучение свойств отдельных разработанных модулей на основе коллагеновых ферментолитатов

Аминокислотный состав одного из разработанных функциональных модулей на основе коллагенового ферментолитата, пчелиной пыльцы и изолята амаранта представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Аминокислотный состав разработанного функционального модуля

Наименование аминокислоты	Содержание, г/ 100 г продукта
Незаменимые аминокислоты	
Лейцин	1,20±0,05
Изолейцин	0,60±0,03
Лизин	0,75±0,03
Метионин	0,54±0,03
Фенилаланин	0,86±0,04
Треонин	0,80±0,04
Валин	0,80±0,04
Заменимые аминокислоты	
Аланин	1,18±0,05
Аргинин	1,19±0,05
Аспарагин	0,62±0,03
Аспарагиновая кислота	0,68±0,03
Цистин	0,02±0,01
Глютаминовая кислота	0,81±0,04
Глицин	1,23±0,05
Гистидин	0,66±0,05
Пролин	6,18±1,25
Серин	1,12±0,05
Тирозин	0,81±0,04

Аминокислотный состав разработанного модуля содержит в большом количестве пролин, который является индикаторной АК соединительной ткани, являющейся основой коллагенового гидролизата и желатина. Данный факт является весьма положительным, поскольку пролин восстанавливает структуру хрящевой и соединительной ткани, активизирует усвоение протеина, защищает сосудистые стенки от липопротеинов. Положительным для оценки белковой составляющей продукции является соотношение основных аминокислот, например, ВСАА, соотношение которых 1,5:1:2, что близко к рекомендуемому значению 1:1:2.

Известно, что одной из причин ухудшения работоспособности и функционального состояния организма является перегревание и обезвоживание, следствием чего является нарушение ионного баланса. Элементный состав полифункционального модуля (таблица 31), оцененный рентгенофлуоресцентным анализом, иллюстрирует широкое разнообразие и высокие количественные показатели в содержании микро- и макроэлементов, обусловленные рецептурой и технологией производства.

Таблица 31 – Микро- и макроэлементы функционального модуля

Наименование микро- или макрокомпонента	Содержание микро- или макрокомпонента, мкг/ г
Ag	1,1±0,05
Br	1,8±0,06
Cr	12,0±2,65
Cu	2,1±0,06
Fe	11,9±2,55
K	800,1±11,15

Разработанный функциональный модуль с учетом аминокислотного и нутриентного составов его можно использовать в технологии продуктов с грубым и тонким типом измельчения для поддержания микро- и макронутриентного составов, а также восполнения полноценного белка.

Функциональный модуль на основе коллагенового ферментолізата (РФО), соевого лецитина, соевого изолята и ламинарии японской (соотношение ингредиентов = 50:30:15:5) интересен с точки зрения сбалансированности аминокислотного состава, содержания ПНЖК и йода. Результаты исследования свойств данного функционального модуля представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Физико-технологические свойства функционального модуля на основе РФО

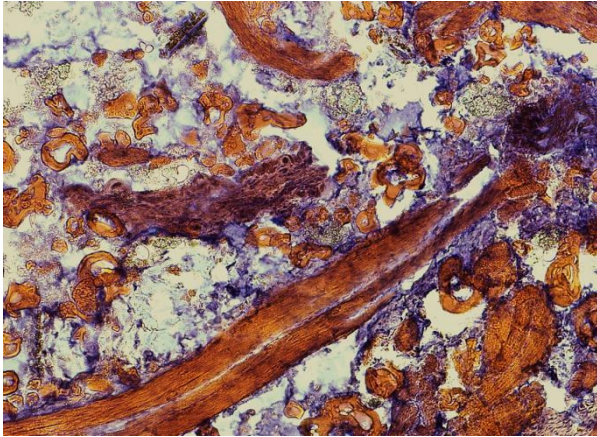
№№ п/п	Наименование показателя	Значение исследуемого показателя
1	Массовая доля влаги, %	77,80±2,29
2	Массовая доля белка, %	10,54±0,31
3	Массовая доля жира, %	10,76±0,30
4	Массовая доля золы, %	0,14±0,01
5	Массовая доля углеводов, %	0,76±0,01
6	Энергетическая ценность, ккал/100г	138,29
7	Водосвязывающая способность, % к общей влаге	98,90±2,94
8	Водоудерживающая способность, % к сухому веществу	93,68±2,78
9	Жирудерживающая, % к сухому веществу	135,00±4,01
10	Пластичность, 10 ⁻² , см ² /г	18,6±0,55
11	Предельное напряжение сдвига, Па	233,3±6,9
12	Перекисное число, М _{экв.} О ₂ /кг	0,043±0,001
13	Содержание йода, мкг/г сухого вещества	92,49±1,2

Ориентируясь на результаты, представленные в таблице 32, можно сделать вывод о том, что ФМ содержит 10,54 % белка, что обеспечивает альтернативу мясу птицы по данному критерию.

Растительные ингредиенты в составе функционального модуля благотворно влияют на функционально-технологические свойства, данные структурные компоненты обладали более высокими гидрофильными свойствами, чем коллаген в ПФО. Функциональный модуль характеризовался высокими значениями пластичности, что связано с большим содержанием диспергированных коллагеновых волокон, которые обеспечивают возникновение новых реакционно-активных связей (происходит взаимодействие волокон коллагена с диполями воды, благодаря чему пластичность повышается). Растительные компоненты изменяли качественный состав дисперсной фазы и дисперсионной среды, образуя гелеобразные структурированные слои, что обуславливало высокое значение

предельного напряжения сдвига. Микроструктурные результаты исследования разработанного функционального модуля представлены на рисунке 39.

а)



б)

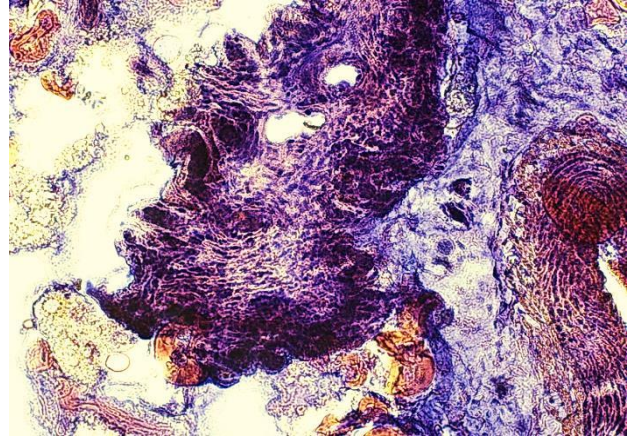


Рис. 39. Микроструктура функционального модуля на основе РФО
 а) Мелкозернистая масса и гранулы изолята соевого белка. Ув. Об. 10х;
 б) Соединительная ткань рубца. Ув. Об. 10х

В частности установлено, что образец представляет собой однородную консиситенцию частиц соединительной и жировой тканей с микроструктурными особенностями, характерными для животного сырья после интенсивной механической обработки. Соединительная ткань имеет характерные для примененного технологического воздействия микроструктурные изменения – умеренную деструкцию соединительнотканых волокон, выражающуюся в набухании, появлении их разрывов и фрагментации. Фрагменты соединительной ткани преимущественно округлой формы и не превышают 1 мм.

Следует отметить, что образец содержал фрагменты жировой ткани в виде отдельных липоцитов и измельченных жировых капель. В составе композита, преимущественно ассоциировано с мелкозернистой белковой массой, выявляются многочисленные округлые частицы изолированного соевого белка (рисунок 39 а). Клеточные ядра отчасти выявляются в наиболее крупных фрагментах мышечного слоя рубца и соединительнотканых элементов подслизистого слоя (рисунок 39 б).

Интенсивность взаимодействия белковых частиц дисперсной фазы, входящих в состав мелкозернистой массы, характеризующая процесс

гелеобразования находит свое отражение в высокой компактности элементов образца, что подтверждает возможность использования разработанного функционального модуля в качестве структурообразователя при разработке продуктов на мясной основе.

Интерес представляло изучение динамики свойств функционального модуля в процессе хранения, которое проводили в течение 21 сут. При температуре 2 ± 2 °С. Дальнейшее хранение посчитали нецелесообразным, поскольку ухудшались органолептические свойства. Результаты изменения функционально-технологических свойств и показателей окисления представлены на рисунках 40 и 41.

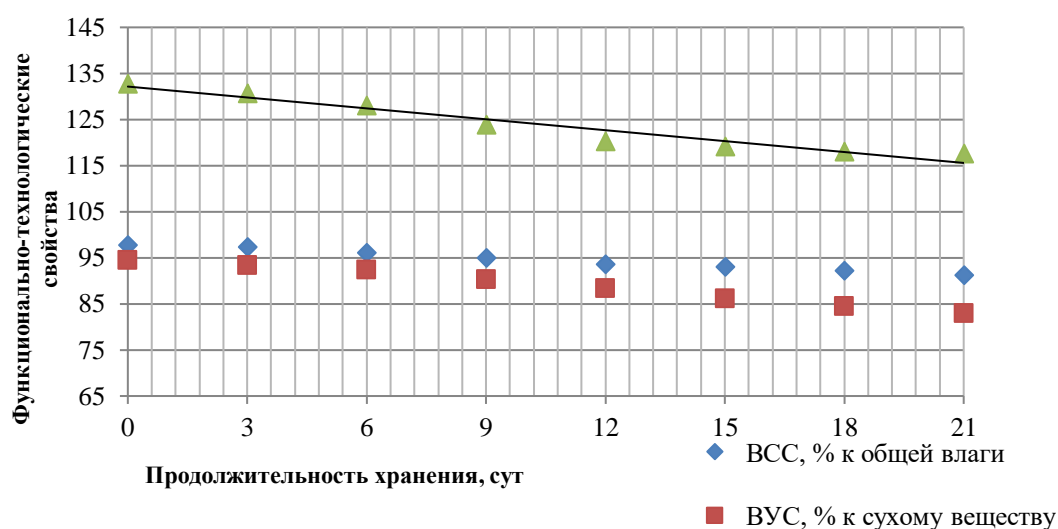
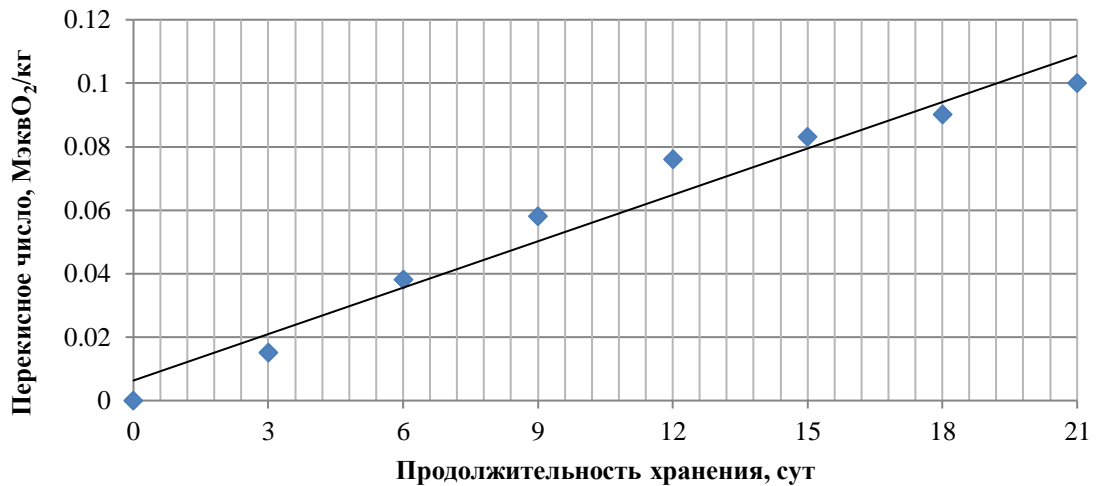


Рис. 40. Изменение функционально-технологических свойств функционального модуля на основе РФО в процессе хранения

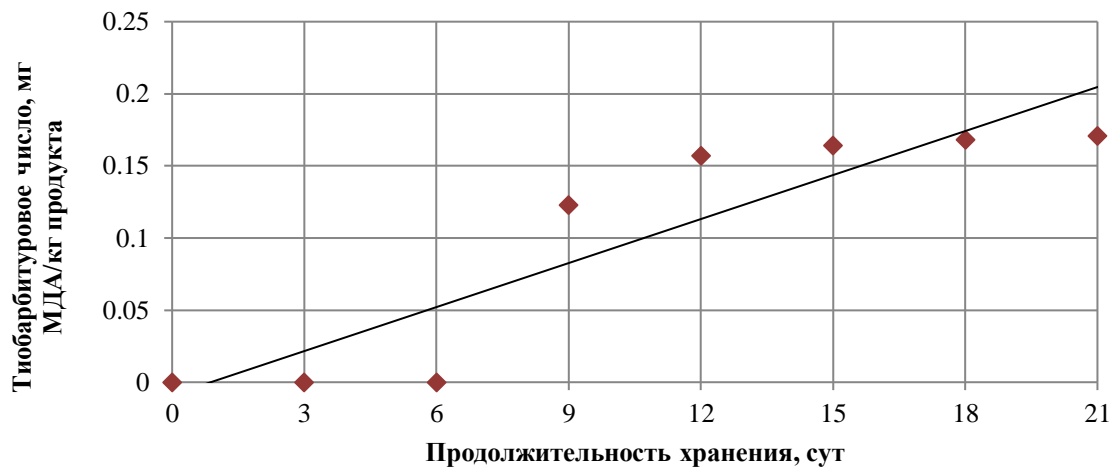
Динамика изменения свойств отрицательная, однако, резких, скачкообразных изменений ФТС функциональных модулей в процессе хранения не наблюдалось.

Перекисное и тиобарбитуровое число в процессе хранения стабильно увеличивались в процессе хранения: с 0,045 до 0,100 $M_{\text{экв}} O_2/\text{кг}$ и с 0,138 до 0,171

мг МДА/к, соответственно. Несмотря на отрицательную динамику, можно утверждать, что благодаря соевому лецитину скорость окисления незначительна. На протяжении всего периода хранения, функциональный модуль по показателям окисления можно отнести к «свежему» ингредиенту.



а) перекисное число



б) тиобарбитуровое число

Рис. 41. Накопление продуктов окисления в функциональном модуле на основе РФО в процессе хранения

С учетом сингулярности свойств разработанного модуля, весьма актуально провести исследования по дальнейшему использованию разработанного ингредиента в составе рецептуры мясного продукта.

На основе ГФО также был разработан и изучен ФМ с КСБ-УФ и инулина (соотношение = 50:40:10). Компоненты отдельно гидратировали при температуре 18 ± 2 °С, г ингр./г воды: КСБ-УФ : вода – 1:1, инулин : вода – 1:1 в течение 30 мин и перемешивали в гомогенизаторе в течение 4 мин при 4 000 об/мин.

Таблица 33 – Физико-технологические свойства функционального модуля на основе ГФО

№№ п/п	Наименование показателя	Значение исследуемого показателя
1	Массовая доля влаги, %	65,53±1,95
2	Массовая доля белка, %	24,18±1,29
3	Массовая доля жира, %	4,62±0,14
4	Массовая доля золы, %	1,57±0,05
5	Массовая доля углеводов, %	4,10±0,12
6	Энергетическая ценность, ккал/100г	138,29
7	Водосвязывающая способность, % к общей влаге	46,18±1,02
8	Водоудерживающая способность, % к сухому веществу	249,45±4,12
9	Жирудерживающая, % к сухому веществу	206,13±3,86
10	Эмульгирующая способность, % к общей влаге	18,00±2
11	Перекисное число, $M_{\text{экв. O}_2}/\text{кг}$	0,056±0,001
12	Содержание инулина, %	3,01±0,02

Разработанный функциональный модуль содержил 24,18 % белка. Содержание углеводов в ФМ значительное вследствие наличия инулина, состоящего из фруктозы и олигофруктозы.

Водосвязывающая, водо- и жирудерживающая способности модули позволяют рекомендовать его для использования в качестве рецептурного компонента в мясных и рыбных пищевых системах.

Функциональный модуль представлял собой систему из дисперсной фазы – гидратированных белковых мицелл, жировых гранул и дисперсионной среды –

водного раствора белков и низкомолекулярных веществ, которые способны регулировать количество полярных и неполярных групп («раскрывать белок»), действующих на грани молекул. Ориентируясь на результаты таблицы 33 определено, что инулин повышают эмульгирующую способность мясных систем и способствуют связыванию влаги, он не оказывают прямого влияния на влагоемкость белков мяса.

Известно, что инулин обладает адьювантной активностью в отношении макро- и микроэлементов, отличается пребиотической и противовоспалительной активностью, совместим с технологиями пищевых производств и не имеет противопоказаний для включения в рационы питания. Можно предположить, что использование этого пищевого волокна в мясных продуктах положительно скажется на желудочно-кишечный тракт ввиду своей специфичности: инулин не переваривается ферментами желудка и тонкого кишечника по причине отсутствия инулазы; образовавшийся гель начинает усваиваться лишь в толстом кишечнике при помощи бифидо- и лактобактерий, которые развиваются на данной среде. Аппарат математического моделирования позволил создать функциональный модуль с гармоничным содержанием компонентом, поскольку избыточное количество инулина, в зависимости от степени полимеризации, может оказать негативное влияние на сенсорные свойства продукта, а также привести к проблемам с пищеварением.

Для профилактики и коррекции нарушения свободно-радикального окисления и связанных с этим процессом патологий все шире начинают использовать антиоксиданты, в том числе и пищевые добавки, способные регулировать скорость окисления. Биоантиоксидантами называют вещества, которые тормозят процессы свободно-радикального окисления в простых модельных системах, имитирующих наиболее распространенные реакции свободно-радикального окисления, сохраняющие данную способность при введении в организм. Инулин характеризуется способностью связывать свободную воду, которая, в свою очередь, наряду с кислородом, принимает непосредственное

участие в окислении липидной фракции пищевых ингредиентов и готовых продуктов. Перекисное число разработанного функционального модуля на основе губ ферментативной обработки составило Мэкв.О₂/кг 0,056±0,001, инулин проявляя биоантиоксидантные свойства, ингибирует процессы образования активных форм кислорода, реакции цепного перекисного свободнорадикального окисления липопротеидов. Следовательно, инулин можно рекомендовать как средство для коррекции патофизиологических сдвигов в системе окислительного гомеостаза, что подтверждает актуальность использования разработанного функционального модуля на основе губ ферментативной обработки в технологии мясных проудктов.

ГЛАВА 6 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ МЯСНЫХ И РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

В работе при проектировании фортифицированных пищевых систем предложено использовать ориентированный подход, благодаря чему рецептуры изделий можно представить в виде иерархической структуры.

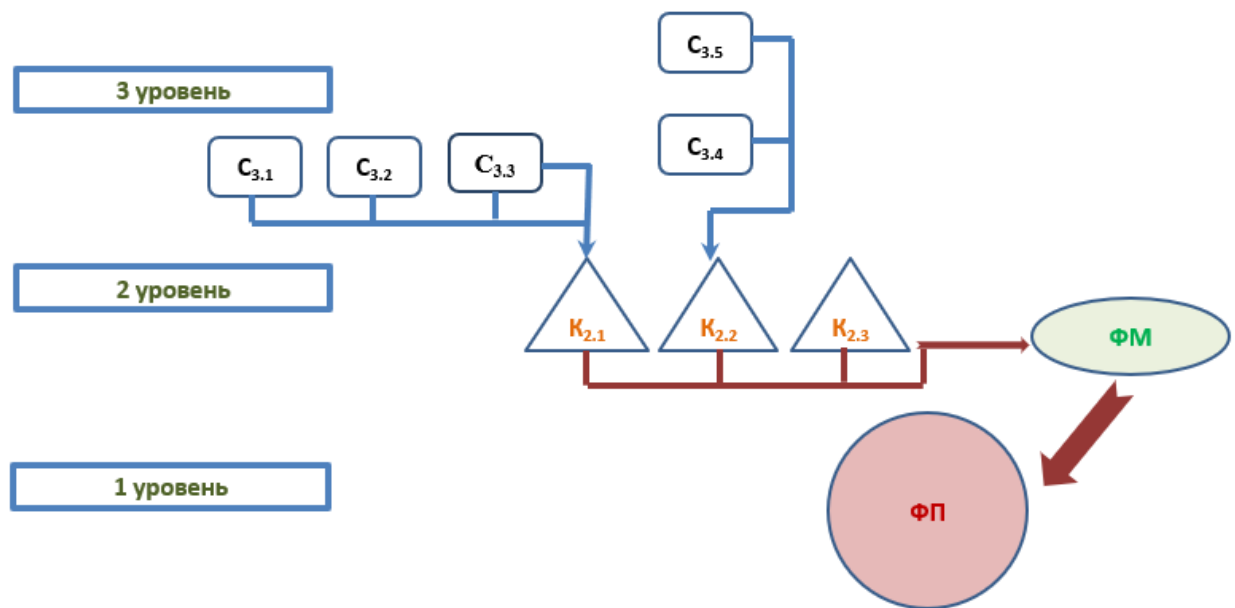


Рис. 42. Комплексный подход к созданию рецептур фортифицированных продуктов питания

Каждая из вершин структуры представляет собой объект (фортифицированный продукт, модуль, используемое сырьё). Каждый уровень соответствует определённой стадии производства функционального продукта: первый индекс – номер уровня, второй – номер компонента рецептурной смеси.

Алгоритм расчёта рецептуры функционального пищевого продукта начинается с расчёта последнего уровня в наиболее длинной ветви структуры расчёта (рисунок 41). Расчёт рецептуры начинается с ФМ, так как длина пути по расчёту до компонентов функционального модуля наибольшая.

Исходными данными для расчёта последнего уровня являются: расход на загрузку всех видов сырья и комплексов; потери массы (выход); заданное количество готовой продукции равное 1 000 кг.

Достоинством комплексного подхода является возможность наследования свойств и методов совместно с включением расчётных формул, учитывающих расширение сырьевого ассортимента, особенности производства, технико-экономических показателей процессов, протекающих в технологическом цикле производства продуктов питания.

Для рассмотрения возможности использования разработанных функциональных модулей в технологии мясных и рыбных продуктов питания, на первом этапе работы, были проведены исследования по изучению возможности использования ФМ в технологии вареных колбас.

6.1 Разработка технологии и комплексное исследование вареных колбасных изделий с функциональным модулем

При разработке рецептуры и технологии вареной колбасы использовали функциональный модуль на основе сублимированного биомодифицированного рубца крупного рогатого скота, соевого изолята, соевого лецитина и фукуса.

На основе результатов ранее проведенных исследований, доказано, что замена мясного сырья в количестве 10 % на альтернативное сырье является наиболее оптимальной, поэтому функциональный модуль вводили в указанном количестве.

В условиях полупромышленной лаборатории кафедры «Технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ была проведена выработка вареных колбас. Контролем служила вареная колбаса I сорта «Столовая» без ФМ. В опытный образец вносили ФМ в количестве 10 % взамен мясного сырья (свинина п/ж) (таблица 34, рисунок 43).

Таблица 34 – Рецептуры контрольного и опытных образцов колбас

Сырье, кг (г) на 100 кг несоленого сырья	Образец	
	контроль	опыт
Основное сырье		
Говядина 1 сорт	40	40
Свинина п/ж	60	50
Функциональный модуль	–	10
Вспомогательное сырье		
Пищевая соль	24,75	24,75
Нитрит натрия (в составе нитритно-посолочной смеси)	7,4	6,7
Сахар-песок	1,5	1,5
Перец черный молотый	1	1
Перец душистый молотый	1	1
Чеснок свежий	1,2	1,2
Чеснок сушеный	0,6	0,6
Вода	25	25

Рецептуры выработанных колбас приведены в таблице 34. Технологическая схема производства опытных колбасных изделий представлена на рисунке 43.

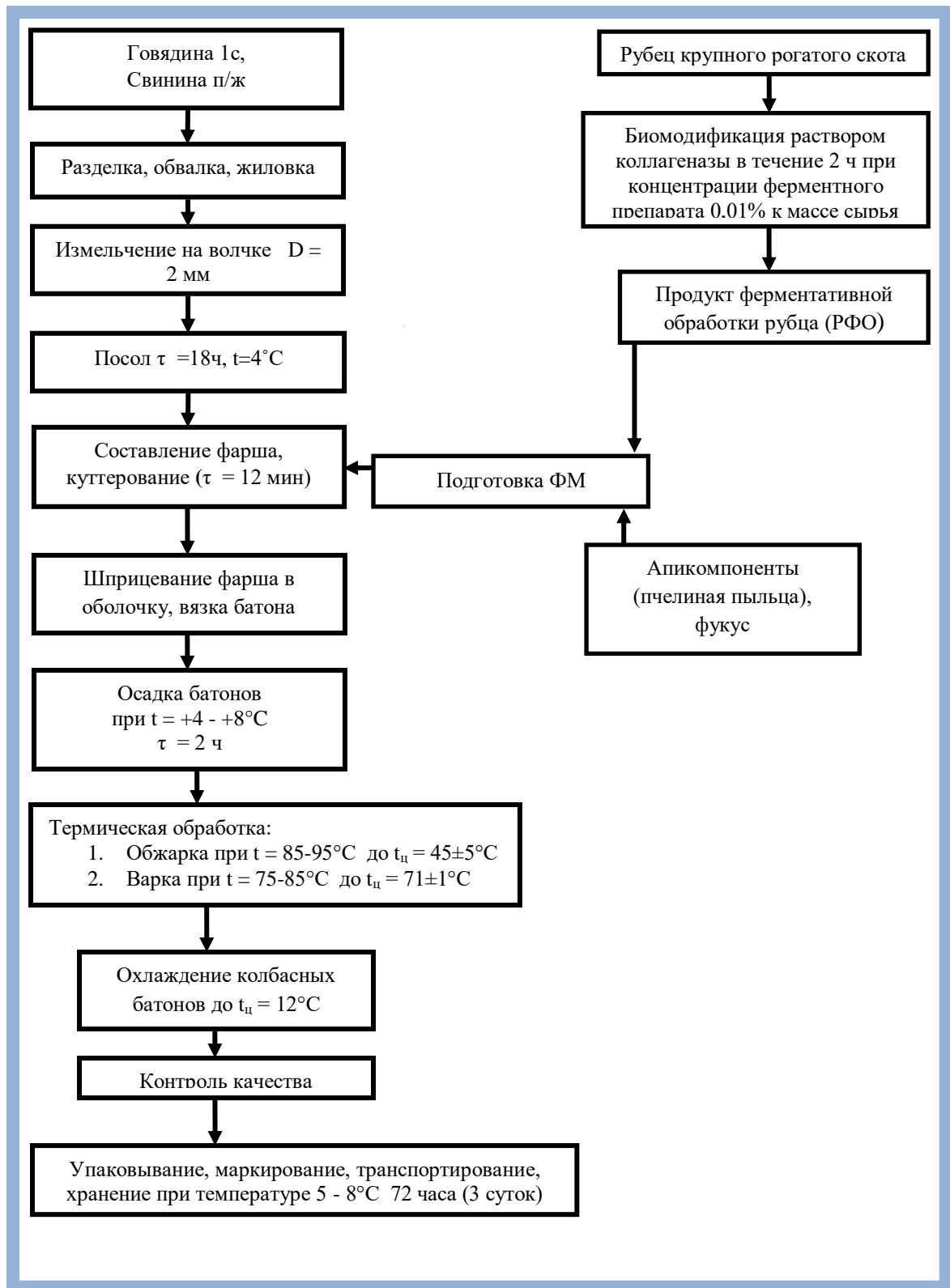


Рис. 43. Технологическая схема производства вареных колбас с функциональным модулем

Непосредственно после фаршесоставления были определены физико-химические показатели фарша, данные которых представлены в таблице 35.

Таблица 35 – Качественные показатели колбасного фарша

Показатели	Образцы фарша	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	72,45±2,12	73,30±2,15
pH	5,66±0,13	5,88±0,18
ПНС, Па	1298,5±8,15	1439,3±7,10
Пластичность, см ² /г	17,70±0,30	18,20±0,60
Влагосвязывающая способность, % к общей влаге	92,10±0,10	94,10±0,80

Из результатов исследований установлено, что по всем изучаемым показателям опытный фарш колбас не уступал, а в некоторых случаях даже превосходил контрольный образец. Так, например, при внесении в рецептуру вареной колбасы «Столовая» ФМ ВСС фарша увеличилась на 5 % по сравнению с контролем. Этот показатель находится на высоком уровне, что в дальнейшем может способствовать снижению потерь массы продукта при варке, улучшению структурно-механических свойств и, соответственно, потребительских. ПНС и пластичность также увеличивалась с внесением функционального модуля в фарш на 141 Па, на 0,5 см²/г, соответственно. Значения pH между опытным и контрольным образцом отличались незначительно, но все же pH опытного образца смещен более в щелочную среду, что связано с pH нативного рубца.

Термообработанные образцы вареных колбас оценивали по органолептическим показателям. Преимуществом органолептической оценки как метода анализа качества продукции является возможность относительно быстрого и одновременного выявления комплекса таких свойств продукта, как внешний вид, цвет на разрезе, аромат, вкус, консистенция.

Выработанные колбасные изделия по своему внешнему виду представляли собой батоны с чистой сухой поверхностью, без повреждений оболочки, наплывов фарша, слипов, бульонных и жировых отеков.

Результаты органолептической оценки представлены на рисунке 44.

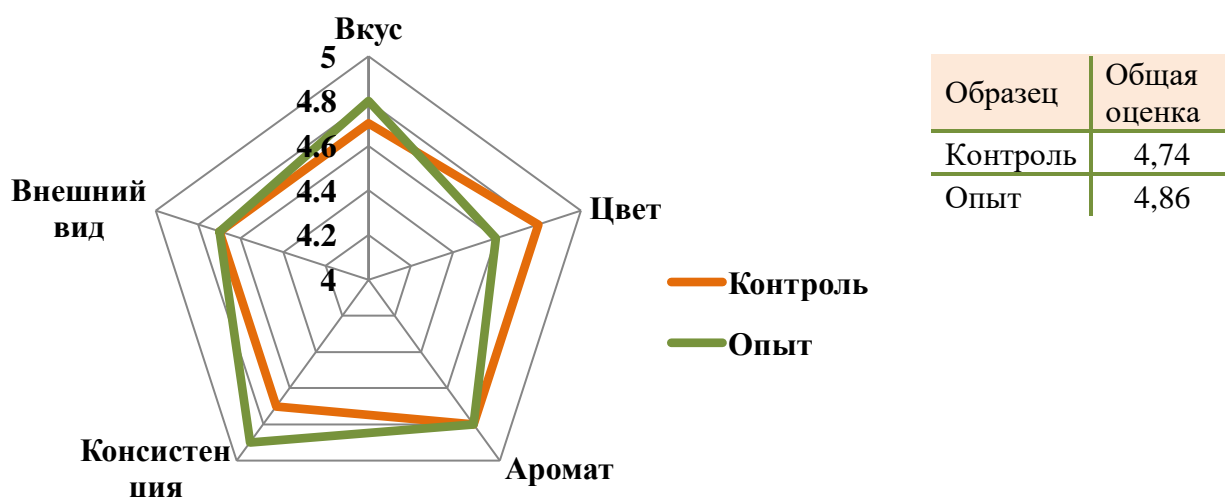


Рис. 44. Диаграмма зависимости балльной оценки органолептических показателей вареных колбас

Дегустационная комиссия дала высокую оценку всем потребительским качествам вареной колбасе с биологически активным композитом, кроме цвета. Низкая оценка цвета на срезе опытных колбас объясняется недостаточным количеством пигментообразующих веществ и предопределяет использование натуральных пищевых красителей.

Весовыми показателями для потребителей являются внешние признаки готовых изделий, особенно цвет и внешний вид. Цветообразование в готовых изделиях зависит от количества образованных нитрозопигментов. Поэтому на следующем этапе работы были определены их цветовые характеристики. Результаты представлены в таблице 36.

Таблица 36 – Цветовые характеристики готовых колбасных изделий

Показатели	контроль	опыт
Содержание нитрозопигментов, %	45,3±2,3	41,8±2,3
Устойчивость окраски, %	58,5±2,1	56,1±2,1

Анализируя данные, представленные на рисунке 45, можно сделать вывод, что опытный образец вареной колбасы по прочностным характеристикам не уступает контрольному образцу. Присутствие в нем функционального модуля оказывает специфическое влияние на систему в целом, выражающееся в увеличении количества модифицированных волокон в ней, т.е. в дополнительном уплотнении структуры и повышении ее прочностных характеристик. Результаты измерения работы резания показывают, что замена мясного сырья на биологически активный композит привела к незначительному повышению структурно-механических величин опытных колбас, что способствовало улучшению консистенции готового продукта, в частности, и его органолептических характеристик, в целом. Такой выраженный эффект можно наблюдать за счет образования термостойких гелей соевым изолятом в процессе термообработки, а также присутствием коллагеновых волокон в общей системе.

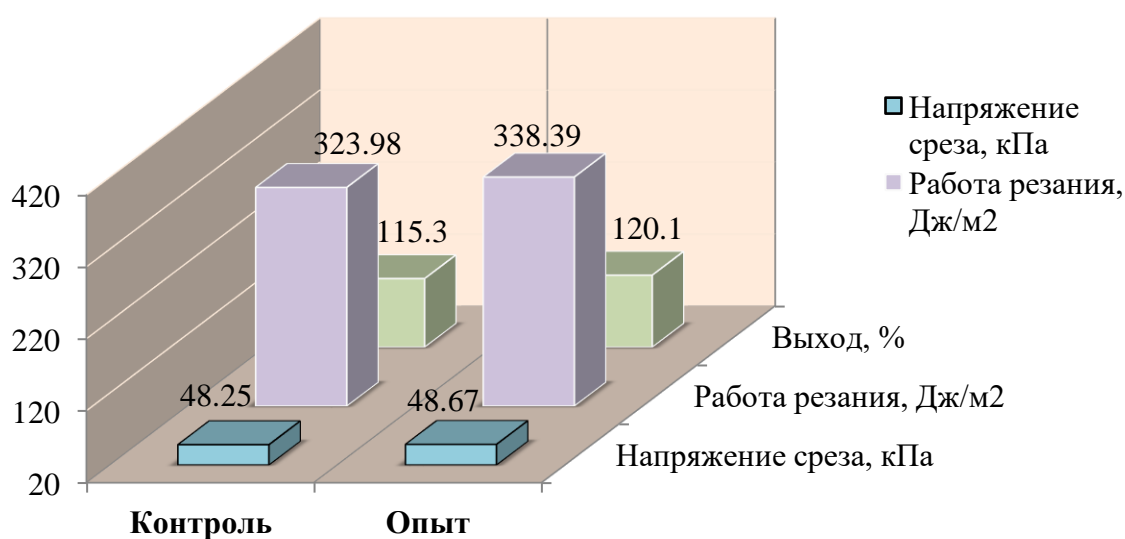


Рис. 45. Прочностные характеристики и выход колбасных изделий

Значения напряжения среза и работы резания вареной колбасы с функциональным модулем были на 0,9 и 4,3 % выше значений контрольного изделия. Данные изменения в опытных вареных колбасах объяснялись наличием компонентов растительного происхождения, на долю которых не отводится на формирование каркаса готовых изделий, поэтому внесение ФМ разрыхляло структуру изделий. Однако, эти изменения можно отнести к погрешности опыта.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод (таблица 38), что содержание остаточного нитрита натрия и содержание пищевой соли во всех образцах находится примерно на одном уровне и не превышает допустимых значений (0,005 мкг/100г продукта и 2,2 %, соответственно).

Кроме того, следует отметить, что показатели окисления опытного образца гораздо ниже контроля (на 21%), что объясняется наличием соевого лецитина – активного природного антиоксиданта.

Активность воды имеет первостепенное значение при производстве готовых изделий, так как от нее зависят сроки их хранения. Нормативные значения этого показателя для мясных продуктов не должны превышать 1. В данном случае, значения анализируемого показателя находились в пределах от 0,982 до 0,983.

Для оценки влияния функционального модуля на развитие микроорганизмов при хранении вареных колбасных изделий в течение 5-ти суток, были проведены исследования по определению микробиологических показателей (таблица 38).

Таблица 38 – Показатели колбасных изделий, регламентируемые нормативной документацией

Показатели	контроль	опыт
Остаточное содержание NaNO_2 , мкг/100г продукта	$0,0038 \pm 0,0006$	$0,0040 \pm 0,0005$
Активность воды	$0,982 \pm 0,029$	$0,982 \pm 0,007$
Содержание пищевой соли, %	$2,12 \pm 0,08$	$2,13 \pm 0,08$
Перокисное число, $M_{\text{экв}}\text{O}_2/\text{кг}$ продукта	$0,14 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,03$
Тиобарбитуровое число, мгМДА/кг продукта	$0,56 \pm 0,09$	$0,42 \pm 0,08$
Микробиологические показатели		
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более $1 \cdot 10^3$		
0 сут.	$1,2 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$
3 сут.	$1,7 \cdot 10^2$	$1,4 \cdot 10^2$
5 сут.	$2,8 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$
БГКП, не допускаются в 1,0 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в 0,01 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
S.aureus, не допускаются в 1,0 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы; L.monocygenes не допускаются в 25 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		

Результаты определения показателей пищевой ценности готовых колбасных изделий представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Показатели пищевой ценности и переваримости «in vitro» колбасных изделий

Показатели		контроль	опыт
Массовая доля влаги, %		70,80±2,11	73,10±2,11
Массовая доля белка, %		16,07±0,47	18,10±0,56
Массовая доля жира, %		10,00±0,30	6,84±0,22
Массовая доля золы, %		3,13±0,03	1,05±0,03
Массовая доля углеводов*, %		следы	0,91±0,03
Содержание йода, мкг/100г сухого вещества		следы	32,05±0,95
Калорийность, ккал/100 г продукта		154,00±4,45	156,00±4,60
Переваримость «in vitro», мг тирозина/100 г белка, общее		15,16±0,15	14,69±0,14
Ферменты	пепсином	5,34±0,10	5,53±0,09
	трипсином	9,82±0,10	9,16±0,10

Анализируя данные таблицы 39, можно сделать вывод, что по содержанию белка опытный образец превосходил контроль на 13 %. Необходимо отметить, что количество соединительнотканых белков, % к общему белку, для контроля составил 34,21±1,12, а для опыта – 40,15±1,19; причем на долю коллагена приходится: 31,30±1,08 и 37,50±1,11, соответственно.

Опираясь на тот факт, что фарше опытного образца колбасного изделия содержалось 0,075 мкг/100 г продукта йода, можно оценить потери микроэлемента в процессе термической обработки – 0,026 мкг/100 г продукта, что составляет 35 % от внесенного количества.

Весьма важным показателем для пищевых продуктов является глубина, степень и скорость перевариваемости белков в желудочно-кишечном тракте под действием пищеварительных ферментов. Результаты исследований по изучению влияния функционального модуля на перевариваемость пищеварительными ферментами с помощью «in vitro», представлены в таблице 39.

Переваримость белков «in vitro» в контроле выше на 6 % по отношению к опытному образцу, что связано с введением пищевых волокон в рецептуру колбасного изделия.

6.2 Разработка технологии и комплексное исследование свойств цельнокусковых продуктов из мяса с функциональным модулем

В данном разделе рассмотрена технология цельнокускового продукта из мяса с функциональным модулем на основе биомодифицированного рубца крупного рогатого скота, соевого изолята, соевого лецитина и фукуса.

Разработка рассола для шприцевания мясного сырья и изучение его свойств

Шприцовочный рассол для производства мясных цельнокусковых продуктов из мяса должен соответствовать ряду критериев, среди которых: не образовывать гели и иметь низкую пенообразующую способность.

Для обоснования концентрации функционального модуля в составе шприцовочного рассола был изучен процесс термотропного гелеобразования суспензий, полученных на основе разработанного модуля и посолочного рассола для шприцевания.

Ориентируясь на литературные данные и рецептуры современных рассолов, концентрация модуля в рассоле варьировалась в диапазоне от 3 до 15 %, концентрация пищевой соли – от 0 до 10 %.

Прочность гелей оценивали величиной предельного напряжения сдвига. Для этого в подготовленные солевые рассолы добавляли ФМ определенной концентрации, согласно описанным ранее требованиям, нагревали в течение 30 мин при температуре в центре общей системы до 72 °С. Полученные суспензии охлаждали при комнатной температуре. Полученные гели подвергали исследованиям, результаты которых представлены в таблице 39.

Самый высокий показатель прочности геля показал образец с содержанием функционального модуля 15 % – 1,35 кПа. Результаты эксперимента свидетельствуют о снижении величины предельного напряжения сдвига до 0,38 % при увеличении концентрации NaCl до 10 %.

Таблица 40 – Изменение реологических свойств гелей с различным содержанием функционального модуля

Концентрация пищевой поваренной соли, %	ПНС, кПа, с				
	функциональным модулем, %				
	3	6	9	12	15
0	0,93±0,02	1,02±0,02	1,15±0,02	1,23±0,02	1,35±0,02
1	0,81±0,01	1,01±0,02	1,10±0,02	1,16±0,02	1,32±0,02
2	0,75±0,01	0,96±0,01	1,05±0,01	1,07±0,02	1,28±0,02
3	0,73±0,01	0,80±0,01	0,83±0,01	0,90±0,01	1,16±0,02
4	0,69±0,01	0,73±0,01	0,80±0,01	0,83±0,01	1,10±0,01
5	0,61±0,01	0,70±0,01	0,75±0,01	0,79±0,01	1,04±0,01
6	0,58±0,01	0,60±0,01	0,68±0,01	0,71±0,01	1,01±0,01
7	0,50±0,01	0,59±0,01	0,65±0,01	0,66±0,01	0,93±0,01
8	0,50±0,01	0,53±0,01	0,60±0,01	0,63±0,01	0,86±0,01
9	0,40±0,01	0,49±0,01	0,55±0,01	0,56±0,01	0,79±0,01
10	0,38±0,01	0,41±0,01	0,43±0,01	0,45±0,01	0,70±0,01

При подготовке рассолов с различными концентрациями соли, функциональный модуль проявил высокую растворимость (определено визуально). При концентрации 15 % ФМ, наблюдались неоднородности и появление осадка за счет седиментации.

Анализируя данные таблицы 40 наиболее приемлемым следует признать рассол концентрацией пищевой поваренной соли 9 % и с содержанием ФМ до 12 %. Для дальнейших исследований использовали рассол с максимальными рекомендуемыми концентрациями. При таких условиях обеспечивается достаточно высокая растворимость и снижается вероятность образования геля в процессе подготовки и шприцевания рассола, что формирует предпосылки к равномерному распределению веществ функционального модуля в структуре сырья (таблица 40). Положительным аспектом следует признать возможность обеспечения необходимого содержания пищевой соли в готовом продукте.

Таблица 41 – Функционально-технологические свойства модельных рассолов без/с ФМ

Показатели	Рассол	
	без ФМ	с ФМ
Пенообразующая способность, %	15±2	18±2
Стабильность пены, %	12±2	12±2
Плотность, г/см ³	1,100±0,05	1,123±0,05

Представленные результаты свидетельствуют о низких показателях пенообразующей способности и стабильности пены для рассола с функциональным модулем.

Изучение свойств цельнокусковых продуктов из мяса с функциональным модулем

Исследования выполнялись на образцах, изготовленных из тазобедренного отруба свинины, нашприцованных рассолом концентрацией 9 %, уровень шприцевания – 25 % к массе сырья. Посол мясного сырья осуществляли смешанным способом. Предварительно сырье натирали посолочной смесью (пищевая соль, смесь перцев), массировали в массажерах при частоте вращения 16 об/мин в течение 20–30 мин, предварительно внося посолочную смесь. В последующем образцы подвергали термообработке в одинаковых условиях согласно технологической схеме, приведенной на рисунке. Термическая обработка включала в себя варку и охлаждение готового продукта. Варка продолжалась в течение 55 мин при температуре 80–85 °С до температуры в толще продукта (72±1) °С. Готовый продукт охлаждали в камерах при температуре 0–8 °С до достижения температуры в толще не выше 8 °С.

Технологическая схема производства цельнокусковых продуктов из мяса представлена на рисунке 46.

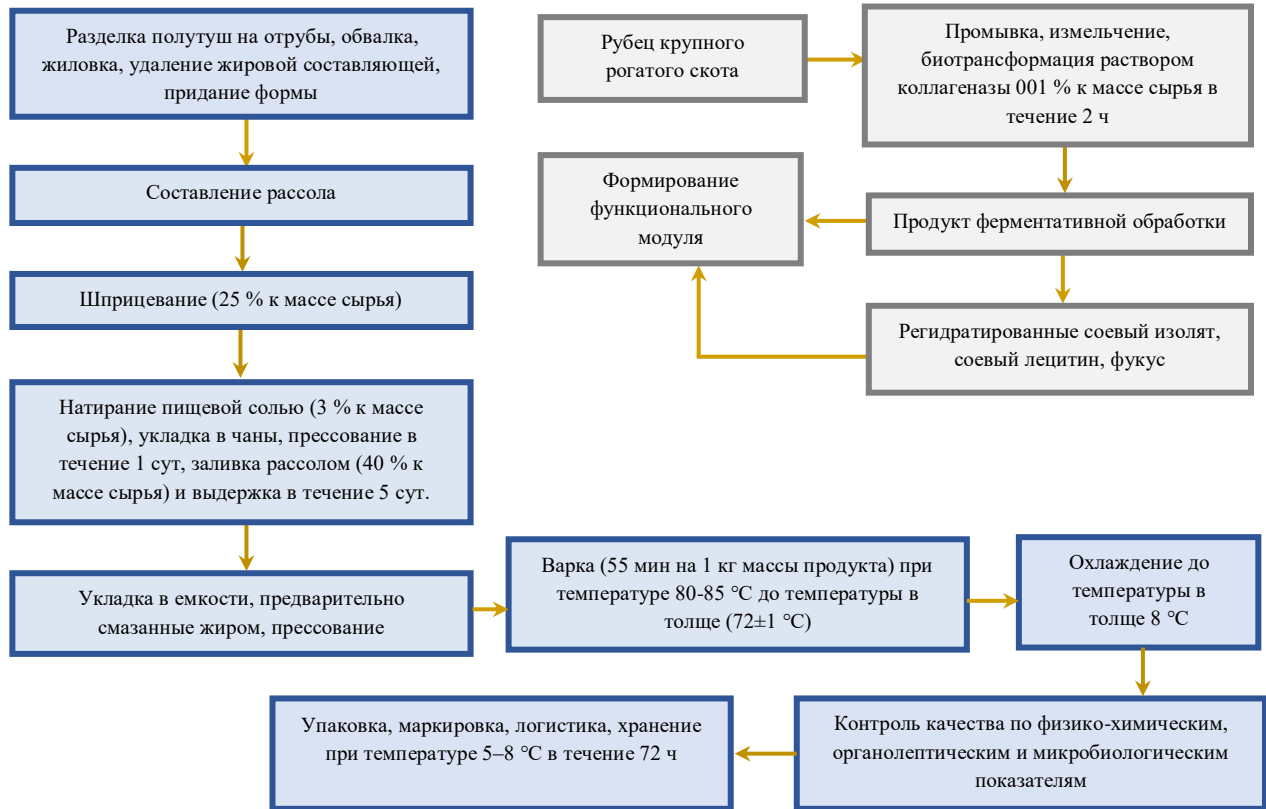


Рис. 46. Технологическая схема производства цельнокусковых продуктов из мяса с функциональным модулем

Рецептуры цельнокусковых продуктов из мяса представлены в таблице 42.

Таблица 42 – Рецептуры контрольного и опытных образцов цельнокусковых продуктов из мяса

Сырье, кг (г) на 100 кг несоленого сырья	Образы	
	контроль	опыт
Основное сырье		
Свинина п/ж	100	100
Вспомогательное сырье		
Функциональный модуль	–	15
Сахар-песок	100	100
Перец черный молотый	1	1
Перец душистый молотый	1	1

Таблица 43 – Основные характеристики рассолов для шприцевания мясного сырья

Показатели	Образец	
	контроль	опыт
Температура, °С	4	4
Плотность, г/см ³	1,086±0,03	1,110±0,03
Содержание нитрита натрия, %	0,05	0,05
рН	5,86±0,18	5,98±0,17

Из результатов таблицы 43 видно, что рН опытного рассола выше, чем контроля, на 2,1 %, что можно объяснить значением концентрации ионов водорода в ПФО (рубца ферментативной обработки).

Непосредственно после шприцевания были исследованы физико-химические показатели продуктов, данные представлены в таблице 44.

Таблица 44 – Основные качественные показатели мясных цельнокусковых изделий до термообработки

Показатели	Образцы	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	72,45±2,15	73,30±2,18
рН	5,66±0,17	5,79±0,16
Водосвязывающая способность, % к общей влаге	92,1±2,91	94,1±2,86
Содержание йода, мкг/100 г продукта	–	0,073±0,003

Результаты свидетельствуют, что опытный образец не уступал контрольному. Необходимо отметить, что при внесении в опытный рассол ФМ, значение ВСС мясного опытного изделия снизилось на 0,9 % по сравнению с контролем, что, по-нашему мнению, связано с уменьшением количества гидрофильных групп в функциональном модуле.

Выработанные цельнокусковые продукты из мяса по внешнему виду имели чистую, сухую поверхность, с ровно обрезанными краями, были перевязаны

шпагатом с двух сторон продольно и через каждые 5–8 см поперечно, с петлей для подвешивания. Напльвов, слипов, бульонных и жировых отеков не наблюдалось.

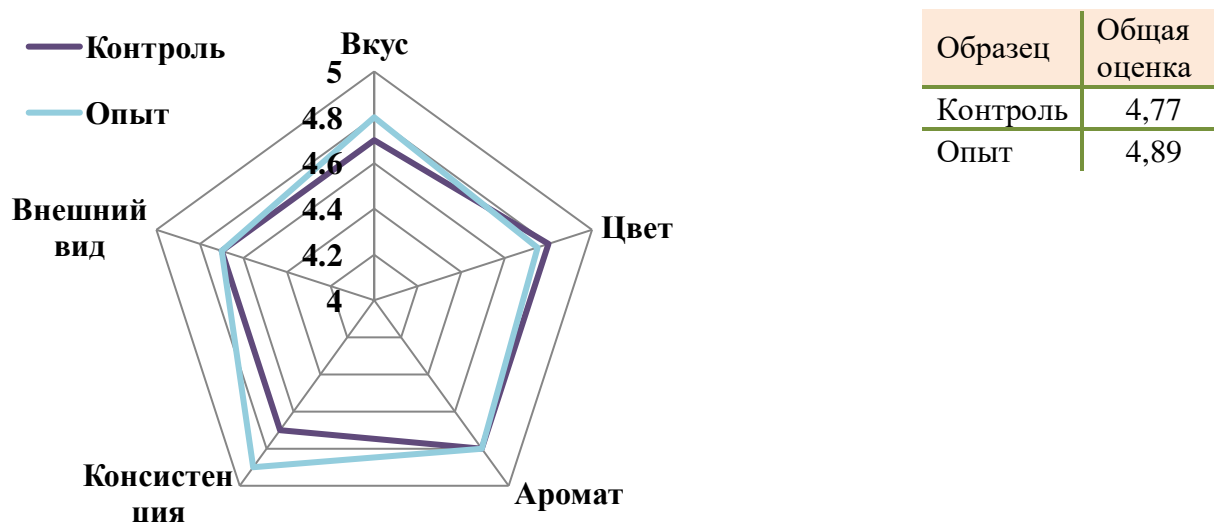


Рис. 47. Балльная оценка органолептических показателей цельнокусковых продуктов из мяса

Результаты рисунка 47 свидетельствуют о том, что опытный образец по органолептическим показателям не уступал контрольному изделию. Цвет на разрезе опытного изделия незначительно уступал контролю, возможно, вследствие введения дополнительных ингредиентов (ФМ), которые не позволили хромопротеинам мясного сырья вступить в реакцию с нитритом натрия. Дегустационная комиссия отметила, что опытный образец отличался более упругой консистенцией. Объяснение данному факту можно найти за счет участия фрагментов коллагеновых волокон в формировании каркаса готового изделия, в ячейках которого находились другие компоненты составной части функционального модуля, обладающие высокими функционально-технологическими свойствами, например, соевый изолят. Вероятно, именно это повлекло за собой образование лучшей консистенции опытного образца.

Цветовые характеристики опытного изделия практически не отличались от контрольного, поскольку замены мясного сырья, в связи с чем количество пигментообразующих не изменилось по сравнению с контролем.

Таблица 45 – Цветовые характеристики термообработанных цельнокусковых продуктов из свинины

Показатели	контроль	опыт
Содержание нитрозопигментов, %	44,1±2,3	41,7±2,3
Устойчивость окраски, %	56,9±2,1	56,6±2,1

Увеличение количества модифицированных волокон в опытном изделии способствовало незначительному повышению структурно-механических величин для него, что благоприятно отразилось на консистенции готового продукта и улучшении его органолептических свойств (рисунок 48).

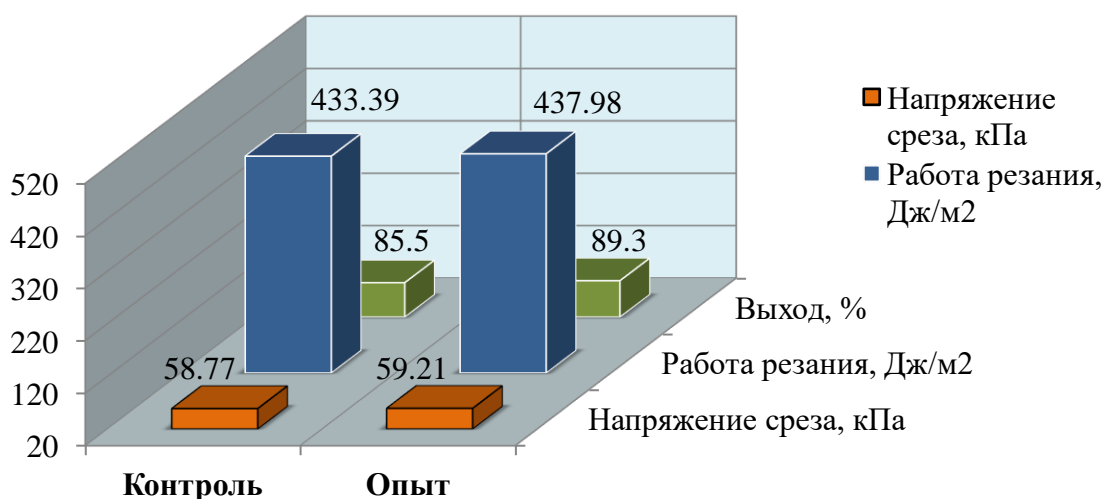


Рис. 48. Прочностные характеристики и выход цельнокусковых продуктов из свинины

Значения напряжения среза и работы резания цельнокускового продукта из мяса с ФМ на 0,5 и 5 % выше значений контрольного, что можно объяснить присутствием дополнительных структурообразующих элементов, таких как

коллагеновые волокна и соевый изолят. Введение функционального модуля способствовало увеличению выхода готовой продукции на 4 %, по сравнению с контрольным изделием, что влечет за собой экономическую выгоду его использования в технологии мясных изделий (рисунок 48).

Таблица 46 – Показатели цельнокусковых продуктов из мяса, регламентируемые нормативной документацией

Показатели	контроль	опыт
Содержание остаточного NaNO ₂ , мкг/100 г продукта	0,0033±0,0006	0,0035±0,0005
Активность воды	0,972±0,027	0,976±0,027
Содержание пищевой поваренной соли, %	2,78±0,12	2,59±0,12
Перокисное число, M _{экв} O ₂ /кг продукта	0,12±0,03	0,08±0,03
Тиобарбитуровое число, мгМДА/кг продукта	0,50±0,09	0,43±0,08
Микробиологические показатели		
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более 1*10³		
0 сут.	1,1*10 ²	1,0*10 ²
3 сут.	1,6*10 ²	1,2*10 ²
5 сут.	2,2*10 ³	2,3*10 ³
БГКП, не допускаются в 1,0 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в 0,01 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
S.aureus, не допускаются в 1,0 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы, не допускаются в 25 г		
0 сут.	не обнаружено	не обнаружено
3 сут.		
5 сут.		

Остаточное содержание нитрита натрия и пищевой поваренной соли во всех образцах незначительно отличались и не превышали допустимых значений (0,003 мкг/100 г продукта и 3 %, соответственно).

Микробиологические показатели контрольного и опытного образцов находились в пределах, регламентируемых ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», МУК 4.2.2747-10 Методы санитарно-паразитологической экспертизы мяса и мясной продукции [113].

Таблица 47 – Показатели пищевой ценности и переваримости *in vitro* цельнокусковых продуктов из свинины

Показатели	Наименование образца	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	67,80±2,32	68,30±2,73
Массовая доля белка, %	16,77±0,34	17,10±0,56
Массовая доля жира, %	12,40±0,65	10,40±0,12
Массовая доля золы, %	3,03±0,12	3,50±0,17
Массовая доля углеводов*, %	следы	0,70±0,13
Содержание йода, мкг/100г сухого вещества	следы	0,70±0,02
Калорийность, ккал/100 г продукта	177,78±5,24	164,80±1
Переваримость « <i>in vitro</i> », мг тирозина/100 г белка, общее	14,77±0,15	14,43±0,14
Ферменты	пепсином	4,85±0,10
	трипсином	9,92±0,10

Результаты таблицы 47 позволяют сделать вывод о том, что по содержанию белка опытный образец превосходил контроль на 2 %. Количество соединительнотканых белков, % к общему белку для контроля – 30,15 ±1,11, для опыта – 33,85±1,11; в пересчете на коллаген: в контроле – 26,86±1,08, для опыта – 30,02±1,11.

Уменьшение содержания жира в опытном образце можно объяснить образованием водно-жировой эмульсии в каркасе готового изделия. Наличие углеводов в мясном образце ФМ можно объяснить наличием углеводов в БЖК.

Общая калорийность при этом практически в опытном изделии снизилась на 8 %, что связано преимущественно с меньшим содержанием жира в образце.

Следует обратить внимание на факт обогащения опытного цельнокускового продукта из свинины йодом в органической форме в количестве 0,058 мкг/100 г продукта. Потери этого микронутриента по сравнению с его содержанием в мясном продукте до термообработки составили 35 %, что подтверждает предположение о сохранности изучаемого микронутриента под воздействием высоких температур в процессе термической обработки.

Методом «in vitro» мясных продуктов установлено снижение общего значения анализируемого показателя для опытного образца по сравнению с контрольным на 3,2 %, что объясняется присутствием аналогов пищевых волокон в опытном мясном продукте.

Существенное значение для нормальной жизнедеятельности организма человека имеет количество поступающего с пищей белка, и особенно его качество, характеризующееся тем, насколько белок богат незаменимыми для человеческого организма аминокислотами, в какой степени их содержание приближается к оптимальному соотношению, рекомендованному комитетом ФАО/ВОЗ. Содержание незаменимых аминокислот в контрольном и опытном образцах изделий представлены в таблице 48.

Таблица 48 – Содержание незаменимых аминокислот в суммарном белке мясных продуктов, г/100 г белка

Незаменимые аминокислоты	Содержание, г/100 г белка, в		Данные ФАО/ВОЗ, г/100 г белка
	контроле	опыте	
Изолейцин	5,08±0,15	5,72±0,18	4,00
Лейцин	7,72±0,23	7,88±0,23	7,00
Лизин	7,52±0,22	6,89±0,20	5,50
Метионин+ Цистин	3,57±0,11	3,54±0,10	3,50
Фенилаланин+ Тирозин	7,32±0,21	6,94±0,20	6,0
Треонин	4,38±0,10	4,18±0,09	4,0
Триптофан	1,44±0,03	1,02±0,03	1,0
Валин	5,74±0,17	5,84±0,17	5,0
ΣНАК	42,77	42,01	36,00

Из представленных данных таблицы 46 следует, что содержание незаменимых аминокислот в опытном образце практически не отличалось от контрольного образца, но все же было ниже на 0,7 единиц.

В таблице 49 приведены результаты жирнокислотного анализа образцов цельнокусковых продуктов из мяса.

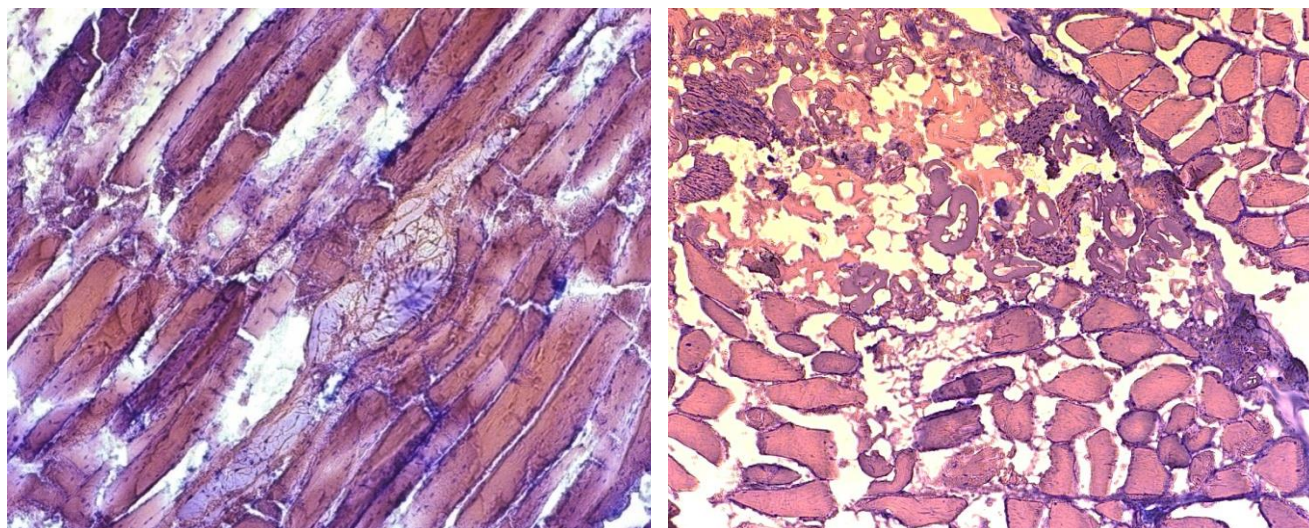
Таблица 49 – Жирнокислотный состав контрольного и опытного образцов цельнокусковых продуктов из свинины

Жирные кислоты	Содержание жирных кислот (% к общему количеству)	
	контроль	опыт
ΣНасыщенных	36,83	34,38
ΣМононенасыщенных	49,23	46,18
ΣПолиненасыщенных	13,89	19,12
в том числе:		
линолевая	10,98	15,13
линоленовая	2,85	3,94
арахидоновая	0,06	0,05

Содержание жирных кислот в опытном образце значительно выше, вследствие обогащения мясного продукта ФМ, в состав которого входит соевый лецитин – источник жирных кислот. Так, содержание пальмитиновой кислоты в жире опытного изделия увеличилось на 1,8 %, миристиновой и стеариновой понизилось на 0,33 и 1,33 %, соответственно. Содержание олеиновой кислоты в опытном изделии увеличилось в 1,08 раза, а пальмитолеиновой и линолевой – в 1,6 и 1,13 раз, соответственно. Содержание линоленовой кислоты наблюдалось только в опытном образце. По результатам представленных данным о жирнокислотном составе, можно с уверенностью говорить об обогащении мясного продукта с ФМ полиненасыщенными жирными кислотами.

Равномерность распределения посолочной смеси в готовом изделии, а также подтверждения участия компонентов функционального модуля (фрагменты коллагеновых волокон) были проведены микроструктурные исследования готовых изделий (рисунок 49). В контрольном и опытном образцах мясных продуктов присутствовала почти исключительно мышечная ткань с небольшим количеством фрагментов жировой и соединительной тканей, входящих в состав мышечного каркаса. В них обнаруживаются компоненты эндомизия и более грубые волокнистые прослойки перимизия, а также некоторое количество жировых клеток. Целостность клеточных мембран клеток мышечной и соединительной тканей вне зоны фрагментации основном сохраняется.

В опытном образце обнаруживается локальное присутствие соевого изолированного белка, мелких частиц тканей рубца и повышенное количество продуктов распада мышечной ткани, особенно в зонах инъекции. В целом, контрольный и опытный образцы незначительно отличаются.



а) контрольный образец

б) опытный образец

Рис. 49. Микроструктура цельнокусковых продуктов из мяса. Ув. Об. 10х

В опытном образце обнаружены локальное присутствие соевого изолированного белка, мелких частиц тканей модифицированного рубца и повышенное количество продуктов распада мышечной ткани, особенно в зонах инъекции. В целом, контрольный и опытный образцы незначительно отличались.

Также был проведен расчет экономической эффективности внедрения разработанной рецептуры цельнокускового продукта из свинины с использованием функционального модуля, прибыль составила 5,9 тыс. руб. на 1 тонну продукции в результате увеличения выхода (Приложение 5).

6.3 Изучение разработанных мясных продуктов с помощью испытаний «in vivo» на белых мышах

С целью подтверждения повышения биологической ценности мясных продуктов с ФМ, в условиях экспериментально-биологической лаборатории ФБУН Московский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Г.Н. Габричевского Роспотребнадзора, были проведены исследования «in vivo» на растущих белых мышах.

Изучение биологической ценности мясных продуктов проводили путем расчета коэффициента эффективности белка ростовым методом, основанным на оценке скорости роста лабораторных животных.

Эксперименты проводили на лабораторных белых мышах линии SNK (сертификат на животных представлен в Приложении), которые делили на группы по половому признаку случайным образом. Количество особей в каждой группе составляло 11. Длительность эксперимента составляла 21 дн. В ходе исследований учитывались индивидуальные показатели поедаемости корма, внешний вид, поведение и физическое состояние лабораторных животных, определяли прирост, длину тела и хвоста каждой особи.

Для проведения испытаний использовали 4 группы животных, 2 контрольных и 2 опытных. Контрольные группы кормили готовыми мясными продуктами, полученными без введения функционального модуля. Животные опытных групп получали образцы мясных продуктов с функциональным модулем. Следует отметить, что рацион корма всех животных состоял из выработанных мясных продуктов и комбикорма, содержащего сбалансированный состав компонентов (Сертификат на комбикорм представлен в Приложении). Таким образом ежедневный рацион белых мышей был смешанным и содержал в своем составе половину мясного продукта. Воду и корм животные получали без ограничений (рисунок 50–51).

Для испытаний использовали следующие образцы:

Контроль 1 – вареная колбаса без ФМ;

Опыт 1 – вареная колбаса с ФМ;

Контроль 2 – цельнокусковой продукт из свинины без ФМ;

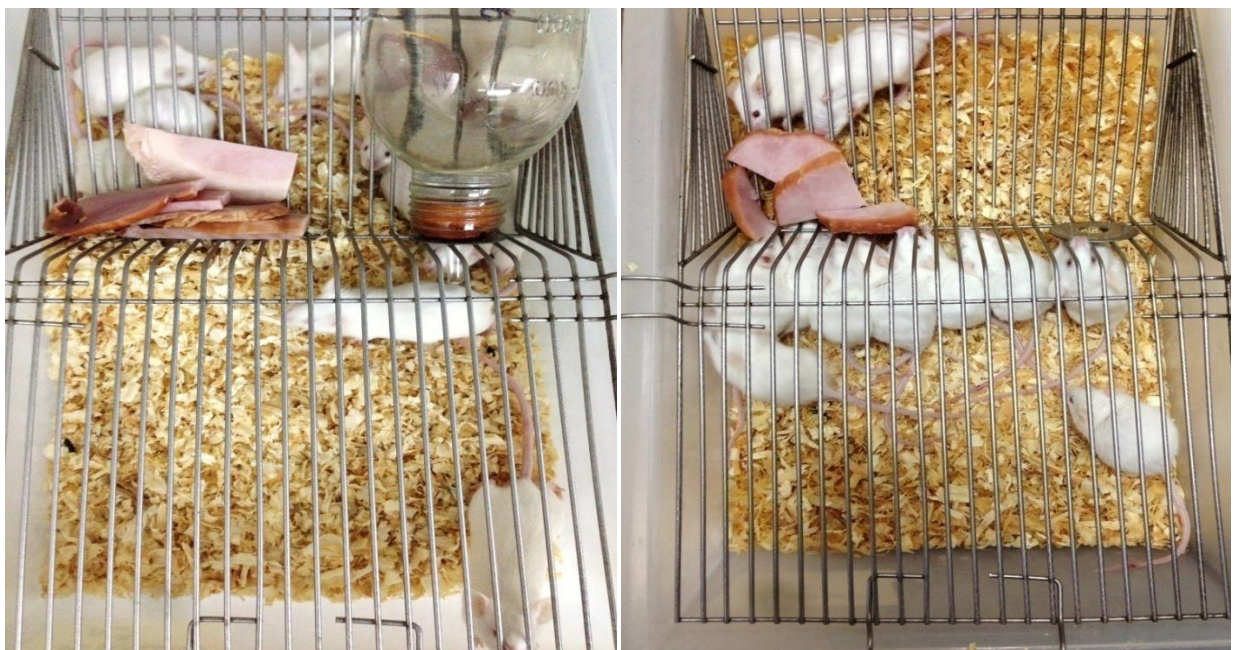
Опыт 2 – цельнокусковой продукт из свинины с ФМ.



А) контроль

Б) опыт

Рис. 50. Процесс кормления белых мышей колбасными изделиями



А) контроль

Б) опыт

Рис. 51. Процесс кормления белых мышей цельнокусковыми продуктами из

мяса

Результаты наблюдений за белыми мышами в разные периоды эксперимента приведены в таблице 50.

На протяжении всего эксперимента мыши всех групп росли нормально. Массу тела и другие исследуемые показатели определяли раз в 7 дней.

По окончании эксперимента среднее значение массы животных опытных групп оказалось достоверно выше, чем у животных, получавших контрольные образцы.

Общий прирост массы тела на каждую группу лабораторных животных составил:

Контроль 1 – 140 г;

Опыт 1 – 165 г;

Контроль 2 – 140 г;

Опыт 2 – 154 г.

Различия между группами были достоверны ($p < 0,05$) согласно t критерию Стьюдента.

Таблица 50 – Основные характеристики лабораторных животных в период эксперимента

Период	Контроль 1	Опыт 1	Контроль 2	Опыт 2	Примечание
0 дн	Общий вес – 284г Длина тела – 7,3±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Общий вес - 274г Длина тела - 7,3±0,5см Длина хвоста - 7,8±0,2см	Общий вес – 273г Длина тела – 7,3±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Общий вес – 271г Длина тела - 7,3±0,5см Длина хвоста - 7,8±0,2см	Животные активные, по внешним признакам поведения стандартное, характерное для данных особей.
7 дн	Общий вес – 288г Длина тела – 7,4±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Общий вес – 253г Длина тела – 7,3±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Общий вес – 275г Длина тела – 7,3±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Общий вес – 242г Длина тела – 7,3±0,5см Длина хвоста – 7,8±0,2см	Животные активные, по внешним признакам проявляли стандартное поведение. На новый корм реагировали осторожно. При этом, контрольные образцы поедали больше, чем опытные.
14 дн	Общий вес – 353г Длина тела – 8,0±0,5см Длина хвоста – 8,2±0,2см	Общий вес – 344г Длина тела – 8,2±0,5см Длина хвоста – 8,3±0,2см	Общий вес – 344г Длина тела – 8,1±0,5см Длина хвоста – 8,2±0,2см	Общий вес – 338г Длина тела – 8,2±0,5см Длина хвоста – 8,4±0,2см	Животные активные, по внешним признакам проявляли стандартное поведение. Явное прибавление в весе. Внешние признаки негативного воздействия отсутствовали. Опытные образцы поедали активнее, чем в первую неделю, на комбикорм практически не реагировали.
21 дн	Общий вес – 424г Длина тела – 8,3±0,5см Длина хвоста – 8,9±0,2см	Общий вес – 439г Длина тела – 8,5±0,5см Длина хвоста – 9,1±0,2см	Общий вес – 413г Длина тела – 8,3±0,5см Длина хвоста – 8,9±0,2см	Общий вес – 425г Длина тела – 8,8±0,5см Длина хвоста – 9,3±0,2см	Животные активные, внешние признаки негативного воздействия отсутствовали. Было замечено явное визуальное прибавление в весе. Опытные образцы поедали очень активно, комбикорм мало. На мясные продукты реагировали после внесения.

Коэффициент эффективности белка (КЭБ) определяли по приросту массы тела лабораторных животных в граммах на 1 г потребленного ими ключевого ингредиента (таблица 51).

Таблица 51 – Коэффициенты эффективности белка мясных продуктов

Образцы	Значение
Контроль 1	0,41
Опыт 1	0,55
Контроль 2	0,40
Опыт 2	0,56

Как свидетельствуют результаты сравнительного определения прироста массы тела животных, получавших тестируемые объекты, отношение коэффициентов эффективности КЭБ образца/ КЭБ контроля, рассчитанное на основе этих данных, составило 1,32 в течение всего периода проведения эксперимента. Данный факт свидетельствует о том, что эффективность утилизированного животными ключевого ингредиента опытных мясных продуктов в плане влияния на ростовые показатели составляет более 120 % от эффективности утилизации контрольных изделий.

Результаты проведенных исследований позволяют утверждать, что введение разработанных ФМ в рецептуры мясных продуктов повышают их биологическую ценность, что подтверждается заключением ФБУН МНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского (Приложение 4).

6.4 Разработка технологии и комплексное исследование рубленых полуфабрикатов с функциональным модулем

Для составления рецептуры рубленых полуфабрикатов использовали кусковое бескостное мясо индейки с кожей красное и белое.

Функциональный модуль в вводили в рецептуру полуфабрикатов в количестве 15 %. рН используемого мясного сырья (мясо индейки кусковое бескостное с кожей (белое и красное)) составлял $6,08 \pm 0,04$. В качестве контроля использовали рецептуру рубленых полуфабрикатов «Классические» без ФМ.

Рецептуры контрольного и опытного изделия представлены в таблице 52, технологическая схема на рисунке 52.

Таблица 52 – Рецептуры контрольного и опытного образцов рубленых полуфабрикатов

Наименование компонента	Массовая доля компонента в продукте, г на 100 г продукта	
	контроль	опыт
Мясо индейки кусковое бескостное с кожей (белое и красное)	73,6	62,6
Функциональный модуль	–	11
Меланж яичный	15,0	15,0
Масло льняное	5,0	5,0
Мука пшеничная	5,0	5,0
Соль пищевая	1,0	1,0
Перец черный молотый	0,2	0,2
Перец душистый молотый	0,2	0,2
Сухари панировочные	4,0	4,0

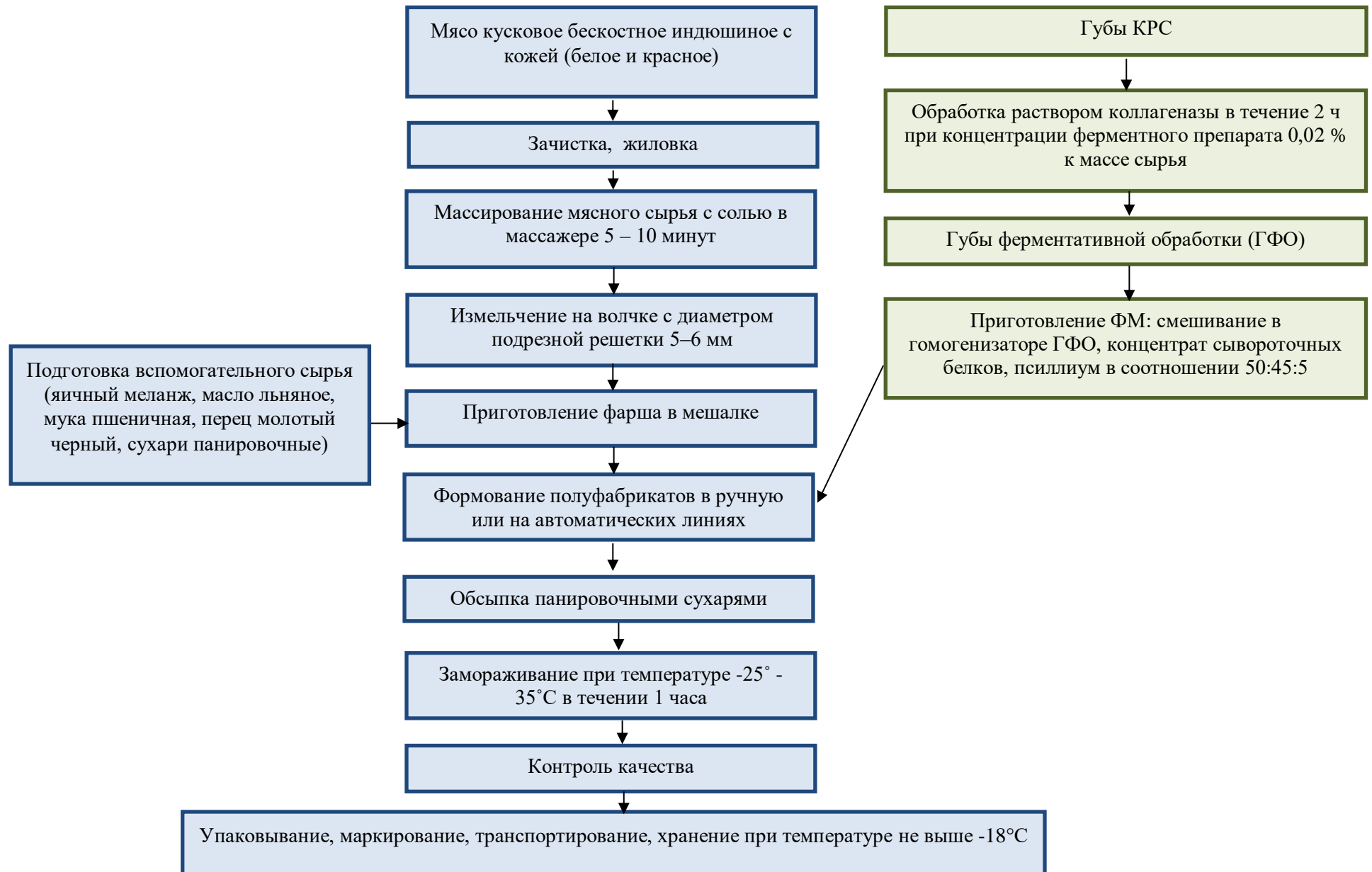


Рис. 52. Технологическая схема производства рубленых полуфабрикатов

Перед составлением рецептурной композиции компоненты фарша массировали с солью в массажере в течение 5–10 мин, а затем измельчали на волчке с диаметром подрезной решетки 5–6 мм. Фарш составляли в мешалке, согласно рецептурам вводили измельченное мясо, яичный меланж, масло льняное, муку пшеничную. Приготовленный фарш направляли на подмораживание. Температура фарша перед формовкой была минус $2\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Таблица 53 – Показатели пищевой ценности рубленых полуфабрикатов

Показатели	Контроль	Опыт
Массовая доля белка, %	13,08±0,39	14,90±0,44
Массовая доля жира, %	10,00±0,30	6,84±0,22
Переваримость белков «in vitro», мг тирозина/100 г белка, пепсином	5,84±0,17	5,63±0,17
трипсином	9,93±0,29	9,15±0,27
общая	15,77±0,46	14,78±0,44

Результаты таблицы 53 свидетельствуют, что по содержанию белка опытный образец превосходил контроль на 13 %. Необходимо отметить, что количество соединительнотканых белков, % к общему белку для контроля составил $34,21\pm 1,13$, а для опыта – $40,33\pm 1,19$; причем на долю коллагена приходилось: $31,51\pm 1,08$ и $37,69\pm 1,11$, соответственно.

Уменьшение содержания жира в опытном образце можно объяснить 15 %-ой заменой мясного сырья на ФМ. Общая калорийность при этом практически не изменилась, однако в опытном образце она увеличилась на 2,3 %.

Наибольшей доступностью действию пищеварительных ферментов характеризовался контрольный образец. Установлено, что в контроле переваримость белков выше на 6,3 %. Наличие в составе полуфабриката псиллиума, который является по своей природе растворимым пищевым волокном, а также, модифицированного коллагена, который проявляет свойства пищевых

волокон, также положительно сказывается на работе желудочно-кишечного тракта (рисунок 53).

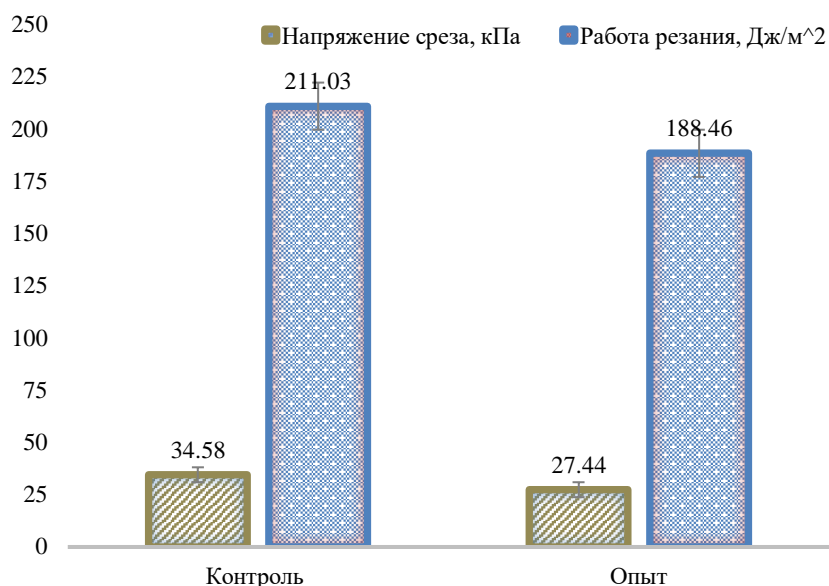


Рис. 53. Структурно-механические характеристики рубленых полуфабрикатов

Опытные образцы отличались пониженными, по сравнению с контрольными, значениями напряжения среза и работы резания, что связано с содержанием в их составе ГФО и концентрата сывороточного белка, которые прочно связывают влагу. Данный положительный аспект снижения реологических характеристик заключается в облегчении кусаемости и разжевывания – сенсорные характеристики для осуществления дальнейшего пережевывания продукта.

Результаты органолептической оценки представлены на рисунке 54.

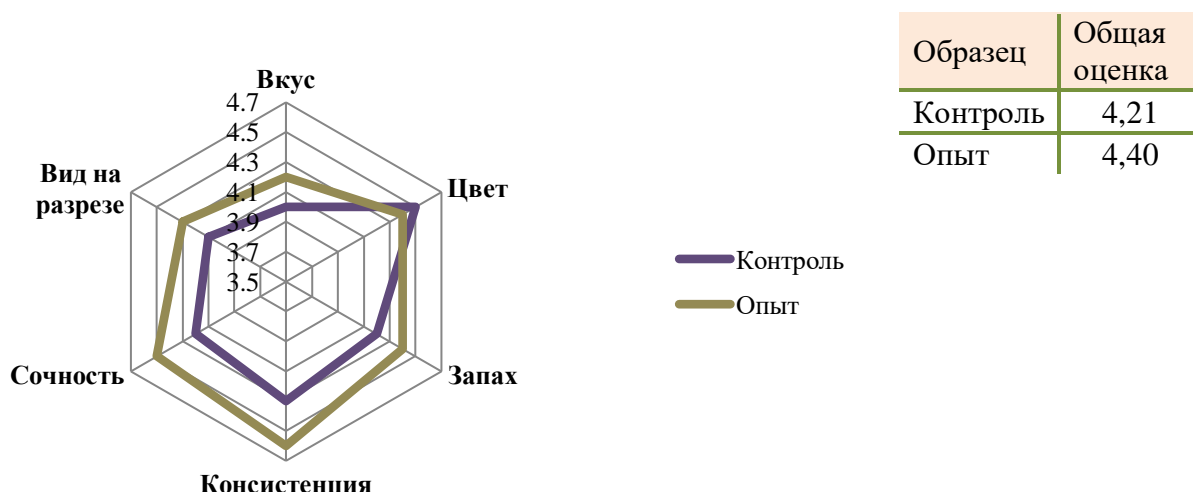


Рис. 54. Результаты органолептической оценки полуфабрикатов

Не смотря на высокую органолептическую оценку опытных рубленых полуфабрикатов, такие показатели, как цвет и запах оказались ниже по сравнению с контролем. Низкая оценка цвета на срезе опытного образца объясняется недостаточным количеством пигментообразующих веществ, за счет использования мяса птицы, а мы знаем, что белок мяса птицы не взаимодействует с нитритом натрия.

Для оценки влияния функционального модуля на развитие микроорганизмов при хранении готовых рубленых полуфабрикатов в течение 3-х сут, были проведены исследования по определению микробиологических показателей.

Результаты, представленные в таблице 54, наглядно подтверждают тот факт, что микробиологические показатели контрольного и опытного образцов находятся в пределах, регламентируемых ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», и Приложением 2 к МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [99] и могут быть использованы в качестве продукта питания.

Таблица 54 – Микробиологические показатели рубленых полуфабрикатов в процессе хранения

Характеристика	КМАФАнМ КОЕ/г, не более	БГКП (колиформы)	Сульфитред уцирующие клубридии	S.aureus	Патогенные , в т.ч. сальмонелл ы
Сроки хранения, сут.	контроль				
0	1,1*10 ²	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
1	1,3*10 ²				
2	1,7*10 ²				
3	2,8*10 ³				
Сроки хранения, сут.	опыт				
0	1,1*10 ²	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
1	1,2*10 ²				
2	1,4*10 ²				
3	2,3*10 ³				

Результаты проведенных исследований доказывают, что использование разработанного ФМ в рецептуре рубленых полуфабрикатов дает возможность получить продукт с пониженным содержанием жира, без снижения органолептических показателей, таких как вкус и консистенция продукта.

6.5 Разработка технологии и комплексное исследование консервов с функциональным модулем

Паштеты представляют собой калорийный гомогенизированный продукт, с преимущественным содержанием мясных ингредиентов. Нежная консистенция достигается специальными способами обработки сырья и подбором ингредиентов рецептуры. Паштеты, расфасованные в оптимально удобную упаковку, пользуются большим спросом у населения и считаются деликатесным продуктом.

В настоящее время существует проблема повышения пищевой ценности мясных паштетов, поэтому это достигается за счет добавления в рецептуру отварной моркови в количестве 20 % и молочного белка в количестве 20 %. При этом улучшаются внешний вид, вкус, консистенция паштетов. Выход готового продукта, вырабатываемого по предлагаемой рецептуре, в среднем на 7 % превышал выход паштета, выработанный по традиционной рецептуре.

Исследования проводилась на образцах, изготовленных согласно представленной технологической схеме (рисунок 55).

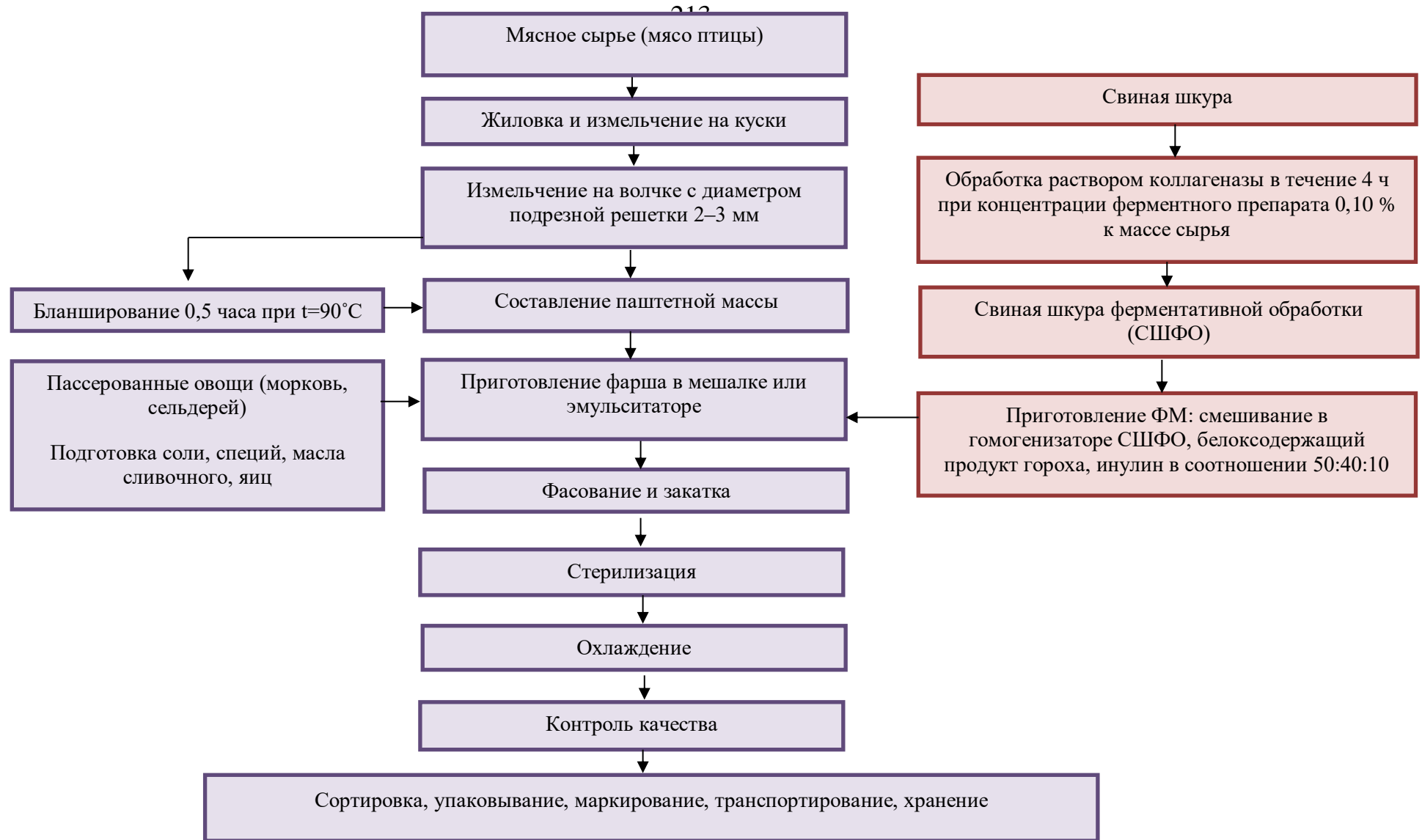


Рис. 55. Технологическая схема производства паштетов из мяса птицы с функциональным модулем

Предварительно подготовленное мясное сырье (бланшированное) измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм, а затем составляли паштетную массу в куттере в течение 6–8 мин до получения однородной мазеобразной массы. Первоначально загружали грубое сырье, затем более мягкое и чешуйчатый лед в количестве 5 % от массы основного мясного сырья. Впоследствии добавляли овощи, специи, бульон. Для придания пищевой системе более мягкой консистенции полученную массу пропускали через коллоидную мельницу или эмульсатор. Количество пищевой соли израсходованное при предварительном посоле сырья, используется в соответствии с рецептурой [7, 134].

По окончании процесса перемешивания паштетная масса поступает в промежуточную емкость, а затем через магнитную ловушку в приемный бункер измельчителя (дезинтегратор или коллоидная мельница и др.), где измельчается до размера частиц 3,0 мм для крупноизмельченных и 1,5 мм для пюреобразных консервов. Консервную массу для гомогенизированных консервов измельчают до размера частиц 0,1–0,3 мм на оборудовании для тонкого измельчения (коллоидная мельница, сдвоенный дезинтегратор) и пропускают далее через гомогенизатор.

Измельченную массу деаэрировали при глубине вакуума 0,08 МПа. После этого массу подогревают до температуры $(82,5 \pm 2,5)$ °С и подавали в бункер установки для дозирования и укупоривания банок.

Допускается изготовление консервов без процесса деаэрации, а также осуществления процесса подогрева в автоклаве после укупорки консервов.

Банки и крышки подготавливали в соответствии с «Инструкцией по подготовке, наполнению и укупорке консервной тары», «Санитарно-гигиеническими требованиями к производству продуктов на мясной основе для питания детей раннего возраста», «Инструкцией о порядке санитарно-технического контроля консервов на производственных предприятиях, оптовых базах, в розничной торговле и на предприятиях общественного питания», утвержденными в установленном порядке.

Горячую консервную массу фасовали с помощью автоматических наполнителей в металлические или стеклянные банки и укупоривали крышками, разрешенными к применению органами Роспотребнадзора [7].

Наполненные металлические и стеклянные банки герметично закупоривали на вакуум-закаточной машине, моют и направляли в стерилизатор. Не допускается разрыв между укупориванием банок и их стерилизацией свыше 30 мин.

Стерилизацию консервированных паштетов проводили в автоклавах. Температуру и давление в автоклаве повышали в течение периода времени, указанного в формуле стерилизации, а затем охлаждают с целью предупреждения образования подтеков.

Укупоренные банки стерилизовали в аппаратах периодического действия, руководствуясь инструкцией по стерилизации консервов, утвержденной в установленном порядке [7].

Стерилизацию проводили по режимам, указанным в таблице 55.

Таблица 55 – Режимы стерилизации паштетов

№ банки	Продолжительность, мин	Температура, °С	Противодавление, МПа
3	20–45–20	120	0,19–0,23
4	15–45–15	105–134	0,20–0,22

При отсутствии подогрева консервной массы режим собственно стерилизации увеличивается на 3–5 мин.

Противодавление в автоклаве должно поддерживали на постоянном уровне от начала процесса собственно стерилизации до окончания процесса охлаждения.

Консервы охлаждали холодной водой до температуры $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$, выгружают из стерилизатора, моют и подсушивают. Банки подвергались сортировке в

соответствии с инструкцией по сортировке и использованию консервов с производственными дефектами.

В качестве контроля использовали рецептуру паштета «Куриный», в отличие от разработанной технологии рубленых полуфабрикатов, в опытный образец вносили только 10 % ФМ от мясного сырья, это связано с тем, что при производстве паштетов в процессе куттерования происходит некоторая аэрация фарша и образуются поры. Однако, инулин обеспечивает повышение стабильности фарша, но под действием высоких температур образует гелевые капсулы в этих порах, что может привести к обратному эффекту – нарушению структуры готового продукта.

В качестве компонента для коррекции аминокислотного состава продукта использовали в составе функционального модуля белоксодержащие продукты гороха. При выборе белоксодержащих продуктов гороха исследовали следующие образцы: Nutralys S85F, Nutralys S85M, Nutralys S85 Plus N, Yantai, Nutralys T70S, Nutralys TP65M (таблица 56).

Таблица 56 – Свойства исследуемых образцов белоксодержащих продуктов гороха

Определяемый показатель	Единицы измерения	Образцы					
		Nutralys S85F	Nutralys F85M	Nutralys F85 Plus N	Yantai	Nutralys T70S	Nutralys TP65M
Массовая доля белка	г/ 100 г	83,2 ±1,12	84,2 ±1,21	82,7 ±1,38	83,3 ±1,34	74,1 ±1,24	65,2 ±1,22
Водоудерживающая способность	г/ г	1,5±0,5	1,64±0,5	1,3±0,5	1,2±0,4	1,4±0,5	1,2±0,4
Жироудерживающая способность	г/ г	1,8±0,5	2,0±0,4	1,5±0,5	1,6±0,5	1,68±0,5	1,5±0,6
Эмульгирующая способность	%	52,0±1,5	52,2±1,5	46,0±1,2	55,0±1,5	41,0±1,8	42,0±1,3
Пенообразующая способность	%	78,0±2,5	74,5±2,5	87,0±1,5	75,0±1,5	67,0±0,5	67,0±1,5
Стабильность пены	%	32,0±1,5	33,0±1,5	50,0±1,5	60,0±2,5	10,0±1,5	5,0±0,5
Гелеобразование, холодное	г/ 100 мл воды	15,0±0,5	17,0±1,5	17,0±0,5	12,0±1,5	15,0±1,5	11,0±1,5

Продолжение таблицы 56

Гелеобразование, горячее	г/ 100 мл воды	16,0±1,5	18,0±0,5	18,0±1,5	15,0±0,5	17,0±0,5	13,0±1,5
Растворимость, при t=20 °С	%	51,0±0,5	50,0±0,5	65,0±1,5	61,0±1,5	60,0±0,5	65,0±1,5
Растворимость, при t=72 °С	%	69,0±0,5	64,0±1,5	87,0±1,5	89,0±3,5	81,0±1,5	79,0±2,5
PDI (по щелочи)	%	89,0±3,5	90,0±1,5	93,0±1,5	99,0±3,5	85,0±1,5	73,0±3,5

Результаты изучения функционально-технологических свойств образцов гороховых изолятов свидетельствуют о высоких значениях таких показателей как водо-, жирудерживающая и эмульгирующая способности. Считаем, что данное обстоятельство благотворно может сказаться на структурно-механических показателях продуктов, вырабатываемых с изолятами гороха, а также, в частности, на выходе готовых изделиях, что влечет улучшение экономических показателей предприятия.

При этом у первых двух образцов зафиксированы самые высокие значения исследуемых показателей, что подтверждается результатами электрофореза. Легумин и вицилин в различных сочетаниях формируют гель хорошего качества.

Аминокислотный состав всех перечисленных образцов характеризовался наибольшим содержанием аспарагина, лейцина, лизина, что доказывает принадлежность образцов к семейству бобовых (таблица 57).

Таблица 57 – Содержание свободных аминокислот в изолятах гороха (%)

Группа аминокислот	Наименование изолята гороха					
	Nutralys S85F	Nutralys S85M	Nutralys S85 Plus N	Yantai	Nutralys T70S	Nutralys TP65M
Нейтральные	18,2±0,1	18,3±0,3	18,1±0,2	20,3±0,1	16,3±0,3	18,3±0,2
Основные	7,9±0,1	7,9±0,1	7,8±0,1	7,9±0,1	7,3±0,2	7,9±0,1
Кислые	21,2±0,2	21,3±0,1	21,5±0,2	21,8±0,2	18,3±0,3	16,6±0,3
Ароматические	2,9±0,1	3,1±0,3	3,1±0,1	3,8±0,1	2,5±0,1	1,7±0,1
Гетероциклические	19,8±0,8	19,8±0,2	19,8±0,1	19,5±0,2	18,1±0,2	20,1±0,2

Белковый профиль коммерческих изолятов был проанализирован электрофоретически (рисунок 56). SDS-PAGE выполняли с использованием устройства для электрофореза Bio-Rad Mini-Protean (Bio-Rad Laboratories, США).

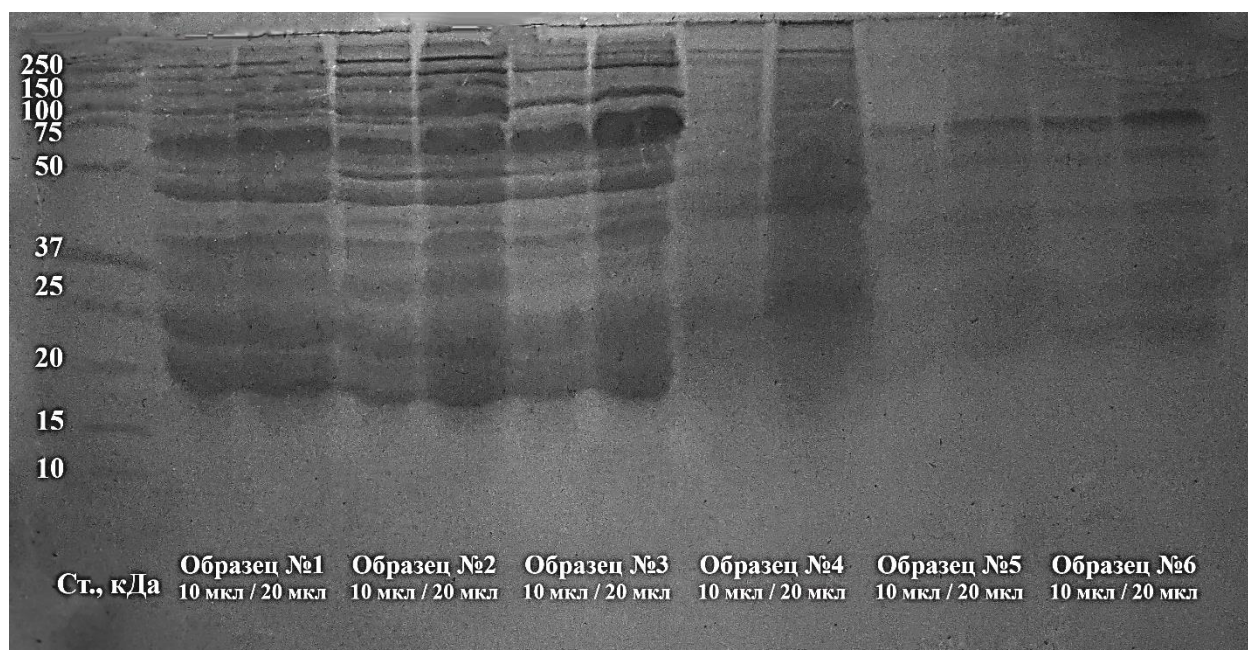


Рис. 56. Электрофореграмма (SDS PAGE) образцов изолятов горохового белка

Условные обозначения:

Ст., кДа – стандартный белковый маркер (10–250 кДа), Образец №1 – NUTRALYS F85M, Образец №2 – NUTRALYS S85F, Образец №3 – Yantai, Образец №4 – NUTRALYS S85 Plus N, Образец №5 – NUTRALYS T70S, Образец №6 – NUTRALYS TP65M.

По результатам проведенного электрофоретического исследования предоставленных образцов изолятов горохового белка и представленного на рисунке 56 было выявлено наличие широкого спектра белков, характерных для растительных изолятов, например нута. Во всех представленных коммерческих образцах практически отсутствовали белки с молекулярной массой менее 20 кДа. В первых 4 образцах отмечены наиболее насыщенные линии белковых полипептидов, в отличие от образцов №5 и №6, где белковый профиль несколько обеднен. Это можно объяснить либо фактическим дефицитом белка в данных образцах, либо недостаточной экстракцией на этапе пробоподготовки.

Все коммерческие изоляты (образцы с 1 по 4 более насыщенно) показали линии в диапазоне от 20–25 до 38–43 кДа, характерные для легумина, гексамерного белка, который диссоциирует на два субъединичных пептида (кислый 38–40 кДа и основной 19–22 кДа), когда разрываются S–S связи.

Две из наиболее интенсивных полос, наблюдаемых для всех изолятов, имели $MW \approx 50$ и 70 кДа, вероятно, представляющие вицилин. В образце №4 линия на уровне 70 кДа была не выраженной. Вицилин – трехкомпонентный белок, состоящий из трех гетерогенных субъединиц 71, 50 и 33 кДа.

В образцах №1–3 представлены интенсивные линии на уровне 75 кДа, соответствующие, по-видимому, конвицилину, отсутствующие в спектрах образцов NUTRALYS S85 Plus N, NUTRALYS T70S, NUTRALYS TP65M.

Таким образом, исследованы электрофоретические спектры белков изолята гороха, в единицах относительной подвижности описан состав спектров реперных компонентов коммерческих изолятов, необходимый для идентификации биохимических маркеров. Нами были отмечены незначительные различия между электрофоретическими профилями шести коммерческих изолятов (рисунок 57). На электрофоретических спектрах определена локализация важного белка гороха – конвицилина. Следует также обратить внимание на факт отсутствия окрашенной линии полипептида вицилина на уровне 70 кДа в образце №4, которое несколько меняет соотношение легумина и вицилина в данном изоляте.

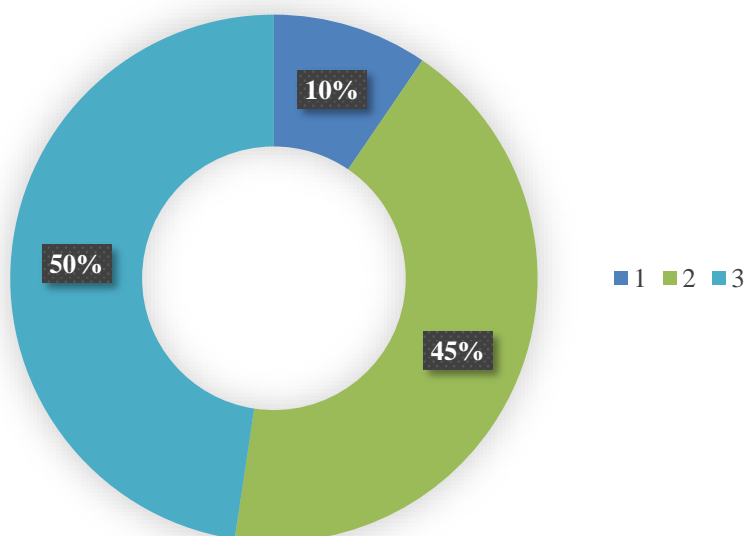


Рис. 57. Интенсивность полос SDS-электрофореза, которые можно отнести к белкам, присутствующим в изоляте гороха, 1 – конвицилин, 2 – легумин, 3 – вицилин

Соотношение легумин : вицилин зависит от генотипа гороха и является вариативным. Представленные результаты свидетельствуют о том, что образец Yantai в меньшей степени содержит экстрактивные вещества, формирующие запах гороха, что благоприятно скажется на органолептике готового продукта. Данный ингредиент использовала для дальнейших исследований.

Рецептуры контрольного и опытного изделий представлены в таблице 58.

Таблица 58 – Рецептуры контрольного и опытного изделия

Наименование компонента	Массовая доля компонента в продукте, г на 100 г продукта	
	контроль	опыт
Мясо птицы	50	40
Субпродукты	10	10
Масло сливочное	10	10
Функциональный модуль	–	5
Меланж	1	1
Крахмал картофельный пищевой	5	5
Соль пищевая	1,25	1,25
Морковь бланшированная	6	6
Сельдерей бланшированный	2	2
Бульон	15	15
Перец черный молотый	0,03	0,03
Мускатный орех молотый	0,02	0,02

Непосредственно после составления паштетного фарша были определены физико-химические показатели фарша, данные которых представлены в таблице 59.

Таблица 59 – Функционально-технологические свойства паштетного фарша и величина рН

Показатели	Образцы фарша	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	75,65±1,23	76,80±1,22
рН	5,87±0,02	5,98±0,02
ПНС, Па	898,98±4,12	1103,33±4,17
Пластичность, см ² /г	16,10±2,11	16,20±2,12
Влагосвязывающая способность, % к общей влаге	91,56±0,86	92,49±0,83

Из результатов, представленных в таблице 59, видно, что рН и ВСС опытных образцов близки к значениям данных показателей контрольного образца. Изучение

предельного напряжения сдвига образцов показало, что у опытного образца значение выше (1103,33 Па), чем у контрольного образца (898,98 Па). Повышение предельного напряжения сдвига у опытного образца можно объяснить увеличением неоднородности фарша за счет содержания губ крупного рогатого скота в качестве пищевых волокон. Это будет способствовать улучшению консистенции и плотности готового продукта. Фарш контроля был менее плотными и упругими. Далее проводили исследования готового паштета. В таблице 56 представлены качественные показатели готового продукта.

Таблица 60 – Качественные показатели паштетов из мяса птицы

Показатель	Значение показателя, %, в	
	контроле	опыте
Массовая доля влаги	69,47±3,73	67,90±3,32
Массовая доля белка	14,10±1,34	15,30±1,56
Массовая доля жира	12,00±0,82	10,60±0,72
Массовая доля углеводов	1,30±0,11	2,80±0,16
Массовая доля золы	3,13±0,17	3,40±0,18
Пищевая соль	1,75±0,14	1,80±0,14
Содержание инулина	–	1,52±0,12
Калорийность, ккал/100 г продукта	169,60	167,80

Незначительное уменьшение содержания жира в опытном образце объясняется 10%-ой заменой мясного сырья на разработанный функциональный модуль, в котором содержался инулин. Инулин может имитировать присутствие жира в обезжиренных продуктах, улучшая их текстуру и органолептические свойства, приближая эти показатели к качественным характеристикам продуктов нормальной жирности. Присутствие углеводов в опытном и контрольном образцах паштета вызвано наличием углеводов в белоксодержащем продукте гороха и инулине, а также наличием в рецептуре крахмала и овощей. Содержание пищевой соли во всех образцах находится примерно на одном уровне и не превышает

допустимых значений (2,2 %/ 100г продукта). Общая калорийность опытного образца, при этом, уменьшилась на 10 %.

Далее приготовленные образцы паштета из мяса птицы оценивали по органолептическим показателям (рисунок 58). Исследованные образцы вареных колбас оценивали по органолептическим показателям с использованием 5-ти балльной шкалы. Преимуществом органолептической оценки как метода анализа качества продукции является возможность относительно быстрого и одновременного выявления комплекса таких свойств продукта, как внешний вид, аромат, вкус, консистенция. Качество закаточного шва тары оценивали по внешнему виду.

Результаты свидетельствуют, что добавление разработанного функционального модуля взамен мясного сырья в количестве 10 % способствует получению готовых изделий с высокими сенсорными характеристиками.

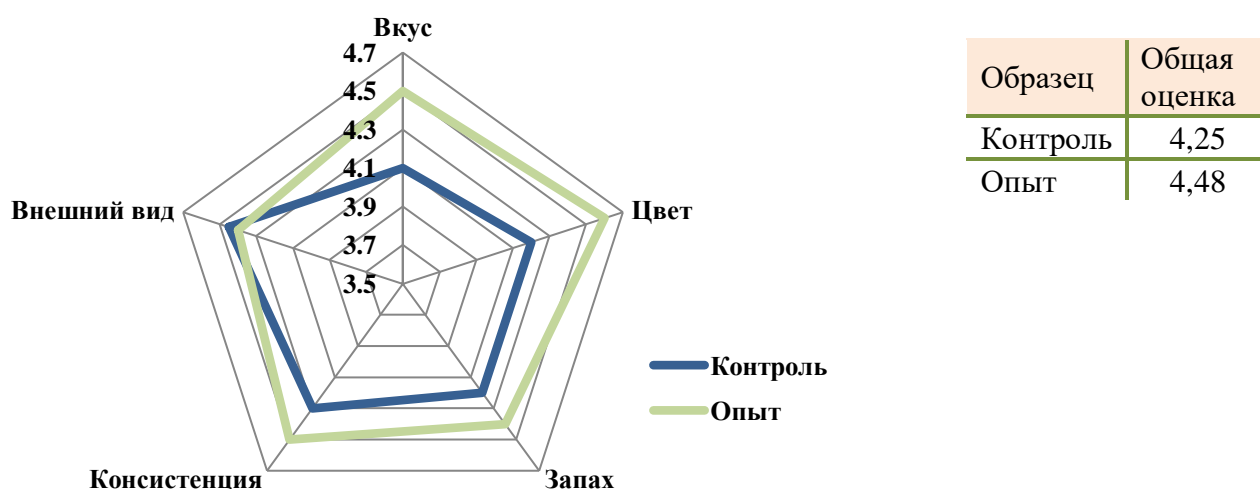


Рис. 58. Результаты органолептических показателей вырабатываемых паштетов

Органолептическая оценка показала (рисунок 58), что по таким показателям как запах, консистенция, вкус опытный образец превосходил контрольный. Помимо этого опытный образец паштета на разрезе характеризовался

присутствием незначительной доли соединительных волокон, практически не повлиявших, тем не менее, на органолептические характеристики продукта. В целом, по группе органолептических свойств, результаты исследования паштетов из контрольной и опытной партий практически не отличались, о чем свидетельствуют высокие баллы органолептической оценки.

Для более полной оценки влияния функционального модуля на биологическую ценность комбинированных паштетов определена переваримость белков основными ферментами желудочно-кишечного тракта (пепсин, трипсин) в опытах «in vitro». Полученные результаты представлены в таблице 61.

Таблица 61 – Переваримость «in vitro» контрольного и опытного образцов паштетов из мяса птицы

Фермент	Переваримость, мг тирозина/100 г белка	
	контроль	опыт
Пепсином	5,71±0,14	5,51±0,17
Трипсином	9,31±0,16	9,06±0,15
Общее значение	15,02±0,15	14,57±0,16

В ходе эксперимента выявлено, что на степень переваримости опытного изделия комплекс оказывает незначительное влияние. Установлено, что в опытном образце переваримость белков ниже на 2,3 % по отношению к контролю, что связано с присутствием балластных веществ (коллаген, инулин в функциональном модуле) в его рецептуре.

Существенное значение для нормальной жизнедеятельности организма человека имеет количество и качество поступающего с пищей белка. Аминокислотный состав в контрольном и опытном образцах представлены в таблице 62.

Таблица 62 – Аминокислотный состав паштетов из мяса птицы, г/100 г продукта

Наименование аминокислоты	Содержание (г/100 г продукта) в	
	контроле	опыте
Заменимые		
Аспарагиновая кислота	2,23±0,07	2,25±0,07
Глутаминовая кислота	3,24±0,10	2,36±0,07
Серин	1,62±0,05	1,43±0,04
Гистидин	0,47±0,01	0,48±0,01
Глицин	0,49±0,01	0,46±0,01
Аргинин	0,61±0,02	0,60±0,02
Аланин	0,57±0,02	0,44±0,01
Тирозин	0,60±0,02	0,46±0,01
Цистин	0,16±0,005	0,13±0,004
Пролин	0,99±0,03	0,98±0,03
Незаменимые		
Треонин	0,44±0,01	0,42±0,01
Валин	0,23±0,01	0,23±0,01
Метионин	0,05±0,002	0,07±0,002
Фенилаланин	0,46±0,01	0,47±0,01
Изолейцин	0,27±0,01	0,29±0,01
Лейцин	0,46±0,01	0,45±0,01
Лизин	0,79±0,02	0,77±0,02
Триптофан	0,40±0,01	0,44±0,01
Σ	14,08±0,43	12,73±0,40

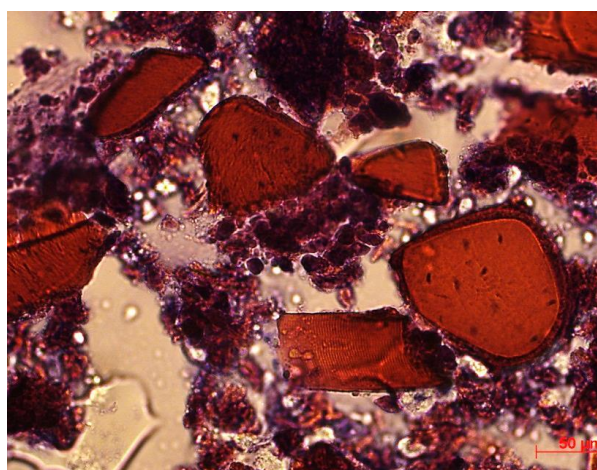
Из представленных данных таблицы 62 следует, что суммарное содержание аминокислот в опытном образце было ниже, чем в контроле на 1,3 единиц, однако оба изделия соответствовали рекомендациям ФАО/ВОЗ 1985 г.

Для наиболее полного представления о распределении компонентов при производстве паштетов, был проведен гистологический анализ образцов, представленные на рисунках 59.

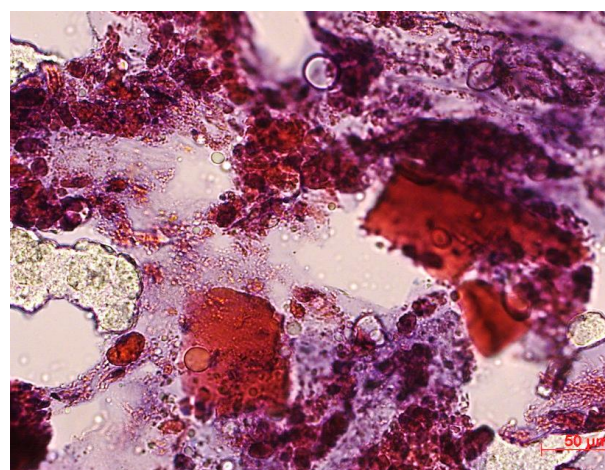
Из рисунков видно, что фарш контрольного образца состоит преимущественно из механически измельченной до мелкозернистой белковой массы мышечной ткани, включающей в свой состав отдельные неразрушенные фрагменты мышечной и соединительной тканей, размером не более 0,5–0,6 мм,

сохраняющие характерные микроструктурные признаки, по которым легко можно судить о составных частях фарша. Мышечные волокна, в большинстве которых сохраняли поперечную исчерченность и структура ядер, кроме того, в фарше обнаруживались пучки рыхлой соединительной ткани, специ. Жир, вышедший при тонком измельчении из разрушенных клеток равномерно распределялся в фарше как в виде жировых капель размером 10–50 мкм в вакуолях и мелких микрокапиллярах, так в мелкозернистой белковой массе. Компоновка структурных элементов фарша плотная. Масса фарша пронизана оформленными неправильной формы вакуолями, размерами 50–200 мкм (микрокапиллярами), местами взаимосвязанными друг с другом.

Контрольный состоит из сырья высокой степени измельчения (рисунок 59 а). Присутствуют фрагменты мышечных волокон (мышечная ткань птицы), соединительной (рыхлая волокнистая) ткани, отдельные жировые капли, равномерно распределенные в массе образца, а также в достаточном количестве – мелкозернистая белковая масса. Выявлены фрагменты субпродуктов (печень), кожи птицы, растительные компоненты. Дисперсность системы около 100–120 мкм.



а) Ув. об. 40х



б) Ув. Об. 40х

Рис. 59. Микроструктура контрольного (а) и опытного (б) опытного образцов паштета из мяса птицы

Опытный образец состоит из сырья высокой степени измельчения. Присутствуют фрагменты мышечных волокон (мышечная ткань птицы), соединительной (рыхлая волокнистая) ткани, отдельные жировые капли, равномерно распределенные в массе образца, а также в достаточном количестве – мелкозернистая белковая масса. Выявлены фрагменты субпродуктов (печень), кожи птицы, растительные компоненты. Между структурными элементами, обволакивая мясные компоненты, располагается коллагеновый ферментолит, придавая образцу более плотную, в сравнении с контролем, консистенцию. Дисперсность системы около 100–120 мкм.

Анализ проведенных микроструктурных исследований показал, что введение в рецептуру разработанного многофункционального комплекса, позволяет получить продукт по морфологическим показателям превосходящий контрольный образец.

Отработка режимов стерилизации паштетов из мяса птицы

Одним из основных технологических этапов производства паштетов стерилизованных является стерилизация. Именно она определяет сохранение пищевой ценности, органолептических свойств, безопасность продукта для потребителя и создает необходимые предпосылки для длительного сохранения доброкачественности продуктов [7].

При выборе параметров температуры и продолжительности нагревания консервов в автоклавах исходят, в первую очередь, из того, что правильно установленный режим стерилизации должен обеспечить микробиологическую стабильность паштетов. Термическая обработка во время стерилизации должна гарантировать надлежащую степень подавления жизнедеятельности микроорганизмов, потенциально вредных для здоровья человека, а также тех, которые могут стать причиной порчи консервов во время их хранения. При этом следует учитывать, что нагревание должно быть, по возможности, минимальным

для обеспечения высоких органолептических свойств и пищевой ценности готовых продуктов [190, 191].

В качестве мясного сырья при разработке нового вида консервов использовали мясо птицы, ранее редко использовавшегося в производстве паштетов, поэтому, дополнительно была проведена проверка режима стерилизации $\frac{20-45-20}{120}$ для банки № 3 (массой 250 г), принятой для аналогичных консервов.

Одним из наиболее важных факторов, от которого зависит эффективность стерилизации, является активная кислотность продуктов. Самыми потенциально опасными для здоровья являются продукты, имеющие рН 4,2–7,0, так как в них может развиваться микроорганизм *Cl.botulinum*, вызывающий одно из наиболее тяжелых нервно-паралитических заболеваний человека – ботулизм. Режим термической обработки этой группы консервов обязательно должен обеспечивать гибель спор этого токсигенного анаэроба. Также в консервированных продуктах могут развиваться и другие микроорганизмы, например, *Cl.sporogenes stearothermophilus*, вызывающие бомбаж и плоскокислую порчу в процессе хранения и в несколько раз превосходящую по термоустойчивости *Cl.botulinum*.

Основная задача при установлении режима стерилизации состоит в том, чтобы определить условия нагрева, то есть формулу стерилизации, при которых фактическая летальность L_T в отношении специфической микрофлоры, вызывающей порчу данного вида консервов, была бы равной или превышала требуемую летальность F_T процесса стерилизации ($L_T \geq F_T$).

В процессе изготовления консервов не выявлена термофильная микрофлора. Ранее было установлено, что для мясных консервов для детского питания специфическим спорообразующим микроорганизмом, по которому проводят отработку режимов стерилизации и термоустойчивость которого берется для расчета необходимой летальности, является *Cl. sporogenes*. Таким образом, расчет требуемой летальности проводился по *Cl. sporogenes*.

Требуемая летальность вычислялась по формуле

$$F_T = D \left(\lg \frac{C_0 \times V \times 100}{S} + x \right)$$

D – термоустойчивость микроорганизма;

C_0 – начальная концентрация спор тест-культуры, спор/мл;

V – объем продукта в одной банке;

S – допускаемый процент бактериологического брака, равный 0,01 %;

x – поправка, равная 1.

Величина термоустойчивости для *Cl.sporogenes* рассчитывается по формуле $D = 1,07\text{pH} - 4,0$. Для исследуемых образцов консервов pH лежали в области 5,90-5,87 как у традиционных консервов.

Для консервов с $\text{pH}=6,07$

$$D=1,07 \cdot 5,87 - 4,0 = 2,28$$

$$F_T = 2,28 \left(\lg \frac{5 \times 250 \times 100}{0,01} + 1 \right) = 16,18 \text{ усл. мин}$$

и с верхним значением $\text{pH}=5,90$

$$D=1,07 \cdot 5,90 - 4,0 = 2,31$$

$$F_T = 2,31 \left(\lg \frac{5 \times 250 \times 100}{0,01} + 1 \right) = 16,39 \text{ усл. мин}$$

Для отработки режима стерилизации определяли фактический летальный при температурах собственно стерилизации 120°C принимая зависимость $z=12^\circ\text{C}$.

Фактическая летальность для обрабатываемого режима составила 16,4-19,0 усл. мин.

Условие $L_T \geq F_T$ было соблюдено, следовательно, традиционно принятый режим стерилизации мясных паштетов на основе мяса птицы в банке № 3 подходит для вновь разработанных паштетов на основе мяса птицы.

Результаты изучения микробиологических показателей образцов, представленные в таблице 59, свидетельствуют, что исследуемые образцы соответствуют требованиям ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», и Приложением 2 к МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-

эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» и могут быть использованы в качестве продукта питания.

Таблица 63 – Микробиологические показатели паштетов из мяса птицы

Микробиологические показатели	Образцы	
	контроль	опыт
КМАФАнМ, не более 11 КОЕ в 1 г (см ³) продукта	не обнаружено	не обнаружено
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г		
Плесневые грибы, дрожжи, КОЕ в 1 г		
Молочнокислые бактерии в 1,0 г		
<i>V. cereus</i> , в 1 г		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы; <i>L. monocygenes</i> , в 25 г		
Стафилококки, в 1 г		

В процессе производства и хранения партии паштетов проводили микробиологический контроль готовых консервов, который подтвердил их безопасность [70, 182]. Термофильная микрофлора в процессе изготовления консервов не обнаруживалась. Стерилизация консервов осуществлялась на автоклавах СПВА-75-1-НН.

Для установления рекомендуемых сроков хранения паштетов были исследованы ряд показателей безопасности и критерии оценки качества готовой продукции, включая показатели окислительных изменений липидов, белков в процессе хранения при температуре окружающей среды 20 ± 5 °С и относительной влажности воздуха 75 ± 5 %.

Таблица 64 – Микробиологические показатели паштетов из мяса птицы в процессе хранения

Микробиологические показатели	Хранение, мес.	Образцы	
		контроль	опыт
КМАФАнМ, не более 11 КОЕ в 1 г (см ³) продукта	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
	30		
Сульфитредуцирующие клостридии в 0,01 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
	30		
Плесневые грибы, дрожжи, КОЕ в 1 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
	30		
Молочнокислые бактерии в 1,0 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
	30		
B. cereus, в 1 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		

Продолжение таблицы 64

	15	не обнаружены	не обнаружены
	18		
	21		
	24		
	30		
Патогенные, в т.ч. сальмонеллы; L.monocygenes, в 25 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
Стафилококки, в 1 г	3	не обнаружены	не обнаружены
	6		
	9		
	12		
	15		
	18		
	21		
	24		
	30		

В результате исследования микробиологических показателей, представленных в таблице 64, установлена промышленная стерильность паштетов, выработанных по принятым режимам стерилизации, что подтверждает использование выбранных ингредиентов, режимов тепловой обработки и доказывает возможность их хранения до 2,5 лет.

В таблице 65 представлены данные об изменениях белка, жира и pH в процессе хранения.

Таблица 65 – Изменение массовой доли жира и pH в процессе хранения

Срок хранения паштетов, мес	Содержание жира, г/100 г	pH
1	10,60±0,31	5,90±0,18
5	10,90±0,32	6,00±0,18
10	10,20±0,30	6,07±0,18
15	10,38±0,30	6,25±0,19
20	9,18±0,27	6,36±0,19
24	9,27±0,28	6,41±0,18
30	9,38±0,26	6,48±0,15

Анализируя данные таблицы 65 можно сделать вывод, что в процессе хранения снижалось содержание жира, что связано с разрушением белково-липидного комплекса, что незначительно повлияло на органолептические показатели готовых изделий.

6.6 Разработка технологии и комплексное исследование кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем

В лабораторных условиях кафедры «Технологии и биотехнологии мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ была проведена выработка рыбного рулета из лемонемы с овощами в оболочке, в котором 10 % рыбного сырья (измельченное филе лемонемы) осуществляли замену на функциональный модуль на основе биомодифицированной кожи карпа с добавлением амарантовой муки и инулина в соотношении 50:30:20 масс.%. Контролем служил рыбный рулет без функционального модуля.

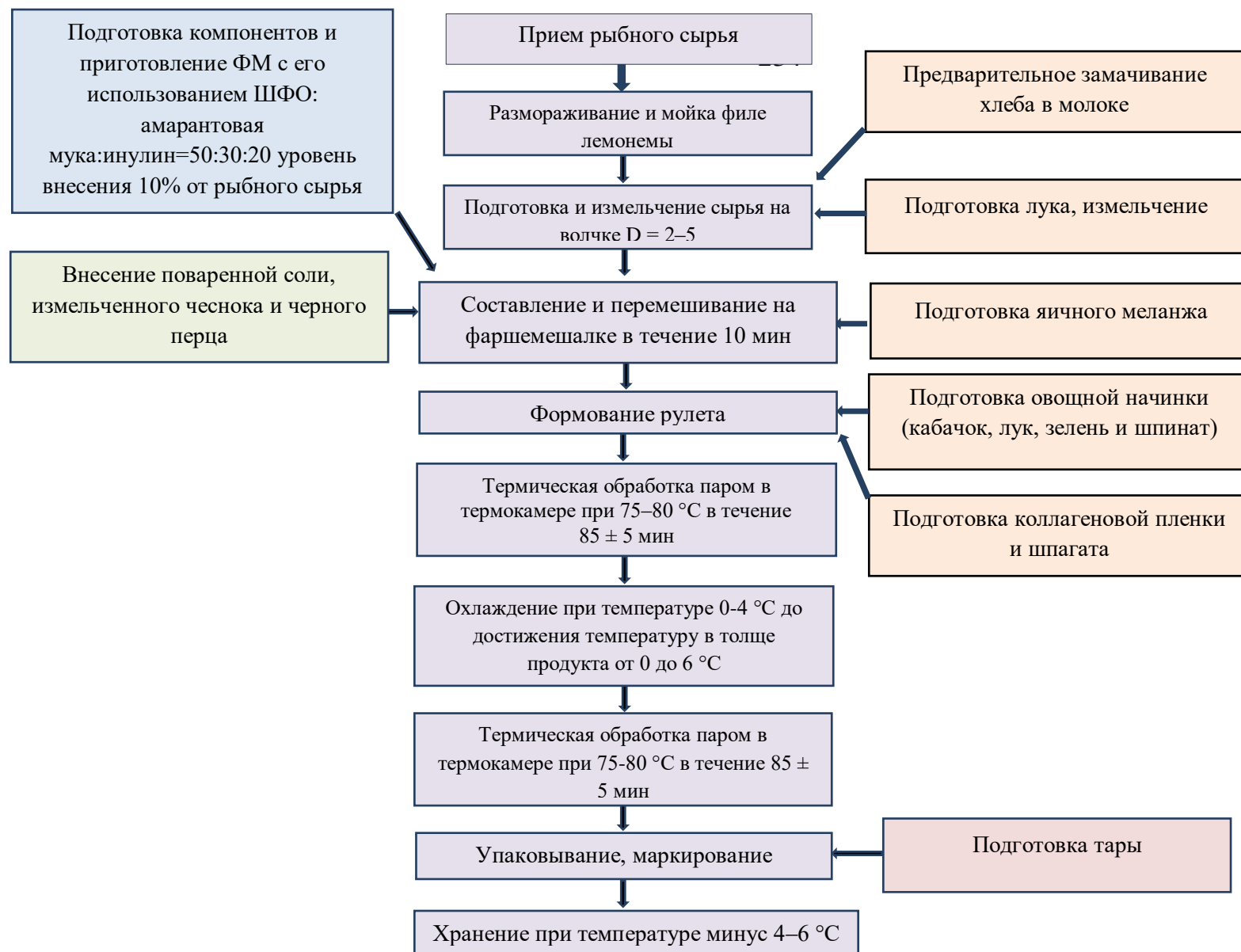


Рис. 60. Технологическая схема производства кулинарного рыбного изделия в виде рулета из лемонемы с овощами в оболочке с функциональным модулем

Таблица 66 – Рецептuru кулинарного рыбного изделия в виде рулета из минтая с овощами в оболочке, кг на 100 кг продукта

Наименование сырья, материалов и пряностей	Нормы для рулета в оболочке из минтая	
	контроль	опыт
Сырье не соленное, кг (на 100 кг сырья)		
Филе лемонемы	60,0	54,0
Функциональный модуль	–	6,0
Хлеб пшеничный	9,5	9,5
Яичный меланж	3,5	3,5
Молоко или вода питьевая	12,2	12,2
Лук репчатый, обжаренный	5,8	5,8
Петрушка свежая	1,0	1,0
Кабачок свежий	4,0	4,0
Шпинат размороженный	4,0	4,0
Вспомогательное сырье (специи, добавки и материалы), г (на 100 кг основной сырья)		
Соль пищевая	2200	2200
Чеснок свежий очищенный измельченный	560	560
Перец черный	150	150
Коллагеновая оболочка	Коллагеновая пленка для рулетов	

Сырье – тушки рыб (лемонема) размораживали, промывали и направляли на разделку. Филе минтая нарезали на мелкие кусочки, смешивали с регидратированным в молоке пшеничным хлебом и $\frac{1}{4}$ частью измельченного обжаренного лука. Полученную пищевую систему измельчали на волчке с диаметром подрезной решетки 2–4 мм. В фарш вносили остаточное содержание молока, пищевую соль, специи, яичный меланж, функциональный модуль в количестве 10 % от массы рыбного сырья. Полученную массу перемешивали до однородности на фаршемешалке в течение 10 мин. Готовую массу раскладывали на смоченную водой съедобную (пищевую) коллагеновую пленку, на поверхность которой выкладывали овощную начинку из петрушки, кабачка, обжаренного лука и шпината. Далее закатывали полученную массу в 3 слоя, придавая ей форму

рулета, обвязывая шпагатом. Батоны кулинарного изделия из рыбы навешивали на рамы и отправляли на термическую обработку.

Термическую обработку рулета проводили в стационарных варочных камерах с автоматическим контролем и регулированием температуры, относительной влажности и скорости движения среды. Сформированные рулеты подвергали термообработке паром в течение 85 ± 5 мин до достижения температуры в центре образца 73 ± 2 °С в универсальной термокамере при температуре 75–80 °С. Рамы с кулинарными изделиями из рыбы извлекали из термокамеры, делали в 3–4 местах проколы в оболочке и охлаждали в подвешенном состоянии на рамах при температуре 0–4 °С до достижения температуры в толще продукта от 0 до 6 °С.

Физико-химические показатели и свойства рыбного фарша из лемонемы с овощами до термической обработки представлены в таблице 67.

Таблица 67 – Физико-химические показатели и свойства фарша из лемонемы с овощами

Наименование показателя	Образцы рыбного фарша	
	контроль	опыт
Массовая доля влаги, %	$78,75 \pm 1,93$	$76,12 \pm 1,86$
рН, ед.	$5,53 \pm 0,02$	$5,67 \pm 0,03$
ПНС, кПа	$0,53 \pm 0,09$	$0,75 \pm 0,11$
Пластичность, см ² /г	$13,31 \pm 0,33$	$11,68 \pm 0,39$
Влагосвязывающая способность, % к общей влаге	$65,14 \pm 0,69$	$69,36 \pm 0,94$

Анализируя данные таблицы 67, можно сделать вывод, что внесение функционального модуля позволяет получить фарш с более высоким значением водосвязывающей способности на 6,1 % по сравнению с контролем, что будет способствовать минимизации потерь массы продукта при термообработке и улучшению его структурно-механических свойств. Данный аспект коррелирует с данными предельного напряжения сдвига и пластичность. Предельное

напряжение сдвига опытного образца увеличилось на 30 % при снижении пластичности на 12 %.

По внешнему виду кулинарные изделия из лемонемы с овощами соответствовали требованиям, предъявляемым к данным видам продуктов: чистые, сухие батоны, без видимых повреждений оболочки, наплывов фарша, слипов, водно-жировых отеков. Органолептическую оценку проводили по 5-балльной шкале, что подтверждает высокую оценку опытных кулинарных изделий с функциональным модулем.

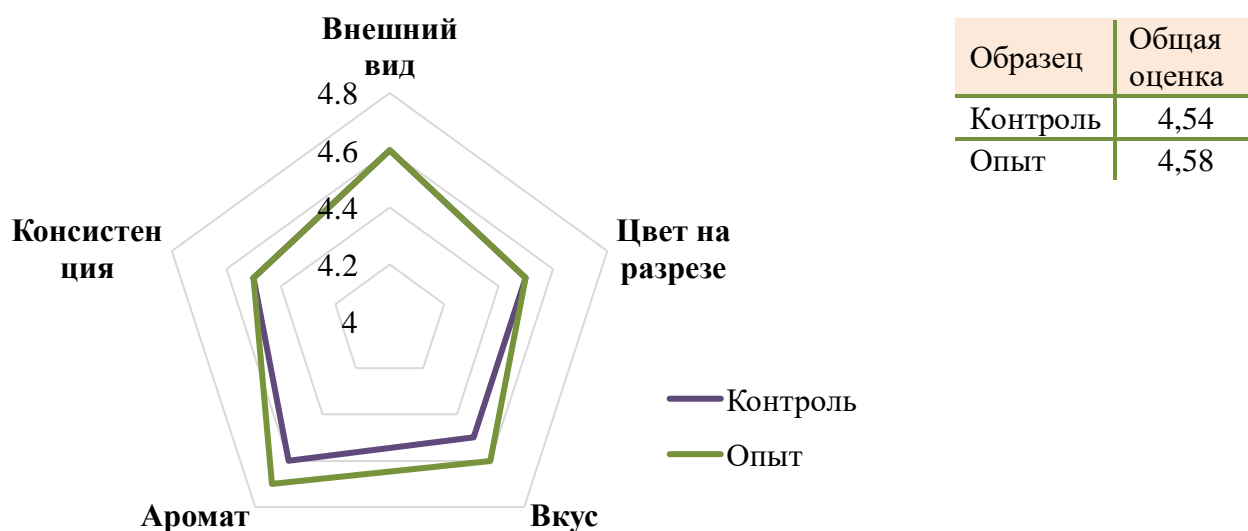


Рис. 61. Профилограмма органолептической оценки кулинарных изделий из лемонемы с овощами

Далее проводились исследования по определению химического состава и энергетической ценности выработанных рыбных рулетов (таблица 68).

Таблица 68 – Химический состав и энергетическая ценность исследуемых образцов кулинарного изделия из лемонемы с овощами

Наименования показателя	Контроль	Опыт
Массовая доля влаги, %	79,26±0,32	77,11±0,82
Массовая доля белка, %	13,29±0,43	14,03±0,72
Массовая доля соединительнотканых белков, % от общего белка	4,68±0,12	6,05±0,13
в том числе коллаген, % от общего белка	4,15±0,11	5,81±0,14
Массовая доля жира, %	1,31±0,11	0,82±0,04
Массовая доля золы, %	1,23±0,14	1,75±0,19
Массовая доля углеводов, %	4,91±0,07	7,29±0,12
Массовая доля инулина, %	–	0,78±0,10
Калорийность, ккал/100 г продукта	98,64	92,54

Результаты, представленные в таблице 68, позволяют утверждать, что введение функционального модуля позволяет повысить массовую долю белка в опытном образце на 5,3 % по отношению к контролю. Увеличение содержания углеводов обосновывается содержанием в функциональном модуле растворимых пищевых волокон – инулина. Оценка качества белка представлена в таблице 68.

Таблица 68 – Показатели биологической ценности кулинарных изделий из лемонемы с овощами

Наименование аминокислоты	Содержание*	АС**	Содержание*	АС**
	контроль		опыт	
Незаменимые аминокислоты				
Изолейцин	5,68±0,13	142	5,93±0,18	146
Лейцин	8,12±0,20	115	8,37±0,23	118
Лизин	9,28±0,23	166	8,87±0,20	162
Метионин+Цистин	3,73±0,09	107	3,67±0,11	103
Фенилаланин+Тирозин	7,24±0,21	121	7,68±0,18	130
Треонин	5,72±0,14	141	5,56±0,06	138
Триптофан	1,32±0,04	130	1,15±0,03	114
Валин	5,65±0,13	113	5,76±0,18	112
Заменимые аминокислоты				
Аланин	6,15±0,18	–	6,33±0,13	–
Аспарагиновая кислота	10,17±0,23	–	9,90±0,24	–
Оксипролин	4,10±0,10	–	5,03±0,12	–
Глицин	5,47±0,134	–	6,90±0,17	–
Глутаминовая кислота	12,55±0,31	–	12,73±0,11	–
Серин	4,58±0,11	–	4,12±0,14	–
Цистин	1,03±0,05	–	0,91±0,03	–
Показатели биологической ценности				
Биологическая ценность, %	75,13		76,83	
Качественный белковый показатель	0,32		0,23	
Rс, дол. ед.	0,83		0,85	
σ, г/100 г белка эталона	8,20		8,61	

Примечание: * – содержание аминокислоты, г/100 г белка; ** – аминокислотный скор, %.

Опыт образец кулинарного изделия из рыбы с овощами превосходил контроль по содержанию аминокислот с разветвленной боковой цепью и ароматических аминокислот. Содержание триптофана в опытном образце меньше по сравнению с контролем, что подтверждается данными качественного белкового показателя.

Данные позволяют утверждать о разработке продукта сбалансированного аминокислотного состава с высоким содержанием белка.

Экономическая эффективность внедрения разработанной технологии в промышленность составляет 8,1 тыс. руб./ 1 тонну продукции при повышении рентабельности на 0,3 %.

6.7 Разработка технологии и комплексное исследование сублимированных meatballs с функциональным модулем

На следующем этапе работы интерес представляло разработка продукта длительного хранения, который удобно было бы взять в пеший поход. С этой целью был разработан функциональный модуль на основе коллагенового ферментолизата рубца ферментативной обработки и льняной муки грубого помола, химический состав и свойства которой представлены в таблице 69.

Таблица 69 – Химический состав и свойства льняной муки грубого помола

№№ п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Влажность, %	7,96±0,03
2	Массовая доля белка, % в пересчете на сухое вещество	32,50±0,10
3	Массовая доля липидов, % в пересчете на сухое вещество	14,90±0,15
4	Массовая доля золы, % в пересчете на сухое вещество	6,60±0,03
5	Клетчатка, % в пересчете на сухое вещество	11,50±0,20
6	Суммарные растворимые полисахариды, % в пересчете на сухое вещество	30,1±1,10
7	Водорастворимые углеводы после инверсии (моно- и олигосахара), % в пересчете на сухое вещество	34,30±0,20
8	Водоудерживающая способность (ВУС), %	630±14
9	Жирудерживающая способность (ЖУС), %	89±8

Продолжение таблицы 69

10	Жироэмульгирующая способность (ЖЭС), %	92±10
11	Стабильность эмульсии (СЭ), %	93±8
12	Гелеобразующая способность, Па·с	198,5±0,40 – вязкая суспензия

Льняная мука – один из богатейших источников лигнанов, относящихся к классу фитоэстрогенов, т.е. веществ растительного происхождения, проявляющих эстрогеноподобную активность в организме человека. Кроме того, лигнаны способны предупреждать развитие рака в начальной и средней стадии путем подавления роста и распространения раковых клеток.

Химический состав исследованного образца льняной муки типичен для форпрессовых и прессовых жмыхов масличных семян, которые являются сырьем для производства полуобезжиренных видов муки. Соотношение белок : жир в образце составила 1:2,2.

Количество водорастворимой фракции белков, по сравнению с солерастворимой фракцией, свидетельствует о преимущественном содержании в белках льняной муки альбуминов, которые представляют собой сложный комплекс белков, выполняющих различные метаболические функции.

Для белкового комплекса семян льна характерно практически полное отсутствие спирторастворимой фракции проламинов белков, что позволяет рекомендовать полуобезжиренную льняную муку к использованию в рецептурах пищевых продуктов функционального назначения, в частности, в рецептурах изделий, предназначенных для лиц, страдающих глютенной энтеропатией.

Количество некрахмальных полисахаридов оценивали по количеству суммарных растворимых полисахаридов и водорастворимых углеводов после инверсии (моно- и олигосахара). В исследуемом образце льняной муки их содержание составило 34,30 %. Данная группа полисахаридов определяет в основном технологические свойства льняной муки такие, как водо- и

жироудерживающая способность, реологические свойства теста. В состав растворимых полисахаридов входят две фракции – нейтральная и кислая. Скелетными полисахаридами нейтральной фракции являются арабиноксиланы, кислой – рамногалактуронаны.

Полученные результаты свидетельствуют, что функционально-технологические свойства полуобезжиренной льняной муки и соевых белковых продуктов схожи, что подтверждает возможность использования исследуемого образца льняной муки как формо- и структуроформирующих добавок, которые могут быть использованы в качестве альтернатив в рецептурах мясных продуктов. Льняная мука относится к пентозановому сырью, для которого характерна значительная вариабельность по содержанию некрахмальных полисахаридов, в частности пентозанов, обладающих высокой водоудерживающей способностью и текстурообразующей способностью.

В связи с высоким содержанием альбуминовой фракции образец амарантовой муки характеризовался высокими значениями водоудерживающей и жирозэмульгирующей способности. При оценке гелеобразующей способности льняной муки наблюдалось образование вязкой суспензии, не характерной для белковых гелей.

Важной составляющей при разработке продуктов питания является качество содержащего белка. Содержание белка составляет 30 %, экоторое сопоставимо с количеством белка в мясе, рыбе, а из растительных продуктов – бобовых. Аминокислотный состав белков льняной муки представлен в таблице 70.

Таблица 70 – Содержание незаменимых аминокислот в «идеальном» белке (ФАО/ВОЗ, 1973 г.) и белках льняной муки

Незаменимая аминокислота (АК)	Содержание АК идеального белка, мг/г	Содержание АК в белках льняной муки, мг/г	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	40	77,2	193
Лейцин	70	114,7	164
Лизин	55	49,4	90
Фенилаланин+тирозин	60	101,9	170
Метионин+цистин	35	32	92
Треонин	40	54,7	137
Валин	50	67,9	136

Не смотря на тот факт, что белок льняной муки не является полноценным, скор лизина составил 90 %, содержание остальных незаменимых аминокислот в 1,6–1,9 раза превышает рекомендуемый уровень.

Химический состав сырой золы льняной муки доказал разнообразие пластических макроэлементов и биологически активных микроэлементов нутриентов (таблица 71).

Таблица 71 – Содержание макроэлементов в льняной муке

Показатели	Единицы измерения	Содержание макроэлементов
Кальций	мкг/100г	34
Фосфор	мкг/100г	108
Магний	мкг/100г	56
Калий	мкг/100г	18

В соответствии с формулой сбалансированного питания, соотношение Са:Р:Мг составляет 2,5:2,0:1,0. Соотношение в льняной муке Са:Р:Мг составляет 0,61:1,93:1,00.

Полученный экспериментальный материал послужил основой разработки рецептуры и технологии рубленых полуфабрикатов meatballs с использованием функционального модуля при соотношении коллагеновый ферментоллизат:льняная мука:экстракт черной смородины=50:45:5 (получен на основе аппарата математического моделирования).

Для производства данного вида изделий использовали говядину высшего сорта.

Технологическая схема и рецептура производства охлажденных рубленых полуфабрикатов из говядины представлена в таблице 72 и рисунке 62.

Таблица 72 – Рецептура рубленых полуфабрикатов

Сырье	Содержание, %
Говядина в/с	60,0
Хлеб пшеничный	7,0
Функциональный модуль	10,0
Лук репчатый	10,0
Меланж яичный	7,0
Льняная мука	4,8
Соль пищевая	1,0
Перец черный молотый	0,2

Процесс производства рубленых полуфабрикатов включал следующие операции: измельчение сырья на волчке $d=2-4$ мм, введение предварительно гидратированного функционального модуля, добавление предварительно замоченного хлеба, лука репчатого свежего, измельченного на волчке $d=2-4$ мм, меланжа яичного, соли, перца, перемешивание, формование, панировка, упаковывание в пищевую пленку, хранение.

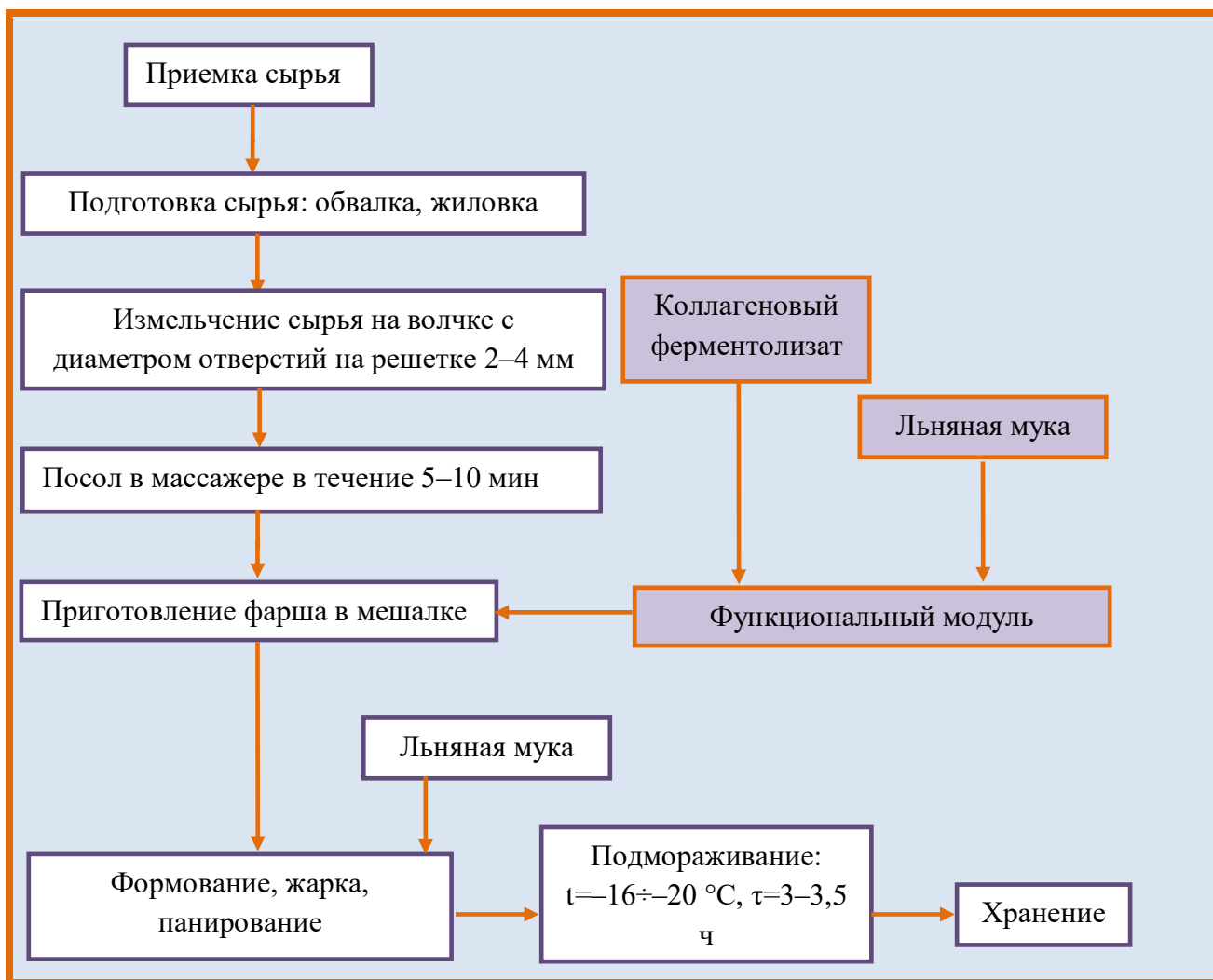


Рис. 62. Технологическая схема производства meatballs с использованием функционального модуля

Масса каждой фрикадельки составила 12 г. Полуфабрикаты имели округлую форму, поэтому получили название meatballs, по органолептическим показателям, данным химического состава и степени переваримости белков «in vitro» опытный образец не уступал контролю, на что указывают данные, представленные таблице 76.

На следующем этапе образцы подвергали сублимационной сушке.

Сублимационную сушку осуществляли с помощью станда ФГБОУ ВО РОСБИОТЕХ, предназначенного для вакуумной сублимационной сушки СВП – 0,36, и работающего в широком диапазоне необходимых режимных параметров. Выбранная установка является универсальной для сушки широкого ассортимента

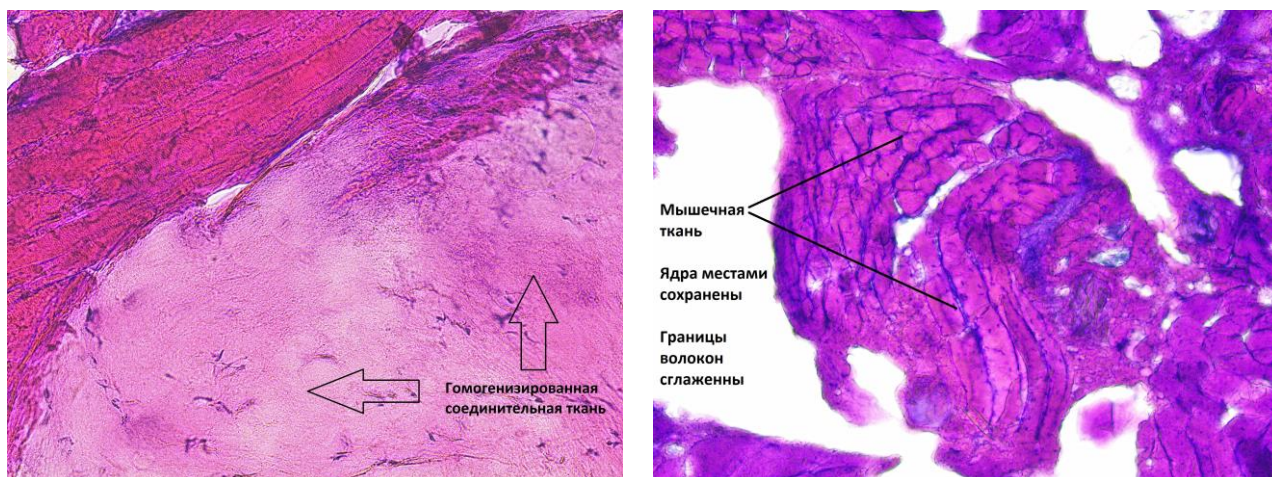
сырья и может быть использована для сушки продуктов животного происхождения. Эксперименты проводили в режиме – классическая сублимационная сушка, при которой удаление влаги происходит посредством фазового перехода «лёд – пар», при $P = 0,1-0,5$ мм.рт.ст. (10–70 Па). Завершение процесса сушки способствовало получению продукта массой 3 г и массовой долей влаги 3,5 %.

В таблице 73 проведены результаты изучения химического состава и переваримости образцов мясных продуктов до/ после сублимационной сушки. Данный вид сушки позволил сохранить термолабильные вещества мясного продукта.

Таблица 73 – Химический состав и показатели переваримости meatballs

Наименование показателя	Значение	
	до сублимационной сушки	после сублимационной сушки
Массовая доля влаги, %	64,90±0,33	3,50±0,10
Массовая доля белка, %	15,00±0,56	76,82±0,53
Массовая доля жира, %	14,64±0,12	14,78±0,12
Массовая доля углеводов, %	3,31±0,01	3,32±0,01
Массовая доля золы, %	2,15±0,17	2,18±0,17
Пищевая соль, %	1,73±0,14	1,78±0,14
Переваримость, мг тирозина/ 100 г белка		
пепсин	6,84±0,14	6,83±0,17
трипсин	8,92±0,16	8,93±0,15
общее	15,76±0,15	15,76±0,16

Гистологическими исследованиями [86] мясных рубленых полуфабрикатов, установлено положительное влияние льняной муки на компоновку структурных элементов и бактериостатическое действие в отношении снижения количества микрофлоры на поверхности жировых капель (рисунок 63).



до сублимационной сушки

после сублимационной сушки

Рис. 63. Микроструктурные исследования meatballs с функциональным модулем

Продукты, изготовленные по выработанной технологии, характеризовались плотной компоновкой структурных элементов фарша. Крупноизмельченные фрагменты фарша (мышечная и соединительная ткани) хорошо связаны между собой, формируя плотный белковый каркас, пронизанный микрокапиллярами с четко очерченными границами. Характерной особенностью фарша являлось отсутствие в основной части жировых капель и клеток микрофлоры и кристаллов жирных кислот, в то же время в участках деструкции и под сарколеммой волокон микрофлора присутствовала в значительном количестве и была отчетливо выражена.

Полученные результаты свидетельствовали о том, что внесение коллагенового ферментолізата обеспечивало повышение плотности компоновки структурных элементов фарша, которая в образцах с экстрактом черной смородины практически не отличалась от компоновки структурных элементов стандартных образцов мясных рубленых полуфабрикатов. Преобладающая часть жировой ткани представлена жировыми каплями, вышедшими из липоцитов. Следует отметить, что использование функционального модуля на основе коллагенового

ферментолізата і льняної муки приводить до зниження кількості мікрофлори на поверхності жирових крапель, що, по-видимому, пов'язано зі специфічним бактериостатичним дієюм льняної муки.

Результати вивчення змін мікробіологічних показателів м'ясних рублених полуфабрикатів знаходилися в межах, регламентованих ТР ТС 021/2011 «Про безпеку харчової продукції» згідно МУК 4.2.1847-04 Санітарно-епідеміологічна оцінка обґрунтування строків придатності і умов зберігання харчових продуктів (КМАФАнМ $1,2 \cdot 10^2$ КОЕ/г, БГКП (колиформи), *S.aureus*, Бактерії роду *Proteus* не виявлені в 0,01, 0,1 і 1,0 г продукту, відповідно).

Візуалізація зовнішнього виду продукту представлена на малюнку 73. Порція складається з 5 фрикаделек загальною масою сухої речовини 15 г. і декількох ломтиків овочів (морква).



Рис. 64. Візуалізація сублимированих meatballs з морквою в порціонному наборі

Даний продукт зручний і рекомендований для використання як перекус, є корисним продуктом з високим вмістом білка збалансованого складу з поліненасиченими жирними кислотами. Фокус-

группа из 15 человек, которые активно популяризируют длительные походы, положительно отозвались о продукте. Большая часть респондентов (13 из 15) взяли бы подобный продукт в пеший поход на регулярной основе.

Маркетинговые исследования, проведенные с помощью YandexWordStat по статистическим показателям запросов – таблица 74 и данные онлайн-опроса по проблеме восприятия, предпочтений инновационных пищевых продуктов животного происхождения подтверждают актуальность и востребованность данной разработки.

Таблица 74 – Результаты анализа частотности запросов по проблеме исследования (YandexWordStat)

Временной период	Статистика запросов				
	Мясные продукты	Обогащенные мясные продукты	Фнкциональный модуль	Минеральные вещества	Витамины
2018/2020	25 192	32	4	86 728	4 298 503
2020/2022	23 424	7	10	79 165	5 003 537

Представленные данные демонстрируют актуальность создания продуктов, обогащенных различными функциональными ингредиентами (витамины, минеральные вещества, пищевые волокна как факторов), что требует модификации традиционных рецептов пищевых продуктов.

Результаты таблицы позволяют сделать вывод, что прослеживается тенденция в вариативности спроса на мясные продукты, функциональные ингредиенты в течение исследуемого периода. Интерес к фортифицированным продуктам повышается.

Выборка респондентов: 30 % – мужчины, 70 % – женщины.

Результаты анкетирования методом онлайн показали, что в исследованном сегменте ($n \approx 80$) употребляли систематически мясные продукты 80 %, не употребляли – 10 %.

Согласились с целесообразностью включения в рацион продуктов функционального назначения – 62 %, нет – около 8 %. Некоторые потребители посчитали необходимым нанесение дополнительной информации о свойствах функциональных ингредиентов.

По поводу цены потребители в основной массе (порядка 85%) предпочли бы цены в диапазоне 100–300 руб.

6.8 Разработка технологии и комплексное исследование реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем

Следующий этап работы посвящен изучению возможности использования функциональных модулей в технологии реструктурированных продуктов из мяса птицы.

Современное производство ветчинно-рубленых изделий из мяса птицы направлено на создание продуктов высшего сорта, отвечающих потребностям населения в качественном, вкусном, диетическом и экономически доступном продукте массового потребления.

Непосредственно после анализа компонентов функциональной смеси пищевых волокон была произведена технологическая выработка ветчинных изделий из мяса птицы. Были изучены структурно-механические, физико-химические свойства готовых изделий. В качестве модельной рецептуры была выбрана ветчина из мяса птицы по ГОСТ 31639-2012 «Изделия колбасные вареные из мяса птицы».

Выбор рецептуры модельного мясного продукта подбирался с целью максимизировать эффективность применяемых препаратов, влияющих на

структуру, позволяющих увеличить как биологическую ценность, так и выход готового продукта, за счет внесения дополнительной влаги. Рецепт продукта отвечает потребностям населения в качественной, доступной и диетической продукции. Поэтому, в сумме вышеперечисленных сведений, мы можем гарантировать качественную структуру продукта, высокий выход и, следовательно, низкий экономический порог приобретения, это обеспечивается благодаря использованию пищевых волокон.

Для изучения свойств исследуемой смеси в мясном продукте и определения качественных, физических, биохимических и технологических характеристик вносился комплекс пищевых волокон в рецептуру ветчины вареной, в количестве 2 кг из расчета на 100 кг основного сырья (таблица 75).

Таблица 75 – Рецептуры контрольной и модельной вареной ветчины

Ингредиенты	Контроль	Опыт
Основное сырье, кг		
Филе грудки куриное с кожей, кусочки 25 мм	85	85
Филе грудки куриное, фарш 4–5 мм	15	15
Вспомогательное сырье, кг		
Вода	10	17
Psyllium P99	0	1,1
Пшеничная клетчатка в составе функционального модуля	0	0,2
Картофельная клетчатка в составе функционального модуля	0	0,5
Коллагеновый ферментолитат губ крупного рогатого скота в составе функционального модуля	0	0,2
Нитритно-посолочная смесь (0,9 %)	2	2
Сахар-песок	0,2	0,2
Чеснок сушеный	0,25	0,25

Продолжение таблицы 75

Перец черный	0,23	0,23
Орех мускатный	0,25	0,25
Итого:	112,9	121,9

Кроме предусмотренной технологической инструкцией сырья и материалов, опытный образец с внесением пищевых волокон позволил увеличить в рецептуре содержание воды на 7 л из расчета на 100кг основного сырья, по сравнению со стандартной рецептурой в контрольной образце. Это увеличение соответствует расчетной гидратации исследуемой смеси. Такое дополнительное внесение увеличит выход колбасного изделия на 5–8 %, что положительно скажется на ценообразовании продукта.

В качестве объекта исследования были выбраны модельные рецептуры рубленых ветчинных изделий из мяса цыплят-бройлеров с использованием смеси пищевых волокон, не имеющих «кодификации Е» по Международной системе классификации пищевых добавок. Технологическая схема выработки мясных ветчинных продуктов представлена на рисунке 65.

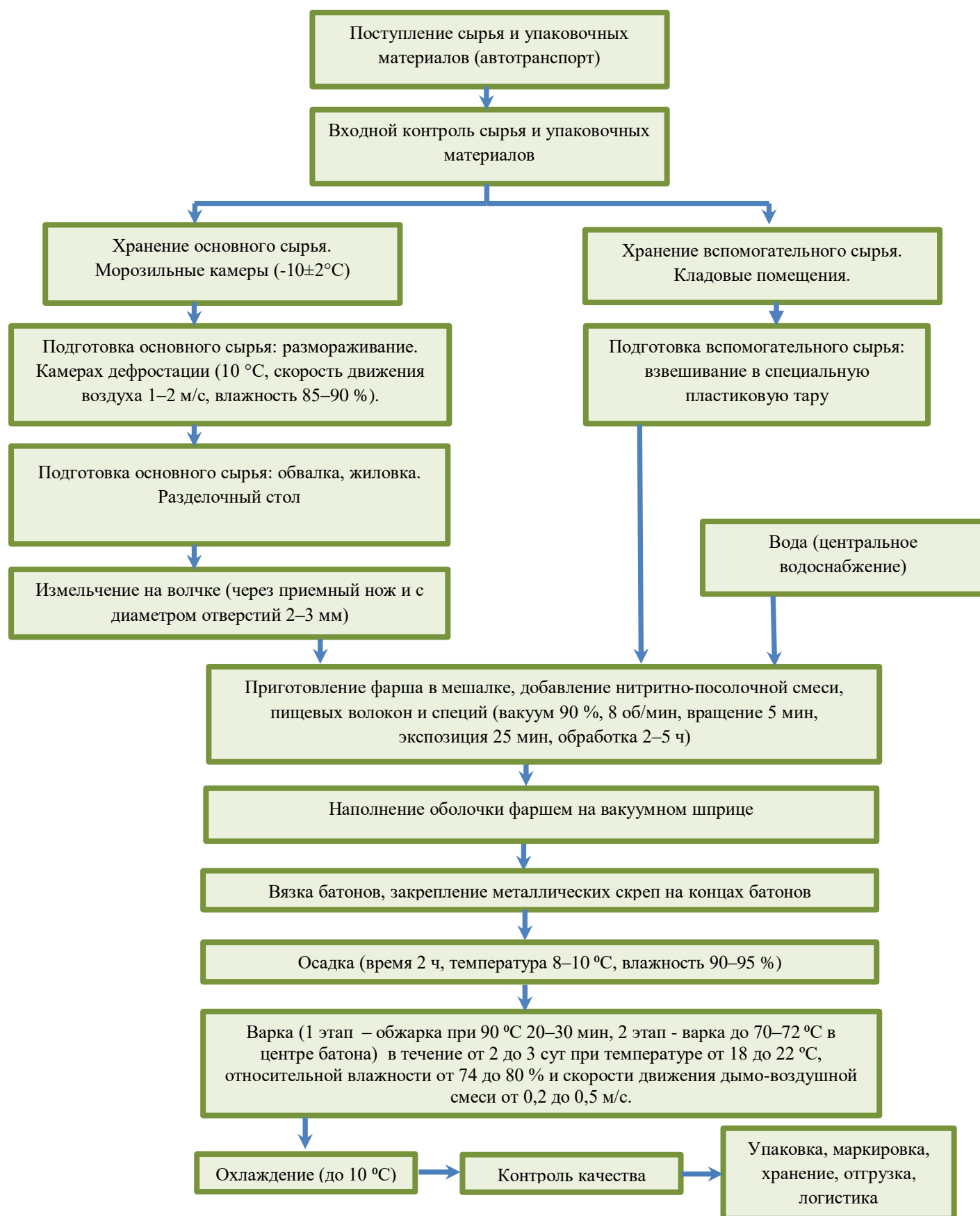


Рис. 65. Технологическая схема выработки реструктурированных продуктов из мяса птицы

После убоя тушки цыплят-бройлеров выдерживались в холодильной камере при температуре $(0-2)$ °С в течении 24 ч, затем отделяли кусковое мясо, которое подвергали посолу и измельчению.

Для производства рубленых ветчинных изделий охлажденное мясо –грудки цыплят-бройлеров, полученные после обвалки и жиловки, измельчали на мясорубке, часть через приемный нож и часть через отверстие с $d_{\text{отв.реш}} = 2 - 3$ мм. Далее производился сухой посол мясного сырья, в течении суток.

В качестве источника растворимых пищевых волокон выбран использование Psyllium со степенью очистки P99, источником нерастворимой клетчатки стали пшеничные и картофельные волокна.

Подготовленные сухие компоненты в том числе специи и пищевые волокна вносили в фарш, в контрольный образец пищевые волокна не вносили. Производили массирование ветчинного фарша при следующих параметрах: $t=(2\pm 2)$ °С, продолжительность 2 ч, вакуум 90 %, вращение 8 об/мин, в течение 5 минут, выдержка 25 мин.

После вымешивания осуществляли наполнение фарша в колбасные целлюлозные, непроницаемые оболочки с $d_{\text{оболочки}} = 60$ мм, массой по 500г.

Термическую обработку проводили поэтапно, сначала обжарка при 90°С 30 мин, далее варка до 70–72 °С в центре батона.

В готовых рубленых ветчинных изделиях, согласно ГОСТ 31639-2012, определяли органолептические показатели, показатели качества (влажность (W), выход готового продукта (η) модуль упругости (МУ), и микробиологические показатели безопасности (КМАФАнМ).

Эксперименты проводились в трехкратной повторности с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95. Математическую обработку результатов осуществляли с применением программ MS Excel.

Далее производили изучение готовых мясных изделий. Полученные результаты позволили оценить различия свойств контрольного и опытного образца.

Водородный показатель (рН) колбасных фаршей оказался мало отличимым, так у контрольного образца рН составил $6,31 \pm 0,01$, а для опытного образца рН = $6,36 \pm 0,01$. Данные результаты рН позволяют сделать заключение, что введение в рецептуру смеси пищевых волокон не оказывает значительного влияния. Отклонение составляет 0,79 %, что можно объяснить увеличенным содержанием влаги, рН которой составляет 7,32.

Итоговые показатели качества вареной ветчины приведены в таблице 17.

Представленные показатели качества подтверждают, что добавление в рецептуру ветчины комплекса пищевых волокон не влияет на остаточное содержание соли, так как разница составляет менее 3,0%, а это изменение можно объяснить большим содержанием влаги. Также аналогично содержанию соли, можно объяснить сдвиг в меньшую сторону содержания белка и жира. Согласно ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» опытную ветчину, с содержанием пищевых волокон 1,66 г на 100г продукта, нельзя назвать как источник пищевых волокон, но можно использовать такие словосочетания как «продукт, обогащенный пищевыми волокнами» или «продукт содержит в своем составе пищевые волокна».

По остаточному содержанию нитрита натрия образцы имели допустимые значения согласно ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясных продуктов».

Таблица 17 – Основные показатели качества модельных образцов ветчины из мяса птицы

Наименование показателя	Контроль	Опыт
Массовая доля влаги, %	$74,49 \pm 0,30$	$74,83 \pm 0,14$
Массовая доля белка, %	$18,67 \pm 0,40$	$17,35 \pm 0,30$
Массовая доля жира, %	$7,17 \pm 0,15$	$6,66 \pm 0,10$
Массовая доля соли, %	$1,71 \pm 0,08$	$1,66 \pm 0,07$
Содержание пищевых волокон, %	$0,10 \pm 0,02$	$1,66 \pm 0,05$
Остаточное содержание нитрита натрия, %	$0,024 \pm 0,0002$	$0,022 \pm 0,0003$

Введение смеси камедей и дополнительной влаги положительно сказывается на сдвиге предельного показателя прочности в ветчине из мяса птицы. Результаты текстурометрических исследований приведены на рисунке 66 и таблице 76.

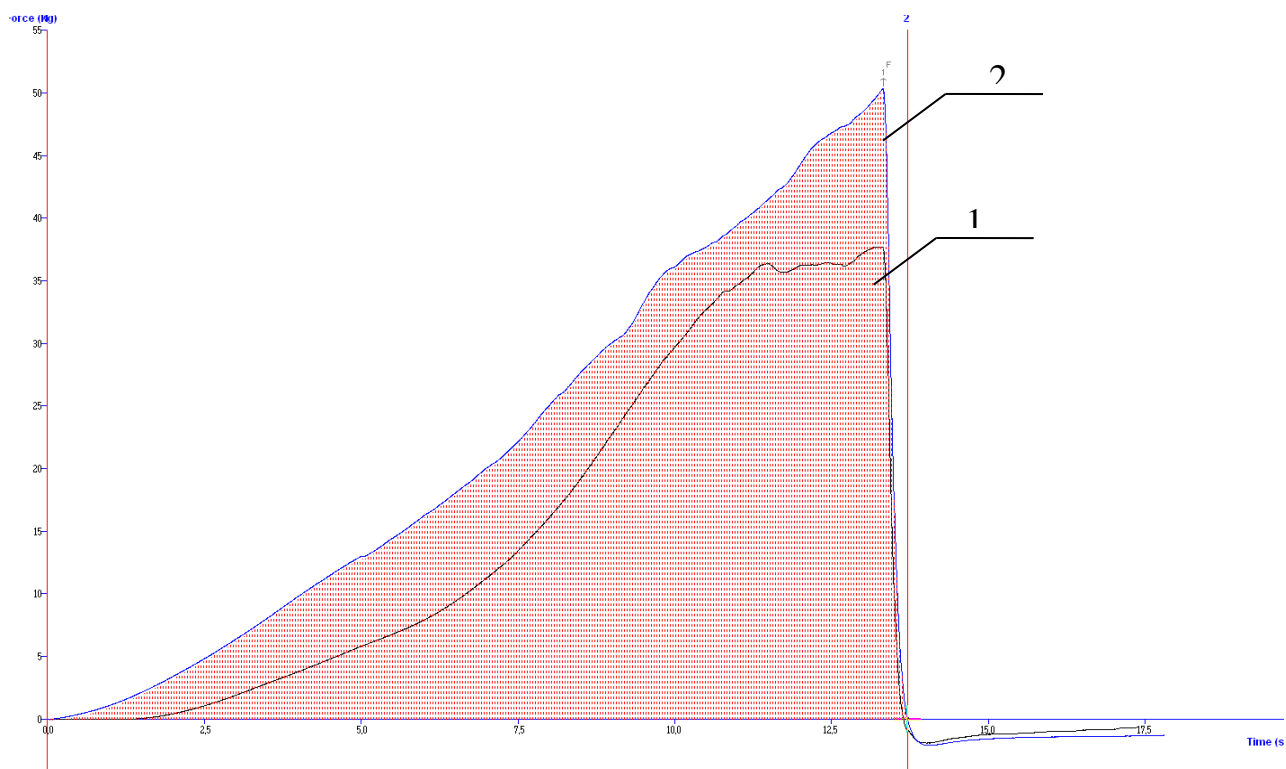


Рис. 66. График измерения прочности реструктурированных продуктов из мяса птицы (1 – контроль; 2 – опыт).

Таблица 76 – Структурно-механические показатели образцов реструктурированных продуктов из мяса птицы

Образец	Максимальная нагрузка, кг	Разрез образца продукта, кг/сек
Контроль	$37,756 \pm 0,2$	$206,802 \pm 0,21$
Опыт	$50,435 \pm 0,4$	$299,864 \pm 0,36$

По результатам измерения прочности мясных продуктов в ячейке Крамера можно судить о следующем влиянии смеси пищевых волокон в опытном образце ветчины из мяса птицы:

1. У опытного образцы увеличена максимальная нагрузка для разрушения на 36,23 %.

2. Аналогично увеличению показателя «максимальная нагрузка» был увеличен показатель «разрез образца продукта». Опытный образец превосходил контроль на 45 %.

Результаты органолептических исследований контрольного и опытного образцов представлены в таблицах 77 (оценочный лист) и 78, рисунке 67.

Таблица 77 – Оценочный лист сенсорных показателей реструктурированных продуктов из мяса птицы

Общая оценка в баллах	Органолептические показатели					
	Внешний вид	Цвет на разрезе	Запах (аромат)	Вкус	Консистенция (упругость, плотность)	Сочность
9	Очень красивый	Очень красивый	Очень ароматно	Очень вкусный	Очень упругий	Очень сочный
8	Красивый	Красивый	Ароматно	Вкусный	Упругий	Сочный
7	Хороший	Хороший	Достаточно ароматный	Достаточно вкусный	Достаточно упругий	Достаточно сочный
6	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно	Удовлетворительно
5	Недостаточно хороший	Недостаточно хороший	Недостаточно хороший	Недостаточно хороший	Недостаточно хороший (рыхлый)	Недостаточно сочный
4	Немного нежелательный	Немного нежелательный	Без запаха	Без вкуса	Немного жестковат, рыхлый	Немного суховат
3	Нежелательный	Немного обесцвеченный	Немного неприятный	Немного неприятный	Жестковат, рыхлый	Суховат
2	Плохой	Плохой	Неприятный	Неприятный	Жесткий	Сухой
1	Очень плохой	Очень плохой	Очень плохой	Очень плохой	Очень жесткий	Очень сухой

Результаты дегустационного анализа были переведены в цифровые баллы и были найдены среднеарифметические значения. Также была определена общая оценка каждого образца. Результаты представлены в таблице 78 и на рисунке 67.

Таблица 78 – Усредненные результаты органолептической оценки

Образец	Внешний вид	Цвет на разрезе	Запах (аромат)	Вкус	Консистенция (упругость, плотность)	Сочность	Общая оценка
Контроль	9,0	7,1	8,0	6,5	7,1	7,2	7,48
Опыт	8,8	8,4	8,2	6,7	8,2	8,0	8,05

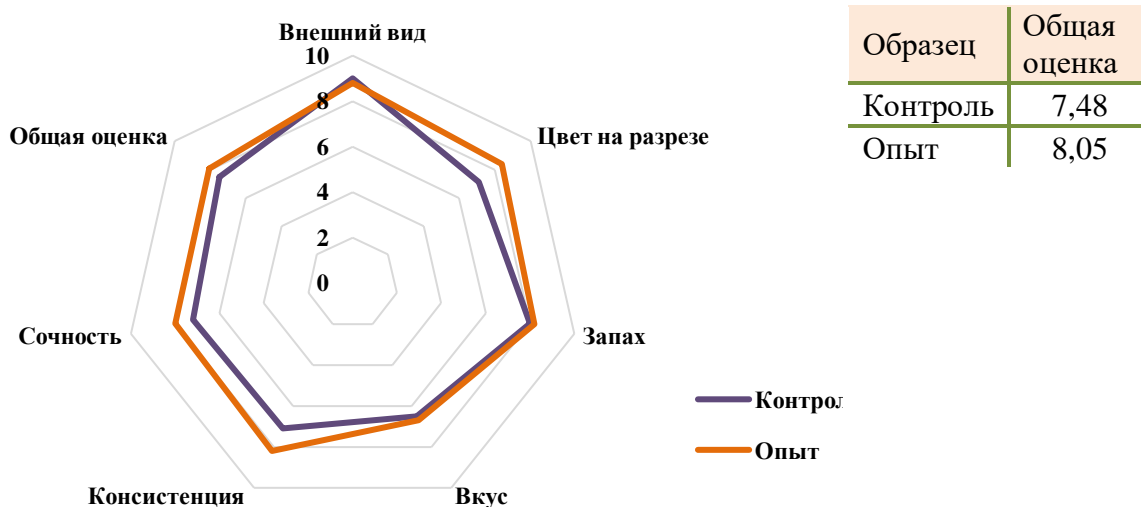


Рис. 67. Органолептическая профилограмма реструктурированных продуктов из мяса птицы

По результатам проведенных исследований наибольший балл получил образец, по рецептуре, представленной в таблице 78. Почти все показатели, кроме внешнего вида, признаны лучше контрольного образца, что свидетельствует об улучшении потребительских свойств после внесения дополнительных ингредиентов.

Визуализация продукта с функциональным модулем на основе коллагенового ферментолізата и комплекса из растворимых и нерастворимых пищевых волокон представлена на рисунке 68.



Рис. 68. Визуализация реструктурированного продукта из мяса птицы с паприкой и функциональным модулем

Для определения безопасности продукции были проведены микробиологические исследования на содержания патогенных микроорганизмов, согласно требованиям ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции. Результаты представлены в таблице 79.

Таблица 79 – Результаты микробиологических исследований реструктурированных продуктов из мяса птицы

Показатель	Значение показателя в	
	контроле	опыте
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	0,8x10 ⁶	0,7x10 ⁶
Плесени, КОЕ/г, не более	40	40
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	–	–
<i>Listeria monocytogenes</i> , не допускаются в массе продукта, г	–	–

По результатам исследований содержание мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов не превышает допустимые показатели. Бактерии группы кишечных палочек, плесеней и *Listeria monocytogenes* не обнаружены.

Измерение цветовой показатель (таблица 80) на оборудовании «Hunter Lab 10/D65» проводили через 12 ч после завершения технологического процесса производства.

Таблица 80 – Цветовые показатели образцов реструктурированных продуктов из мяса птицы

Цветовая характеристика	Значение показателя в	
	контроле	опыте
L	79,90	87,43
a	4,52	4,77
b	12,09	11,12
ΔS^*	–	+0,11
ΔH^*	–	+0,09

*– изменения по отношению к контролю.

Данные, представленные в таблице 80, позволяют оценить цветовые характеристики реструктурированных продуктов из мяса птицы. В частности, показатель светлоты L в контроле ниже, чем у опытного образца на 9,42 %. Показатель красноты a незначительно выше у опытного образца, что является положительным параметром для данного вида продукции. Показатель желтизны b высокий у контрольного образца, разница составляет 8,7%. Следовательно, через 12 ч после приготовления модельных мясных колбасных изделий наблюдается положительные изменения цветовых характеристик у опытного образца по сравнению с контрольным. Это коррелирует со значениями показателями ΔS (цветовая насыщенность) и показателя ΔH (показатель, фиксирующий различие по цветовому тону).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ

1. Расширены сведения о биохимических и физико-химических характеристиках ферментных препаратов, обладающих коллагеназной активностью – коллагеназа из гепатопанкреаса камчатского краба, коллагеназа, продуцируемая грибом *Flammulina*. Проведена сравнительная оценка глубины гидролитических процессов и сродства выбранных ферментов в препаратах к исследуемым субстратам (казеинат натрия, коллаген и эластин), которые оказывают важное влияние на производственный процесс. Разработан и научно обоснован способ, позволяющий получить продукты ферментативной обработки побочного коллагенсодержащего сырья. Целесообразность применения подобранных параметров биомодификации (для лёгкого и мясной обрезки КРС продолжительность модификации составляет 2 ч при концентрации коллагеназы, продуцируемая базидиомицетом 0,05 %; для рубца – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,01 %; для свиных шкур – 4 ч при концентрации ферментного препарата 0,10 %; для кожи рыбы (карп) – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,01 %; для губ КРС – 2 ч при концентрации ферментного препарата 0,02 %), позволяет получить продукты ферментативной обработки, способных образовывать плотные структуры в результате образования крупных фрагментов коллагеновых волокон с молекулярной массой в среднем 216 кДа.

2. На основе методов дифференциально-сканирующей микро-и калориметрии доказана возможность комплексообразования концевых групп модифицированного коллагена и легколетучих нутриентов, позволяющая повысить сохранность минорных компонентов в технологическом цикле производства мясных и рыбных продуктов питания. В частности, легколетучие вещества иммобилизируются на пространственной сетке волокон модифицированного коллагена, что подтверждается энтальпией денатурационного

перехода основной компоненты, равной 6,8 Дж/г, и температурой максимума пика – 44,3 °С.

3. Предложена концепция сохранности биологически активных веществ в технологическом цикле производства продуктов питания при проектировании мясных и рыбных пищевых систем на основе возможности комплексообразования концевых групп модифицированного коллагена и легколетучих/ термолабильных нутриентов, что доказано дифференциально-сканирующей микрокалориметрией. Сформулированы принципы создания фортифицированных продуктов питания на мясной и рыбных основах, предусматривающие целенаправленное сочетание компонентов растительного и животного происхождения в составе функциональных модулей с учетом их состава и трансформации свойств в процессе предварительных технологических обработок.

4. Используя аппарат математического моделирования, опираясь на принципы пищевой комбинаторики и медико-биологические требования, разработаны составы функциональных модулей для использования в качестве комплексного ингредиента в рецептурах продуктов питания на мясной и рыбных основах, соответственно. Калейдоскоп результатов качественных показателей мясных и рыбных продуктов позволил установить их целевое назначение. Доказано «in vitro» и «in vivo» увеличение пищевой и биологической ценности готовых к употреблению продуктов, что подтверждает факт их функциональной направленности. Предложена классификация функциональных модулей для использования в технологии мясных и рыбных продуктов питания, отражающая взаимосвязь в системе их производства вида белоксодержащих ингредиентов, характера их предварительной обработки, условий и параметров технологических особенностей и функциональной направленности, что способствует развитию информационного обеспечения в области создания многокомпонентных продуктов питания на мясной и рыбной основах.

5. На основании теоретических положений и полученного экспериментального материала предложены патентоспособные технические

решения (Приложение 1), проведена промышленная апробация разработанных технологий с использованием функциональных модулей (Приложение 2) и разработаны пакеты нормативной документации (Приложение 3). Экономическая эффективность предложенных технических решений обусловлена снижением удельного расхода основного сырья рецептур, социальная значимость – созданием продуктов, сбалансированных по пищевой и биологической ценности.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- ПФО – продукт ферментативной обработки;
- ЛФО – легкое ферментативной обработки;
- РФО – рубец ферментативной обработки;
- ОФО – мясная обрезь ферментативной обработки;
- ШФО – кожа карпа ферментативной обработки;
- ГФО – губы ферментативной обработки;
- ГПС – глюкозо-пептонная среда;
- СШФО – свиная шкура ферментативной обработки;
- ФМ – функциональный модуль;
- КФ – коллагеновый ферментолитат;
- ВСС – водосвязывающая способность;
- ВУС – водоудерживающая способность;
- ЖУС – жирудерживающая способность;
- ПНС – предельное направление сдвига;
- КСБ-УФ – концентрат сывороточных белков, полученный ультрафильтрацией;
- КЭБ – коэффициент эффективности белка;
- АК – аминокислота;
- ВСАА (от англ. branched chain amino acid) – комплекс АК с разветвленной цепью – валин, лейцин, изолейцин.
- .

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Агафонычев, В.П. Разработка научно-технических основ сублимационной сушки пищевых продуктов / В.П. Агафонычев // Новое в технике и технологии переработки птицы и яиц: сб. науч. тр. – Ржавки: ВНИИПП, 2004. – С. 63.
2. Агунова, Л. В. Анализ производства мясных продуктов функционального назначения для коррекции йододефицитных состояний // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 2. – №. 10 (74). – С. 9-14.
3. Алексеев, А.Ю. Повышение сохранности минорных компонентов в обогащенных вареных колбасах для питания школьников: / А.Ю. Алексеев. – М., – 2010. – 29 с.
4. Алишева, Л. М. Методы получения коллагеназ из *Clostridium histolyticum* / Л. М. Алишева, И. В. Красильников // Инновации в здоровье нации: Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С. 79-82.
5. Ананиадис, Е. Г. Оценка эффективности ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья / Е.Г. Ананиадис, М.И. Яфасова, С.А. Морозова // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2019. – с. 93–95.
6. Ананиадис Е.Г. и др. Получение белковых гидролизатов из коллагенсодержащего сырья / Е.Г. Ананиадис, М.И. Яфасова, С.А. Морозова // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2019. – С. 212–214.
7. Антипова, Л.В. Тенденции развития научных основ проектирования пищевых продуктов / Л.В. Антипова, Н.С. Родионова, Е.С. Попов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – № 1(361). – С. 8-11.
8. Антипова, Л.В. Коллагеновые пленочные покрытия в производстве пищевых продуктов функционального назначения с пролонгированным сроком

хранения / Л. В. Антипова, М. А. Петухов // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Сборник научных статей и докладов X Международной научно-технической конференции. – 2022. – С. 362-371.

9. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов // – М.: Колос, 2001. – 376 с.

10. Антипова, Л. В. Получение коллагеновых пленочных покрытий из шкур прудовых рыб / Л. В. Антипова, М. А. Петухов // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов IX Международной научно-практической конференции. – 2023. – С. 413-416.

11. Антипова, Л. В. Прикладная биотехнология: учебное пособие / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, А.И. Жаринов. – Воронеж: ВГТА, 2000. – 332 с.

12. Антипова, Л.В. Биотехнология коллагеновых пищевых ингредиентов / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев // Мясная индустрия. – 2010. – № 06. – С. 16–18.

13. Антипова, Л.В. Коллагенсодержащее сырье в мясной промышленности – новые тенденции в использовании // Л.В. Антипова, И.А. Глотова, С.В. Полянских, М.М. Данылиев, А.С. Пешков, С.А. Сторублевцев, А.Е. Топоркова // Мясные технологии. – 2008. – №1. – С. 25-30.

14. Антипова, Л.В. Использование вторичного белкового сырья в производстве функциональных напитков / Л.В.Антипова, И.А. Гладкова, М.Е. Успенская // Мясная индустрия. – 2010. – № 9. – С. 34-36.

15. Антипова, Л.В. Использование вторичного коллагенсодержащего сырья мясной промышленности / Л.В. Антипова, И.А. Глотова // СПб.: ГИОРД., 2006. – 384 с.

16. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. – М.: Колос. – 2001. – 376 с.

17. Антипова, Л.В. Свойства пищевых коллагеновых ингредиентов в зависимости от их фракционного состава и способа получения / Л.В. Антипова, С.А. Сторублёвцев // – М.: Мясная индустрия. – 2009. – №10. – С. 49-50.

18. Антипова, Л.В. Химия пищи / Л.В. Антипова, И.А. Рогов, Н.И. Дунченко. – М.: КолосС. – 2007. – 853 с.

19. Антипова, Л.В. Анализ биобезопасности пищевых систем с использованием тест-культуры *Paramecium caudatum* / Л.В.Антипова, И.А. Глотова, И.С. Косенко // Международная научно-практическая конференция: Биотехнология. Вода и пищевые продукты. – М.: ЗАО «Экспо-биохим-технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008. – с. 46.

20. Антипова, Л.В. Сорбционная способность биомодифицированной соединительной ткани убойных животных / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев // Мясная индустрия. – 2009. – №2. – С. 63-64.

21. Антипова, Л.В. Коллагены: источники, свойства, применение / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев С.А. – Воронеж: ВГУИТ, 2014. – 552 с.

22. Антипова Л.В. Коллагены: источники, свойства, применение /Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев / Воронеж: ВГУИТ, 2014. – 525 с.

23. Антипова Л.В. Применение коллагеновых субстанций в отраслях экономики / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, С.Б. Болгов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №. 10–4. – с. 601–604.

24. Антипова, Л.В. Выбор коллагенсодержащего сырья и методов модификации соединительных тканей с целью получения коллагена / Л.В. Антипова, С.А. Сторублевцев, А.В. Гребенщиков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – №. 1. – С. 43–46.

25. Антипова, Л.В., Титов С.А., Пискова М.А., Сухов И.В. Изучение использования модифицированного коллагена пресноводных рыб как материала для средств личной гигиены. Гигиена и санитария. – 2018. №97(8). – С. 714-720.

<https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-8-714-720>

26. Антипова, Л.В. Перспектива применения рыбного коллагена в производстве пищевых продуктов / Л. В. Антипова, М. А. Пискова // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 3(26). – С. 535.

27. Антипова, Л.В. Сравнительные свойства коллагеновых белков рыбного и животного происхождения / Антипова Л.В., Сторублевцев С.А. / Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2016. – №5. – С. 37-41.

28. Апраксина, С.К. Разработка технологии белкового продукта из коллагенсодержащего сырья и его использование в производстве вареных колбасных изделий: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Апраксина Светлана Константиновна. – М., – 1996. – 160 с.

29. Апраксина, С.К. Влияние соевого лецитина на качество вареных колбасных изделий // С.К. Апраксина, Е.А. Струкова, В.Н. Новикова // Мясные технологии. – 2004. – №6 (18). – С. 7-20.

30. Артемьева, И.О. Использование композитов на основе модифицированного коллагена в технологии мясных продуктов // Мясные технологии. – 2017. – №. 3. – С. 40-42.

31. Артемьева, И.О. Использование коллагенсодержащего комплекса в технологии мясных продуктов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2018. – №28. – С. 20-23.

32. Асланова, М.А. Функциональные продукты на мясной основе, обогащенные растительным сырьем // Мясные технологии. – 2010. – №6. – С. 32.

33. Баер, Н.А. Выделение фракций коллагена из шкур сельскохозяйственных животных водно-солевой экстракцией / Н.А. Баер, А.Ю. Леонов, А.Д. Неклюдов // Экологические системы и приборы. – 2005. – №3. – С. 18-22.

34. Баженова, Б.А. Изучение белковой фракции биомодифицированного рубца КРС / Б.А. Баженова, А.Б. Эжинова, А.М. Данилов // Образование и наука: Материалы национальной научно-практической конференции. Сер. «Пищевые технологии». – 2020. – С. 24-28.

35. Баженова, Б.А. Исследование свойств коллагенсодержащего животного сырья, модифицированного ферментным препаратом / Б.А. Баженова, А.Г. Бурханова, А.Ц. Жаргалова [и др.] // Все о мясе. – 2022. – № 1. – С. 48-52.

36. Бажина, К.А. Современные и традиционные возможности модификации вторичного сырья мясной промышленности / К. А. Бажина, И. П. Ануфриев // Современный научный вестник. – 2016. – Т. 11. – № 2. – с. 172-178.

37. Баранов, Б.А. Внедрение математического моделирования в сфере разработки рецептур функциональных пищевых продуктов / Б.А. Баранов, Е. В. Дырива, Д. И. Шишкина // Наука и образование: проблемы и стратегии развития. – 2016. – № 1(2). – С. 151-158.

38. Баранов, Б.А. Использование средств информационных технологий при разработке рецептур функциональных пищевых продуктов / Б.А. Баранов, Д.И. Шишкина, Е.В. Дырива // Новое слово в науке: перспективы развития. – 2016. – №. 2. – С. 105-111.

39. Белитов, В.В. Совершенствование технологии вареных колбас с белково-жировыми композициями: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Белитов Вадим Викторович. – М., 2002. – 143 с.

40. Белоусова, С.В. Влияние ферментных препаратов на глубину гидролиза коллагенсодержащего сырья / С.В. Белоусова, О.В. Косенко, В.С. Коробицын // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2014. – №. 4. – С. 84–86.

41. Бобренева, И.В. Математическое моделирование в технологиях продуктов питания животного происхождения: учебное пособие / И.В. Бобренева, С.В. Николаева. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 124 с.

42. Бобренева, И.В. Функциональные продукты питания и их разработка: монография / И.В. Бобренева. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 368 с.

43. Болгова, С.Б. Рыбные коллагены: получение, свойства и применение: автореферат дис. канд. биол. Наук; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» – Воронеж, 2015. – 20 с.

44. Болтыхов, Ю.В. Получение и применение в технологии мясных полуфабрикатов композиционных основ с использованием коллагенсодержащего сырья и биологически активных веществ растений / Ю.В. Болтыхов, И.А. Глотова // Вестник ВГТА. – 2008. – № 3 (37). – С. 18–23.

45. Боресков, В.Г. Использование комплексов ферментных препаратов при производстве деликатесной продукции/ В.Г. Боресков, С.А. Докучаев // Мясная индустрия. – 2001. – №7 – С. 38-40.

46. Ванин, С.В. Разработка технологии сухой многофункциональной белоксодержащей смеси для мучных кондитерских изделий // Дис. канд. техн. наук. – М., 2008. – 152 с.

47. Васильева, И.О. Перспективы использования модифицированного коллагена в производстве мясных продуктов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2011. – №. 11. – С. 63–66.

48. Василевич, Ф.И. Повышение качества шкурок хоря при использовании продуктов вторичной переработки сырья животного происхождения / Ф.И. Василевич, А.И. Сапожников, А.С. Окутин, И.М. Гордиенко, З.С. Ручкина, В.Н. Бордачев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – №. 6. – С. 1214-1225.

49. Васюкова, А.Т. Технология производства фаршей длительного хранения / А. Т. Васюкова, Е. И. Иванникова. – М., 2002. – 172 с.

50. Виноградова, А.А., Определение функциональных свойств, продуктов растительного происхождения / А.А. Виноградова, Г.М. Мелькина, Л.А. Фомичева. Агропромиздат, 2001. – 335 с.

51. Вишневская, Т.И. Разработка технологии получения йодосодержащих продуктов из ламинарии японской / Т.И. Вишневская, Н.М. Аминина, О.Н. Гурулева // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). – 2001. – С.163-169.

52. Вудворд, Дж. Имобилизованные клетки и ферменты. Методы: пер. с англ. / под ред. Дж. Вудворда. – М., 1988. – 334 с.

53. Гаязова, А.О. Использование вторичного и растительного сырья в продуктах функционального назначения / А.О. Гаязова, Л.С. Прохасько, М.А. Попова // Молодой ученый. – 2014. – №19. – С. 189–191.

54. Гиро, Т.М. Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза / Т.М. Гиро, С.С. Зубов, А.В. Яшин // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49. – №. 2. – С. 262–269.

55. Гиро, Т.М. Технологии цельномышечных полуфабрикатов, обогащенных животным белком отечественного производства / Т. М. Гиро, А. А. Рогожин // Мясной ряд. – 2021. – № 4(86). – С. 56-60.

56. Глотова, И.А. Реологические характеристики полифункциональных дисперсных систем на основе коллагеновых белков животных тканей / И.А. Глотова, Ю.В. Болтыхов // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 2. – С. 43-44.

57. Глотова, И.А. Инновационные направления в использовании вторичного коллагенсодержащего сырья / И.А. Глотова // Мясные технологии. – 2010. – № 7. – С.56-59.

58. Глотова, И.А. Новые подходы к стабилизации структуры биомодифицированных коллагеновых субстанций / И.А. Глотова, Л.В. Антипова, О.Т. Ибрагимова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 5. – С. 49-53.

59. Глотова, И.А. Инновационные направления в использовании вторичного коллагенсодержащего сырья // Мясные технологии. – 2010. – №7. – С. 56–59.

60. Глотова, И.А. Обоснование условий получения функциональных биомодифицированных коллагеновых субстанций / И.А. Глотова, Н.А. Галочкина // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. ЮА Овчинникова. – 2014. – Т. 10. – №1. – С. 12–19.

61. Глотова, И.А. Модификация коллагена с получением матриц для иммобилизации биологически активных веществ с биопротекторными свойствами / И.А. Глотова, Н.А. Галочкина, В.В. Прянишников // Биотехнология: состояние и

перспективы развития (материалы конференции) – Воронеж: Издательство «РЭД ГРУПП», 2017. – С. 278-279.

62. Гончаров, В.Д., Балакирев Н.А., Селина М.В. Производство продукции животного происхождения в России / В.Д. Гончаров, В.Д., Н.А. Балакирев М.В. Селина // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. – № 82. – С. 133-137.

63. Голомидова, В.И. Разработка технологии получения протеолитических ферментных препаратов на основе микромицетов / В. И. Голомидова, Л. В. Устюжанинова // VIII Пущинская конференция "Биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов. – 2022. – С. 235-237.

64. Горлов, И.Ф. Комплексное исследование белкообразующего сырья животного и растительного происхождения в производстве мясопродуктов / И.Ф. Горлов, О.Х. Манджиев, Л.Г. Сапожникова // II Всероссийская науч.-техн. конф.: Прогрессивные экологически безопасные технологии хранения и комплексной переработки сельхозпродукции для создания продуктов питания повышенной биологической ценности. Углич, 2000. – С. 88-89

65. ГОСТ 25011–2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. – Москва: Стандартинформ, 2018. –13 с.

66. ГОСТ 33319-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли влаги – Москва: Стандартинформ, 2019. – 5 с.

67. ГОСТ 23042-2015. Мясо и мясные продукты. Метод определения жира – Москва: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

68. ГОСТ 31727 - 2012 (ISO 936:1998). Мясо и мясные продукты. Метод определения массовой доли общей золы. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 7 с.

69. ГОСТ 34132-2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения аминокислотного состава животного белка. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 13 с.

70. ГОСТ Р 54354-2011 Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 38 с.

71. ГОСТ 9957-2015. Мясо и мясные продукты. Методы определения содержания хлористого натрия. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 8 с.

72. ГОСТ 9959-2015. Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 19 с.

73. ГОСТ 29299-92 (ИСО 2918-75). Мясо и мясные продукты. Метод определения нитрита. – Москва: Стандартинформ, 2003. – 4 с.

74. ГОСТ 34118-2017. Мясо и мясные продукты. Метод определения перекисного числа. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 9 с.

75. ГОСТ Р 50457-92 (ИСО 660-83). Жиры и масла животные и растительные. Определение кислотного числа и кислотности. Москва: Стандартинформ, 2006. – 7 с.

76. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – Введ. 1990–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 11 с.

77. ГОСТ 19496-2013. Мясо и мясные продукты. Метод гистологического исследования. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 9 с.

78. ГОСТ Р 55483-2013. Мясо и мясные продукты. Определение жирно-кислотного состава методом газовой хроматографии. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 14 с.

79. ГОСТ Р 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 7 с.

80. ГОСТ Р 52816-2007. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – Москва: Стандартинформ, 2010. – 18 с.

81. ГОСТ Р 52814-2007 Продукты пищевые. Методы выявления бактерий рода *Salmonella*. - Москва: Стандартинформ, 2010. – 22 с.

82. ГОСТ 30425-97. Консервы. Метод определения промышленной стерильности. – Москва: Стандартинформ, 1997. – 14 с.

83. Гримов, К.О. Глубокая переработка вторичного белкового сырья животного происхождения для создания функциональных продуктов питания / К. О. Гримов, А.З. Унежев, В. В. Тарасенко // Молодые аграрии Ставрополья: Сборник студенческих научных трудов по материалам 83-й научно-практической конференции. – 2018. – С. 66-70.

84. Гурова Н.В., Методы определения функциональных свойств белковых препаратов / Н.В. Гурова, И.А. Попелло, В.В. Сучков // Мясная индустрия. – 2001. – №9. – С. 30-32.

85. Данилов, А.М. Исследование процесса фрагментации говяжьего рубца под действием лизата / А.М. Данилов, Б.А. Баженова, Т.М. Бадмаева // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр пищевых систем им. ВМ Горбатова РАН, 2016. – №1. – С. 115–116.

86. Долгополова, С. В. Перспективные направления использования коллагена при производстве кулинарной продукции // Наука 21 века: вопросы, гипотезы, ответы. – 2014. – №4. – С. 101–104.

87. Дубинец Е.А. Перспективное направление использования плавников черноморского ската / Е.А. Дубинец // Материалы пула научно-практических конференций: Международной научно-практической конференции, III Международной научно-практической конференции и Научно-практической конференции с международным участием. – 2022. – С. 119-120.

88. Единая межведомственная информационно-статистическая система. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [<http://www.fedstat.ru>].

89. Ежемесячный обзор рынков АПК [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://specagro.ru/sites/default/files/2020-11/obzor-rynka-myasa-9-2020.pdf>. Дата обращения 20.04.2021 г.

90. Елисеева, Л.И. Биологическая ценность субпродуктов якутского скота / Л.И. Елисеева, К.М. Степанов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 5. – С. 93-97.

91. Ефремова, Л.С. Исследование дисперсных параметров и молекулярной массы гидролизата коллагена, полученного из плавательного пузыря северных рыб / Л.С. Ефремова, С.Ф. Иванова, Н.Н. Петрова // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: вклад Д.И. Менделеева в развитие фундаментальных наук, в углубление и расширение образования для устойчивого развития. – 2019. – С. 122-124.

92. Жаринов, А.И. К вопросу рационального использования побочных продуктов убоя в колбасном производстве / А.И. Жаринов, О.В. Кузнецова, Л. А. Текутьева // Мясные технологии. – 2020. – № 4(208). – С. 52-55.

93. Житовский, С. Преимущества замены натуральной черевы на коллагеновую оболочку / С. Житовский // Мясная индустрия. – 2020. – № 5. – с. 15-16.

94. Закирова, Д.Х. Использование белковых гидролизатов в качестве компонента рецептур в мясных продуктах / Д.Х. Закирова, В.Я. Пономарев // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2018. – С. 132–135.

95. Закирова, Д.Х. Использование белковых гидролизатов из коллаген содержащего сырья и применение их в продуктах мясного производства // Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2018. – С. 117–120.

96. Зарубин, Н.Ю. Изучения возможности повышения качественных показателей коллагеновых гидролизатов из кожи рыб за счет обработки органическими кислотами / Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2017. – № 1. – С. 128-130.

97. Зарубин, Н.Ю. К вопросу переработки жилованных отходов мясного сырья и моллюсков для получения высококачественных белковых ферментоллизатов / Н. Ю. Зарубин, О. В. Бредихина, М. И. Бабурина, А. Н. Иванкин // Все о мясе. – 2019. – № 2. – С. 44-48.

98. Зарубин, Н.Ю. Пищевые гидролизаты из коллагенсодержащих отходов от разделки рыбы / Н.Ю. Зарубин, Н.Г. Строкова, О.В. Бредихина // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы VII научно-практической конференции молодых учёных с международным участием. – 2019. – С. 161-165.

99. Зенина, О.В. Технологические приемы модификации коллагенсодержащих субпродуктов / О.В. Зенина, М.Б. Ребезов // Мясная индустрия. – 2012. – №5. – С. 34–36.

100. Зинина, О.В. Влияние биотехнологической обработки на микроструктуру коллагенсодержащего сырья / О.В. Зинина, И.В. Тарасова, М.Б. Ребезов // Все о мясе. – 2013. – №3. – С. 41–43.

101. Зинина, О.В. Характеристика белковых обогатителей из субпродуктов / О.В. Зинина, Д.Р. Тазеддинова Д. Р. // Известия КГТУ. – 2018. – № 48.

102. Зимон, А.Д. Коллоидная химия / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. - М.: АГАР, 2007. – 320 с.

103. Иванкин, А.Н. Особенности коллагена в мясном сырье / А.Н. Иванкин, А.Д. Неклюдов, О.П. Прошина // Мясная индустрия. – 2009. – № 01. – С. 59–63.

104. Иванкин, А.Н. Функциональные белковые добавки для мясных продуктов // Мясная сфера. – М.: – 2007. – №2. – С.15.

105. Иванова, Л.А. Коллаген в технологии лекарственных форм / Л.А. Иванова, И.А. Сычеников, Т.С. Кондрашева. – М.: Медицина, 1984. – 112 с.

106. Игнатьева, Н.Ю. Коллаген – основной белок соединительной ткани // Эстетическая медицина том IV. – М.: – 2005. – № 3. – С. 257-258.

107. Исмаилова, Д.Ю. Подскорлупная оболочка – уникальный источник коллагена и цистеина / Д. Ю. Исмаилова, С. В. Зиновьев, В. Г. Волик // Птица и птицепродукты. – 2021. – № 5. – С. 15-17.

108. Использование биотехнологической обработки коллагенсодержащего сырья для получения белковых гидролизатов / С.А. Морозова, В.Я. Пономарев, Э.Ш. Юнусов, Г.О. Ежкова // Пищевая промышленность. – 2019. – № 4. – С. 67-69.

109. Ипатова, А. Российский рынок мяса и мясопродуктов / А. Ипатова // Мясницкий ряд. – 2020. – № 1(79). – С. 22-26.

110. Кажымурат, А.Т. Перспективы применения коллагена в пищевой промышленности / А.Т. Кажымурат, Р.У. Уажанова, Н.Н. Ахметсадыков, [и др.] // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции / [под общей редакцией С.С. Чернова]. – Новосибирск: Издательство «Центр развития научного сотрудничества», 2017. – С. 7-14.

111. Каплин, В.Л. Исследование процессов переработки отходов кожевенно-обувных производств и создание технологического оборудования: автореф. дис. канд. техн. наук. - М.: МГУ сервиса, 2000. – 23 с.

112. Каспарьянц, С.А., Соколов А.Ю. Использование белоксодержащего сырья и его отходов / С. А. Каспарьянц, А.Ю. Соколов // Аграрная наука. – 2000. – № 4. – С. 18-20.

113. Касьянов, Г.И. Сушка сырья и производство сухих завтраков / Г.И. Касьянов, Г.В. Семенов, В.А. Грицких и др. – М.: ИКЦ «МарТ», 2004. – 150 с.

114. Кащенко, Р.В. Разработка способа ферментативной обработки коллагенсодержащего сырья и его применение в технологии вареных колбас : дис ... канд. техн. наук. –М.: Моск. гос. ун-т приклад. биотехнологии, 2007. – 179 с.

115. Кийкова, А.С. Гидролизированный коллаген-аналог пищевых волокон животного происхождения / А.С. Кийкова, Л.В. Антипова, С.А. Сторублёвцев // Успехи современного естествознания. – 2011. – №7. – С. 118–119.

116. Климова, Е.В. Использование биотехнологических процессов при производстве мясных продуктов биокорректирующего действия / Е.В. Климова, А.А. Запорожский, Э.Ю. Мишкевич // Все о мясе. – 2014. – №5. – С. 47-51.

117. Клипак, М.Б. Влияние первичной обработки кожи минтая на содержание коллагена / М.Б. Клипак, Т.Н. Слуцкая // Балтийский морской форум: материалы X Международного Балтийского морского форума. – 2022. – С. 79-83.

118. Ковалев, А.Н. Коллаген некоторых видов рыб и беспозвоночных / А.Н. Ковалев, Н.Н. Ковалев, Т.Н. Пивненко // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: Материалы VI Международной научно-технической конференции. – 2020. – Т.2. – С. 45-48.

119. Ковалев, А.Н. Определение рациональных параметров предварительной обработки сырья с целью повышения выхода коллагена из шкур минтая / А.Н. Ковалев, Ю.М. Поздняков, Н.Н. Ковалев, Р.В. Есипенко // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности российской федерации. – 2023. – С. 215-220.

120. Колпакова, В.В., Химия пищевого белка: Учебное пособие. В.В. Колпакова, А.П. Нечаев. – М.: МГУПП, – 2003. – 87 с.

121. Корж, А.П. Коллаген: необходимый белок для здорового питания / А. П. Корж, Ю. Г. Базарнова // Мясная индустрия. – 2019. – № 7. – С. 7-10.

122. Костылева, Е.В. Использование протеолитических ферментов для получения белковых гидролизатов пищевого назначения из вторичного сырья / Е. В. Костылева, А. С. Серeda, И. А. Великорецкая [и др.] // Вопросы питания. – 2023. – Т. 92. – № 1(545). – С. 116-132.

123. Костылева, Е.В. Сравнение эффективности различных препаратов бактериальных протеаз при гидролизе коллагена / Е.В. Костылева, А.С. Серeda, И.А. Великорецкая, Н.В. Цурикова // Пищевая промышленность. – 2021. – № 11. – С. 67-69.

124. Котелова, К.В. Гидролитическая переработка белкового сырья / К.В. Котелова, М.А. Привизенцева, Д.А. Смыслова, А.Н. Иванкин // Пища. Экология. Качество. – 2020. – С. 314–317.

125. Кравченко, В. Объемы мяса птицы в стране растут / В. Кравченко // АПК эксперт: Животноводство России. Птицеводство. – 2023. – №48. – С. 5-8.

126. Крылова, В.Б. Сравнительный анализ воздействия биофакторов на соединительную ткань рубца / В.Б. Крылова, Т.В. Густова, А.А. Еремцова // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2016. – № 1. – С. 178-180.

127. Кузьминский, Р.В. Соя в пищевых продуктах / Р.В. Кузьминский, В.Н. Мыриков // Пищевая промышленность. – М.: – 1999. – №1. – С. 62-65.

128. Курчаева, Е.Е. Использование композитов на основе растительного сырья в технологии мясных изделий комбинированного состава / Е.Е. Курчаева, И.В. Максимов, А.О. // Европейские научные исследования. – 2017. – С. 27-31.

129. Курчаева, Е.Е. Особенности переработки вторичных ресурсов мясной промышленности с использованием микробной ферментации / Е.Е. Курчаева, В.Л. Пашенко, И.В. Максимов // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2018. – №2. – С.131-138.

130. Лебедева, Л.И. Использование субпродуктов в России и за рубежом / Л.И. Лебедева, В.В. Насонова, М.И. Вережкина // Все о мясе. – 2016. – №5. – С. 8-12.

131. Лебедева, Л.И. Применение субпродуктов в колбасном производстве / Л.И. Лебедева, В.В. Насонова, М.И. Вережкина // Мясная индустрия. – 2013. – № 12. – С. 20-24.

132. Леонова, В.Н. Разработка технологии новых видов мясных фаршевых продуктов с использованием фосфолипидных комплексов / Дис. канд., техн. наук. // М.: МГУ Пищевых Производств, 2013. – 188 с.

133. Лескова, С.Ю. Перспективы рациональной переработки аборигенного крупного рогатого скота / С.Ю. Лескова, А.Ц. Жаргалова, М.Б. Данилов, И.А. Ханхалаева // ВЕСТНИК ВСГУТУ. – 2022. – №3. – С. 14-20.

134. Липатов, Н.Н. Совершенствование методики проектирования биологической ценности пищевых продуктов / Н.Н. Липатов, А.Б. Лисицын, С.Б. Юдина // Мясная индустрия. – 1996. – № 1. – С. 14-15.

135. Лисин, П.А. Композиционное проектирование поликомпонентных продуктов питания // П.А. Лисин, Е.А. Молибога, Т.Д. Воронова, Ю.С. Савельева, И.В. Кистер. – Аграрный вестник Урала. – № 12 (118). – 2013. – С. 42-46.

136. Лисицын, А.Б. Расчет нутриентной сбалансированности поликомпонентных мясных продуктов с использованием компьютерных технологий / А. Б. Лисицын, М. А. Никитина, Е. Б. Сусь // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – 2015. – № 1. – С. 299-305.

137. Лисицын, А.Б. Экономические проблемы мясной отрасли АРК Российской Федерации / А.Б. Лисицын, Н.Ф. Небручилова, И.П. Волынская // Под общ. ред. Академика РАСХН А.Б. Лисицына. – М.: ВНИИМП, 2013. – 336 с.

138. Лукин, А.А. Гистологические изменения субпродуктов II категории крупного рогатого скота под действием ферментного препарата животного происхождения // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – Т.5. – С. 28–33.

139. Лукин, А.А. Рецептура белкового обогатителя для колбасных изделий // Вестник современных исследований. – 2017. – №9. – С. 115-119.

140. Лукин, А.А. Структурно-механические и химические особенности нативного коллагена / А.А. Лукин // Международное сотрудничество: опыт, проблемы и перспективы: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Кемерово: Издательство «Западно-Сибирский научный центр», 2020. – С. 51-54.

141. Мазлоев, В.З., Хайруллина О.И. Импортзамещение и экспорт мяса: проблемы экономической доступности – за и против/ В.З. Мазлоев, О.И. Хайруллина // АПК: Экономика, управление. 2019. – №6. – С. 44-54.

142. Максимова, С.Н. Получение биологически ценного белкового продукта из отходов икорного производства путем их биомодификации / С.Н. Максимова, Д.В. Полещук, Л.Ю. Подленный // Пищевая промышленность. – 2023. – № 3. – С. 52-55.

143. Мануйлов, А.Н. Разработка технологии получения низкомолекулярного хондроитин-коллагенового гидролизата и гранулированного минерального преципитата из вторичного рыбного сырья: дис. канд. техн. наук: 2.7.1. Биотехнологии пищевых продуктов, лекарственных и биологически активных веществ / Мануйлов Андрей Николаевич; ИТМО – Санкт-Петербург, 2022. – 358 с.

144. Махова, А.А. Изучение ферментативной активности рекомбинантной металлопептидазы, предназначенной для применения в мясной промышленности / А.А. Махова, М.Ю. Минаев, А.В. Куликовский // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88. – №4. – С. 95-104.

145. Мезенова, Н.Ю. Изучение глубокой переработки побочного мясокостного говяжьего сырья с получением функциональных органических композиций / Н.Ю. Мезенова, С.В. Агафонова, О.Я. Мезенова, Л.С. Байдалинова // Все о мясе. – 2020. - №5. – С. 207-212.

146. Мезенова, О.Я. Сравнительная оценка способов гидролиза при получении протеиновых продуктов из коллагенсодержащего рыбного сырья и оценка их качества / О.Я. Мезенова, В.В. Волков, А.Хелинг, Т. Мерзель // Известия КГТУ. – 2018. – №49. – С. 126-144.

147. Мелещеня, А.В. Изучение минерального профиля различных видов коллагенсодержащего сырья / А.В. Мелещеня, С.А. Гордынец, И.В. Калтович // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – Федеральное государственное бюджетное научное

учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, 2018. – №1. – С. 160-164.

148. Мелещеня, А.В. Аминокислотный состав и сбалансированность коллагенсодержащего сырья // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2018. – Т. 56. – №4. – С. 492-503.

149. Мелещеня, А.В. Пищевая и биологическая ценность мясных паштетов с использованием эмульсий из коллагенсодержащего сырья, прошедшего технологическую подготовку / А.В. Мелещеня, Т.А. Савкльева, И.В. Калтович // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2020. – Т. 58. – №4. – С. 495-503.

150. Милюков, П.С. Цветные коллагеновые оболочки DEVRO / П. С. Милюков // Мясные технологии. – 2017. – № 6(174). – С. 14-15.

151. Минаев, М.Ю. Применение металло-пептидаз для ферментативной обработки мясного сырья и коллагенсодержащего сырья / М.Ю. Минаев, А.А. Еремцова // Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. – 2016. – С. 352-357.

152. Митасева, Л.Ф. Метод определения содержания белка на полуавтоматическом приборе Къельтек : метод.указан. / Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина, С.М. Мухина, А.В. Стефанов. – М.: МГУПБ, 2004. – 14 с.

153. Митряшкина, О. А. Консервированные продукты на основе сердец животных как источники коллагена и железа / О. А. Митряшкина, Л. В. Шульгина, Ю. П. Шульгин // Индустрия питания. – 2020. – Т. 5. – №3. – С. 44-51.

154. Михайлов, А. Н. Химия и физика коллагена кожного покрова: монография / А. Н. Михайлов. М.: Легкая индустрия, 1980. – 233 с.

155. Михайлова, Н.А. Биологические и реологические свойства коллагена, сшитого глутаровым альдегидом / Ю.А. Нащекина, О.А. Луконина, Д.М. Дарвиш, А.В. Нащекин, В.Ю. Елоховский, В.Е. Юдин, Н.А. Михайлова, ЖТФ. – 2020. – Т.9. – №90. С. 1601–1606.

156. Мишкевич, Э. Ю. Проектирование белкового композита из коллагенсодержащего сырья и белков бобовых культур для мясных продуктов биокорректирующего действия / Э.Ю. Мишкевич, А.А. Запорожский // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2014. – №5. – С. 59.

157. Могильный, М.П. Пищевые и биологически активные вещества в питании / М.П. Могильный. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 240 с.

158. Морозова, С.А. Получение белковых гидролизатов из коллагенсодержащего сырья и их применение в мясной промышленности / С.А. Морозова, Г.О. Ежова, В.Я. Пономарев // Пищевые технологии и биотехнологии. – 2019. – С. 22-24.

159. Морозова, С.А. Использование биотехнологической обработки коллагенсодержащего сырья для получения белковых гидролизатов / С.А. Морозова, В.Я. Пономарев // Пищевая промышленность. – 2019. – №4. – С. 67-69.

160. Морозова, С.А. Разработка технологии получения стабилизатора для мясной промышленности с использованием белковых гидролизатов / С.А. Морозова, Е.Г. Ананиадис, М.И. Яфасова // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации. – 2019. – С. 165-167.

161. Мурашев, С.В. Влияние разрушения структуры коллагена на гидрофильные свойства продуктов этого процесса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – №3. – С. 23.

162. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2019 году государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/ee2/ee27e6610427e83893ec7f8ff4206f87.pdf> Дата обращения 28.04.2021 г.

163. Неклюдов, А.Д. Коллаген: получение, свойства и применение: монография / А.Д. Неклюдов, А.Н. Иванкин. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 346 с.

164. Нестерова, С.И., Балыкова Л.Н. Анализ производства и потребления мяса в Российской Федерации // Вестник Самарского муниципального института управления. 2019. – № 1. – С. 75-82.

165. Никитина, З.К. Сравнительное изучение коллагенолитической активности микромицетов / З.К. Никитина, И.К. Гордонова // Евразийский союз ученых. – 2018. – № 11–1(56). – С. 9-12.

166. Николаева, Т.И. Получение коротких пептидов коллагена II типа: температурные условия гомогенизации хрящей и гидролиз коллагена / Т.И. Николаева, С.М. Кузнецова, В.И. Емельяненко [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2021. – Т.171. – №1. – С. 38-42.

167. Об утверждении Доктрины продовольствия безопасности Российской Федерации от 21 января 2020 г. №20. [Электронный ресурс] / Консультант Плюс. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343386/. Дата обращения 20.02.2021 г.

168. Осянин, Д.Н. Рынок мяса и мясных продуктов за январь 2021 года / Д.Н. Осянин, И.В. Петрунина // Рынок мяса и мясных продуктов. – 2021. – №2. – С. 2-17.

169. Патент РФ №2478299. Способ получения коллагенсодержащей матрицы для иммобилизации биологически активных веществ [Текст] / Е.И. Титов, С.К. Апраксина, Л.Ф. Митасева, А.Ю. Соколов, И.О. Васильева, Я.А. Лихачев, В.М. Грищенко.

170. Пат. 2216203 РФ, А23L1/105, А23L1/212, А23J1/18. Способ получения биологически полноценного белкового композита / Рогов И.А., Титов Е.И., Хорольский В.В., Кроха Н.Г. // Заявл. 07.12.2001 – 2001132972/13. Опубл. 20.11.2003.

171. Пат. 2227507 РФ, МПК А 23 L 1/31. Способ получения белкового продукта из коллагенсодержащего сырья / Титов Е.И., Апраксина С.К., Митасева Л.Ф. // – заяв. 05.07.2002; опуб. 27.04. 2004.

172. Пат. 2088103 РФ, МПК А23J1/10. Способ производства белковых препаратов из субпродуктов II категории / Е.И. Титов, С.К. Апраксина, Л.Ф. Митасева и др. - № 95120978/13; заявл. 13.12.1995 ; опубл. 27.08.1997.

173. Перегончая, О.В. Функциональный состав ферментоллизатов продуктов вторичной переработки горбуши и толстолобика по данным ик-фурье-спектроскопии / О.В. Перегончая, О.П. Дворянинова, С.А. Соколова, О.В. Дьяконова // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2020. – №2 (15). – С. 126-132.

174. Перкель, Т.П. Разработка рецептуры нового мясного продукта на основе коллагенсодержащего сырья / Т.П. Перкель, Г.В. Гуринович // Пищевые продукты и экология: сб. науч. раб. / Кемерово: Кемеровский технол. ин-т пищевой промышленности, 1998. – С. 5-7.

175. Петрунина, И.В. Отечественный рынок мяса и мясных продуктов январь-июнь 2022 г./ И.В. Петрунина, А.Н. Захаров, А.Б. Лисицин // Все о мясе. – 2022. – №4. – С. 14-17.

176. Петрунина, И.В. Состояние отечественного рынка мяса и мясных продуктов за I полугодие 2021 года / И.В. Петрунина // Рынок мяса и мясных продуктов. – 2021. – № 7. – С. 2–16.

177. Пивненко, Т.Н. Влияние различных способов обработки вторичного рыбного сырья на фракционный состав белков и относительную биологическую ценность рыбных бульонов / Т.Н. Пивненко, В.В. Кращенко, М.А. Трухина // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: Материалы VI Международной научно-технической конференции. – 2020. – Т.2 (2). – С. 70-74.

178. Писменская, В.Н. Микроструктура мяса и мясопродуктов: учеб.пособие / В.Н. Писменская, Е.М. Ленченко, Т.Г. Кузнецова, Н.Н. Ванина. – М.: МГУПБ, 2005. – 86 с.

179. Полянских, С.В. Биосовместимый полисахарид из коллагенсодержащего сырья переработки птицы / С.В. Полянских // Мясные технологии. – 2010. – № 7. – С. 53-56.

180. Приказ Министерства здравоохранения РФ «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» от 19.08.2016 г. Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784> Дата обращения 20.02.2023 г.

181. Приказ Федеральной службы государственной статистики № 429 «Об утверждении методических указаний по проведению годовых расчетов объемов производства продукции растениеводства и животноводства (в натуральном выражении) в хозяйствах всех категорий» [утвержден от 31 июля 2019 г.]. Режим доступа: (garant.ru).

182. Принципы ХАССП. Безопасность продуктов питания и медицинского оборудования: пер. с англ. О.В. Замятиной. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2006. – 233 с.

183. Применение методов математического моделирования в оптимизационном проектировании технологических процессов производства пищевых продуктов / Е.С. Попов, Е.А. Пожидаева, Е.С. Певцова, А.В. Соколова // Вестник ВГУИТ. – 2019. – №2(80). – С. 47-51.

184. Продовольственная безопасность: международный опыт и российская реальность / В.З. Мазлоев, О.И. Хайруллина // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – №10. – С.13

185. Прянишников, В.В. Пищевые волокна, животные и растительные белки в мясных технологиях // Птица и птицепродукты. – 2013. – №4. – с. 16.

186. Раджабов, О.И. Изучение физико-химических свойств сухого коллагена / О.И. Раджабов, Т. Гулямов, А.С. Тураев // Universum: химия и биология. – 2020. – №10–1 (76). – С. 20-31.

187. Ратушный, А.С. Изменение белков и других азотистых веществ при кулинарной обработке продуктов / А.С. Ратушный, Е.В. Литвинова, Т.В. Иванникова. – М.: МГУ сервиса, 2001. – 106 с.

188. Рачкова, Н.А. Подходы к решению проблемы определения достаточности очистки морского плацентарного коллагена / Н.А. Рачкова, В.В. Соклаков, Б.Ю. Воротников // ИЗВЕСТИЯ КГТУ. – 2022. – №64. – с. 108-118.

189. Рейтинг крупнейших производителей свинины в РФ по итогам 2022 года [Электронный ресурс] / Режим доступа: [https://nssrf.ru/images/statistics/244016_810.pdf].

190. Рогов, И.А. Технология мяса и мясных продуктов / И.А. Рогов, А.Г. Забашта, Г.П. Казюлин // Книга 1. – М.: КолосС, 2009. – 711 с.

191. Рогов, И. А. Общая технология мяса и мясопродуктов / И. А. Рогов, А. Г. Забашта, Г. П. Казюлин // – М.: КолосС, 2000. – 367 с.

192. Рогов, И.А. Проектирование комбинированных продуктов питания: методическое указание / И.А. Рогов, А.И. Жаринов, Ю.А. Ивашкин, Н.И. Дунченко, М.А. Никитина – М.: ФГБОУ ВПО МГУПБ, 2005. – 44 с.

193. Рогов, И.А. Химия пищи. Принципы формирования качества мясопродуктов / И.А. Рогов, А.И. Жаринов, М.П. Воякин. - СПб.: Издательство РАПП, 2008. – 340 с.

194. Рогов, И.А. Структура на наноуровне ферментированной соединительной ткани говядины / И.А Рогов, Т.Н. Данильчук, Г.Г. Абдрашитова // Мясная индустрия. –2013. – №6. – С. 26-28.

195. Рогожин, А.А. Актуальность обогащения мясных продуктов коллагенсодержащими белками / Рогожин А.А., Фоменко Д.В. // XII нац. н.-п. конф. с международным участием «Технологии и продукты здорового питания». – 2021. – С. 707-710.

196. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов: учеб. пособие для вузов / под ред. И.М. Скурихина. – М.: Брандес, Медицина, 1998. – 342 с.

197. Сабралы, С.Е. Изучение влияния коллагеновых пленок на микробную обсемененность мясных полуфабрикатов и качественные показатели в процессе хранения / С.Е. Сабралы, А.Е. Куцова, Ш.А. Абжанова // Инновационные достижения науки и техники АПК: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – 2022. – С. 319-324.

198. Салаватулина, Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р.М. Салаватулина. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 240 с.

199. Сокуренок, М.С., Боков Д. О., Хромченкова Е.П., Васильев А.В., Бессонов В.В. Разработка методики определения инулина в цикории растворимом натуральном после ферментативного гидролиза методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Вопр. питания. 2017. – Т.86. – №5. – С. 50-55.

200. Сафонова, Ю.А. Применение методов математического моделирования при разработке пищевых изделий со сбалансированным составом / Ю. А. Сафонова, С. Н. Черняева, А. Н. Тимашов, И. А. Струненко // Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2020: Сборник трудов III Международного научно-технического форума. – 2020. – С. 101-104.

201. Сборник нормативных показателей по выходу продукции, расходу сырья и материалов, действующих в мясной промышленности. – М., ВНИИМП. – 1997. – 302 с.

202. Селиванова, Д.А. Автоматизированное проектирование рецептур пищевых продуктов / Д.А. Селиванова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2017. – №. 3. – С. 5-8.

203. Семенов, Г.В. Вакуумная сублимационная сушка. Основы теории и практическое применение / Г.В. Семенов, Г.И. Касьянов // М.: МГУПБ, г. Краснодар: КубГТУ, 2001. – 109 с.

204. Семенов, Г.В. Основы теории, техники и технологии сублимационной сушки / Г.В. Семенов. – М.: МГАПБ, 2003. – 92 с.

205. Семенычева, Л.Л. Эффективность протеаз панкреатина и трипсина при ферментативном гидролизе коллагена / Л.Л. Семенычева, М.Н. Егорихина, В.О.

Часова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. – 2020. – Т.12. – №1. – С. 66-75.

206. Сидорова, Ю.С. Оценка биологической ценности белково-пептидного ингредиента функциональных напитков в опытах на растущих мышах / Ю.С. Сидорова, Е.К. Байгарин, В.Е. Мазо // М.: Вопросы питания. – 2012. – №5. – С. 41-46.

207. Скурихин, И.М. Все о пище / И.М. Скурихин. – М.: Химия, 1991. – 286 с.

208. Соколов, А.Ю. Новые тенденции в рациональном использовании сырья животного происхождения // Мясные технологии. – 2015. – №7. – С. 6-10.

209. Соколов, А.Ю. Креативные решения в области рационального использования вторичного сырья животного происхождения / А.Ю. Соколов, Д.И. Шишкина // Мясные технологии. – 2020. – №10. – С. 16-22.

210. Соколов, А.Ю. Перспективы производства студней на основе сырья животного происхождения и растительных ингредиентов / А.Ю. Соколов, Е.И. Титов // Пищевая промышленность. – 2017. – №7. – С. 15-18.

211. Соколов, А.Ю. Гидроколлоиды и волокна в составе пищевых композитов / А.Ю. Соколов, Д.И. Шишкина // Экономически эффективные и экологически чистые инновации. – 2018. – С. 35.

212. Соколов, А.Ю. Влияние волокон пищевых на функционально-технологические свойства мясных систем / А.Ю. Соколов, Е.И. Титов, Е.В. Литвинова, Д.И. Шишкина // Все о мясе. – 2021. – №4. – С. 30-36.

213. Сорокина И.М. Определение оксипролина в мясных продуктах с использованием фотометрии и хроматографии / И.М. Сорокина, Л.А. Соколова, Г.В. Филиппова // Птица и птицепродукты. – 2020. – №1. – С. 66-68.

214. Становова, И.А. Методические подходы к определению развариваемости коллагена / И.А. Становова, А.Н. Иванкин, А.А. Курзова //Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. – Федеральное государственное бюджетное

научное учреждение Федеральный научный центр пищевых систем им. ВМ Горбатова РАН. – 2017. – №. 1. – С. 317–319.

215. Становова, И.А. Методические подходы к определению количественного содержания коллагена в животных белках / И.А. Становова, Н.Л. Вострикова, А.А. Курзова // Все о мясе. – 2017. – №3. – с. 11–13.

216. Сторублёвцев, С.А. Получение и применение функционального гидролизата коллагена соединительных тканей сельскохозяйственных животных: автореферат дис. на соискание ученой степени к.т.н: 05.18.07 / Сторублёвцев Станислав Андреевич. – Воронеж, 2009. – 22 с.

217. Сурнин, Е.В. Свиные ножки – источник биологически активных ингредиентов для пожилых людей / Е.В. Сурнин, А.В. Устинова, А.Н. Иванкин и др. // Мясная индустрия. – 2010. – № 08. – С. 22-26.

218. Сухих, С.А. Изучение коллагеназной активности ферментов микробного, растительного и животного происхождения / С.А. Сухих, О.О. Бабич, Е.В. Ульрих // АгроЭкоИнженерия. – 2021. – №2 (107). – С. 142–148.

219. Требования к безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств : ТР ТС 029/2012 : утвержден Комиссией Таможенного союза 20 июля 2012. – 1-е изд., стер. – Электросталь : ЦНТД «Регламент», 2012. – 407 с.

220. О безопасности рыбы и рыбной продукции : ТР ТС 040/2016 : утвержден Комиссией Таможенного союза 18 октября 2016. – 1-е изд., стер. – Электросталь : ЦНТД «Регламент», 2016. – 142 с.

221. О безопасности мяса птицы и продукции его переработки : ТР ТС 051/2021 : утвержден Комиссией Таможенного союза 17 ноября 2021. – 1-е изд., стер. с изменениями на 15 февраля 2023 г. – Электросталь : ЦНТД «Регламент», 2021. – 125 с.

222. О безопасности пищевой продукции : ТР ТС 021/2011 : утвержден Комиссией Таможенного союза от 09 декабря 2011. – 1-е изд., стер. – Электросталь : ЦНТД «Регламент», 2012. – 164 с.

223. О безопасности мяса и мясной продукции : ТР ТС 034/2013 утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 октября 2013 г. № 68. – Электросталь : ЦНТД «Регламент», 2013. – 108 с.

224. Тимербулатова, А.Т. Биотрансформация как один из способов рационального использования коллагенсодержащего сырья / А.Т. Тимербулатова, А.Я. Гизатов, Н.В. Гизатова // Аграрная наука в инновационном развитии АПК. – 2015. – С. 61–64.

225. Титов Е.И. Модификация растительного и животного сырья в технологии мясных продуктов / Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, С.К. Апраксина // – М.: – 2009. – С. 135-176.

226. Титов, Е.И. Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания: монография / Е.И. Титов, И.А. Рогов, Ю.А. Ивашкин, М.А. Никитина, И.В. Глазкова, Л.Ф. Митасева // – М.: МГУПБ, 2009. – 124 с.

227. Титов, Е.И. Получение высококачественных сухих модифицированных коллагенсодержащих продуктов с использованием сублимационной сушки / Е.И. Титов, Г.В. Семенов, С.Н. Кидяев // Вестник Международной академии холода. – 2016. – №3. – С. 27-30.

228. Тихомирова, Н.А. Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе / Н.А. Тихомирова. – СПб.: Троицкий мост, 2010. – 448 с.

229. Тихонов, С.Л. Активация биокаталитических свойств коллагеназы, предназначенной для применения в технологии / С.Л. Тихонов, И.С. Брашко, Н.В. Тихонова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета, 2020. – №12(165). – С. 184-194.

230. Тихонов, С.Л. Ферментный препарат микробного происхождения и оценка его эффективности при обработке коллагенсодержащего сырья / С.Л. Тихонов, И.С. Брашко, Н.В. Тихонов // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – №9. – С. 67-72.

231. Триерс, И.В. Технохимический и бактериологический контроль в клеевой и желатиновой промышленности: справочник / И.В. Триерс, Р.А. Долматова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.

232. Тутельян, В.А. Микронутриенты в питании здорового и больного человека: справочное руководство по витаминам и минеральным веществам / В.А. Тутельян, В.Б. Спиричев, Б.П. Суханов и др. – М.: Колос. – 2002. – 420 с.

233. Указ Президента РФ № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [утвержден от 21 января 2020 г.].

234. ФАО. 2020. Агропродовольственные рынки и торговая политика в период пандемии COVID-19. Рим. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/ca8446ru>.

235. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosstat.gov.ru>.

236. Хвыля, С.И. Строение субпродуктов и их изменение при технологической обработке / В.А. Пчелкина, С.С Бурлаков // Мясные технологии. – М.: – 2012. – №10. – С. 62.

237. Хвыля, С.И. Особенности микроструктуры и состава некоторых препаратов коллагеновых белков / С.И. Хвыля, В.В. Мельников, О.Е. Усанова // Мясная индустрия. – 2011. – №. 7. – С. 18-20.

238. Худанов, У. О. Таннидная модификация коллагена / У.О. Худанов, Д.А. Умматова, С.А. Жумабоев // Фундаментальная и прикладная наука: новые вызовы и прорывы. – 2020. – С. 332-335.

239. Чернуха, И.М. Образование биологически активных пептидов в мясном сырье под влиянием протеаз различного происхождения / И.М. Чернуха, Н.Г. Машенцева, Н.Л. Вострикова, Л.И. Ковалев // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53. – №6. – С. 1247-1261.

240. Черняков, М.К. Оптимизация рецептур пищевых продуктов методом математического моделирования / М.К. Черняков, Д.В. Госман, М.С. Малгатаева //

Актуальные проблемы экономического развития: Сборник докладов XI Международной заочной научно-практической конференции. - 2020. – С. 405-409.

241. Чертова, А.С. Способы ферментирования коллагенсодержащего сырья / А.С. Чертова, Д.Н. Рузаева // Инновационная наука. – 2017. – №. 12.

242. Яркова, Т.М. Доктрина продовольственной безопасности России - что изменилось в 2020 году /Т.М. Яркова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. – № 6. – С. 7-10.

243. Agriculture and fisheries [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://www.oecd.org/> Дата обращения 28.04.2021 г.

244. Antipova, L.V. Prospects of obtaining and applying wound healing materials based on fish collagen / L.V. Antipova // Materials of 1st International Congress Industrial-academic networks in cooperation activities for pharmaceutical, chemical and food fields. – 2014. – p. 116-120.

245. Avery, N.C. An Efficient for the Isolation of Intramolecular Collagen // Meat Science. – 1995. – V.41. – №1.

246. Badalyan, S.M. Biotechnological exploitation of macrofungi to produce food, pharmaceuticals and cosmeceuticals / S.M. Badalyan, A. Zambonelli // Advances in macrofungi: diversity, ecology, and biotechnology. – 2019. – PP.199-230.

247. Baehaki, A.A. Purification and characterization of collagenase from *Bacillus licheniformis* / A.A. Baehaki, M.T. Suhartono, D. Syah, A.B. Sitanggang, S. Setyahadi, F. Meinhardt. // African Journal of Microbiology Research. – 2012. – V.6. – №10. – PP. 2373-2379.

248. Bailey, A.J. Molecular mechanisms of ageing in connective tissues. Mechanisms of Ageing and Development 2001:122:736-755 / Baily A.J., N.D. Light. – London, N.-Y.: Elseiver Appl. Sc., 1991. – 236.

249. Baily, A.J. Connective tissue in meat and meat products / Baily A.J., N.D. Light. – London, N.-Y.: Elseiver Appl. Sc., 1988. – 356.

250. Barcelos, M. Enzymatic potential for the valorization of agro-industrial by-products / M. Barcelos, C.L. Ramos, M. Kuddus // *Biotechnology Letters*. – 2020. – V. 2. – №10. – PP.1799-1827.

251. Bernath, F.R. Collagen as a carrier for en Bailey A.J. Molecular mechanisms of ageing in connective tissues. *Mechanisms of Ageing and Development* 2001:122:735-756.

252. Bhagwat, P. K. Collagen and collagenolytic proteases: A review / P.K. Bhagwat, P.B. Dandge // *Biocatalysis and agricultural biotechnology*. – 2018. – №15. – PP. 43-55.

253. Brashko, I. The Analysis of Biocatalytic Properties of a Proteolytic Enzyme under the Influence of Physical Factors / I. Brashko, I. Tretyakova, S. Tikhonov // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. – 2021. – V.254. – PP. 10023.

254. Bruckner, P. Collagen suprastructure / P. Bruckner, D. E Birk // *Top. Curr. Chem*. – 2005. – №247. – PP. 185-205.

255. Burgeson, R., Structure and Function of Collagen Types / R. Burgeson, R. Mayne // Orlando: Academi Press, FL, 1994. – PP. 43-45

256. Carlson, J. L Health effects and sources of prebiotic dietary fiber / J. L. Carlson, J. M. Erickson, B.B. Lloyd // *Current developments in nutrition*. – 2018. – T.2. – №3. – PP. 1-7.

257. Charlebois, S., McCormick, M. and Juhasz, M. (2016), Meat consumption and higher prices: Discrete determinants affecting meat reduction or avoidance amidst retail price volatility // *British Food Journal*, V.118 – No. 9. – PP. 2251-2270. <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2016-0121>

258. Crowley, D. C. Safety and efficacy of undenatured type II collagen in the treatment of osteoarthritis of the knee: a clinical trial / D.C. Crowley, F.C. Lau, P. Sharma, M. Evans, N. Guthrie, M. Bagchi, D. Bagchi, D.K. Dey, S.P. Raychaudhuri // *International Journal of Medical Sciences*. – 2009. – V.6. – PP. 312-321.

259. De Boer, J. and Aiking, H. Limiting vs. diversifying patterns of recommendations for key protein sources emerging: a study on national food guides

worldwide from a health and sustainability perspective// British Food Journal, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2020-0126>

260. Eckhart, U. Proteomic protease specificity profiling of clostridial collagenases reveals their intrinsic nature as dedicated degraders of collagen / U. Eckhart, P.F. Huesgen, H. Brandstetter // J. Proteomics. – 2014. – V.100. – PP. 102-114.

261. Eckhart, U. Structural basis for activity regulation and sub-strate preference of clostridial collagenases G, H, and T. / U. Eckhart, E. Schönauer, H. Brandstetter // J. Biol. Chem. – 2013. – V.288. – PP. 20184–20194.

262. EguiRojo, M.A. Experience in the use of collagenase *Clostridium histolyticum* in the management of Peyronie's disease: current data and future prospects / I. I. Moncada, R. J. Carballido, J.I. Martinez-Salamanca // Therapeutic Advances in Urology. – 2014. – V.6. – №5. – PP. 192–197.

263. Exposito, J. Y. The fibrillar collagen family //International journal of molecular sciences. – 2010. – V.11. – №2. –. 407–426-.

264. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2020. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO. [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://doi.org/10.4060/ca9692en>. Дата обращения 15.04.2021 г.

265. Felician, F.F. Collagen from marine biological sources and medical applications. / F.F. Felician, C. Xia, W. Qi, H. Xu. // Chemistry & biodiversity. – 2018. – V.15. – №5. – PP. 700557.

266. Fu, Y. Exploration of collagen recovered from animal by-products as a precursor of bioactive peptides: Successes and challenges / Y. Fu, M. Therkildsen, R.E. Aluko // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2019. – V.59. – №13. – PP. 2011-2027.

267. Gits, P. Collagen's new application / P. Gits, D. Darin // Meat and Poultry. – 2000. – №4. – PP. 65-66.

268. Glotova, I. A. Use of collagen for food fortification / I. A. Glotova, I. A. Glotova // Actual problems of agricultural science, production and education:

Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists. –2021. – PP. 158-159.

269. Gulevsky, A. K. Collagen: structure, metabolism, production and industrial application / A. K. Gulevsky, I. I. Shcheniavsky // *Biotechnologia acta.* – 2020. – V. 13(5). – PP. 42-61.

270. Iwai, K. Identification of food-derived collagen peptides in human blood after oral ingestion of gelatine hydrolysates / K. Iwai, T. Hasegawa, Y. Taguchi // *Journal of Agriculture and Food Chemistry.* – 2005. – 53 (16). – PP. 6531-6536.

271. Iwatani, S. Functional food products in Japan: A review / S. Iwatani, N. Yamamoto // *Food Science and Human Wellness.* – 2019. – V.8. – №2. – PP. 96-101.

272. James, F. S. Rheological methods in food process engineering. Second edition / F. S James. – East Lansing, MI, USA: Freeman press, 1996. – 418 pp.

273. Kadler, K.E. Assembly of collagen fibrils de novo by cleavage of the type I pC-collagen with procollagen C-proteinase / K.E. Kadler, Y. Hojima, D.J. Prockop // *J. Biol. Chem.* – 1987. – PP. 15696-15701.

274. Kamal, S. Mushroom Biology and Advances / S. Kamal, A.Barh, K. Sharma // *Agricultural Biotechnology: Latest Research and Trends.* – 2021. – PP. 661-688.

275. Kasprzak, K. Secondary metabolites, dietary fiber and conjugated fatty acids as functional food ingredients against overweight and obesity // *Natural Product Communications.* – 2018. – V. 13. – №8.

276. Kirkness, M. W. Mechanics and structural stability of the collagen triple helix / M.W. Kirkness, K. Lehmann, N. R. Forde // *Current Opinion.* – 2019. – V.53. – PP. 98-105.

277. Kiselev, V. M. Theory and practice of food combinatory. Case: food compositions for optimal nutrition / V.M. Kiselev, V. P. Meshalkin, T. P. Danko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 2021. – V. 640. – №6. – PP. 062022.

278. Khairullina O.I. Development of Methodological Provisions for the Assessment of National Food Security in Russia // *Turismo-Estudos E Praticas*, 2020 n. 4 (2020): Geplat: Caderno Suplementar, N. 4, Setembro, 2020/ – PP. 1-10.

279. Klein, M. Natural biopolymer-based hydrogels for use in food and agriculture / E. Poverenov, M. Klein // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2020. – V.100. – №6. – PP. 2337-2347.

280. Klettner, P.G. The technology of brawn products // *Fleischwirtschaft*. – 1990. – Bd. 70 - №12. – PP. 1440-1445.

281. Lisitsyn, A. B. Russian methodology for designing multicomponent foods in retrospect / A. B. Lisitsyn, I. M. Chernukha, M. A. Nikitina // *Foods & Raw Materials*. – 2020. – V.8. – №1.

282. Liu, L. S. Hydrogels from biopolymer hybrid for biomedical, food, and functional food applications / L.S. Liu, J. Kost, F. Yan // *Polymers*. – 2012. – V.4. – №2. – PP. 997-1011.

283. Lukin, A. Effects of some food additives on the degree of enzymatic hydrolysis of collagen-containing materials / A. Lukin, O. Babina // *EurAsian Journal of Biosciences*. – 2020. – V.14. – №2.

284. Lukin, A. Effects of some food additives on the degree of enzymatic hydrolysis of collagen-containing materials / A. Lukin, O. Babina // *EurAsian Journal of Biosciences*. – 2020. – V. 14. – №2.

285. Makkapan, W. Characterization of protease activity from hepatopancreas of blue crab / W. Makkapan, P. Narkthewan // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – IOP Publishing, 2019. – V.346. – №1. – PP. 012032.

286. Makki, K. The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease / K. Makki, E. C. Deehan, J. Walter, F. Bäckhed // *Cell host & microbe*. – 2018. – V. 23. – №6. – PP. 705-715.

287. Marggrander K. Technologische Eigenschaftenvon Kollagenhydrolysaten beim Zusatz zu Fleischerzeugnissen und Fertiggerichten // *Die Flecherei*. – 1993. – Bd.44. – №5. – PP. 201-354.

- 288.** Marggrander K. Technologische Eigenschaftenvon KKollagenhydrolysaten beim Zusalt zu Fleischerzeugnissen und Fertiggerichten // Die Fletcherei. – 1993. – Bd.44. – №7. – PP. 538-545.
- 289.** Marquardt, D.W. / Marquardt D.W. // J.Soc. Industr. – 1963. – Appl Math. – V.11. – P.434 – 444.
- 290.** Maynes, R. Structure and function of collagen types / R. Maynes, R.E. Burgeson – London: Elsevier, 2012. – 311 p. – ISBN 0-12-481280-5.
- 291.** Mienaltowski, M. J. Structure, physiology, and biochemistry of collagens / M. J. Mienaltowski, D. E. Birk // Advances in Experimental Medicine and Biology. – 2014. – V. 802. – PP. 5-29.
- 292.** Motero, P. Plaice Skin Collagen Funchtional Propeties // J.Food Science. – 1995. – V.60. – №1. – PP.1-5.
- 293.** Nawaz, A. Valorization of fisheries by-products: Challenges and technical concerns to food industry / A. Nawaz, S. Irshad, Z. Xiong, H. Xiong // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – V.99. – PP. 34-43.
- 294.** Nomura, Yoshihiro. The physicochemical property of shark I collagen gel and membrane / Nomura Yoshihiro, Toki Shinzi, Ishii Yasuhiro, Shirai Kunio// J. Agr. And Food Chem. – 2000. – 48 – № 6. – PP. 2028-2032.
- 295.** Nuñez, S.M. Collagen as a source of bioactive peptides: A bioinformatics approach / S.M. Nuñez, F. Guzmán, P. Valencia, S. Almonacid // Electronic Journal of Biotechnology. – 2020. – V.48. – pp.101-108.
- 296.** Pal, G.K. Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients / G. K. Pal, P. V. Suresh // Innovative food science and emerging technologies. – 2016. – V. 37. – PP. 201-215.
- 297.** Parrat, D. Absorption of collagen of PMMA investigated by XPS, Tof SIMS, AFM: effect of plasma treatment // Polymer preprints. – 1993. – V.34. – PP. 80-81.

298. Parry, DA. The molecular and fibrillar structure of collagen and its relationship to the mechanical properties of connective tissue. *Biophys Chem* 1988. – PP. 195-209.

299. Patino, M. G. Collagen: an overview / M. G. Patino // *Implant dentistry*. – 2002. – V.11. – №3. – PP. 280-285.

300. Pat. 5985337 CIIA A23L1/31 Process for preparing a protein hydrolysate from protein containing animal products / D. Blortz, H. Bohrmann, D. Maier, R. Muller. *Appl.* № 08/906 728. Filed 05.08.1997. Date of patent 16.11.1999.

301. Ponomarev, V. Biotechnological transformation of raw materials with reduced technological properties by proteolytic preparations of various origins // V. Ponomarev, E. Yunusov, G. Ezhkova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2022. – V. 978(1). – PP. 012051.

302. Ponomarev, V. Biotechnological transformation of raw materials with reduced technological properties by proteolytic preparations of various origins / V. Ponomarev, E. Yunusov, G. Ezhkova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2022. – V.978. – №1.

303. Ponomareva, T. Prospects of red king crab hepatopancreas processing: fundamental and applied biochemistry / T. Ponomareva, M. Timchenko, M. Filippov // *Recycling*. – 2021. – V.6. – №1. – PP. 3.

304. Privalov, P.L. Stability and mobility of the collagen structure / P.L. Privalov, E.I. Tiktopulo, V.V. Tischenko // *J. Mol. Biol.* – 1979. – 127. – PP. 203-218.

305. Radenkovs, V. Non-waste technology through the enzymatic hydrolysis of agro-industrial by-products / V. Radenkovs, A. Juhnevica-Radenkova, P. Górnas // *Trends in food science & technology*. – 2018. – V.77. – PP. 64-76.

306. Rebezov, M. Plant ingredients in the formulation of meat products / M. Rebezov, O. Neverova, A. Nesterenko // *International Journal of Modern Agriculture*. – 2021. – V.10. – №2. – PP. 1700-1710.

307. Rogov, I.A. Collagen and its Rational Content in Meat Products. Part 2. Experiments with Growing Rats // *Meat Science*. – 1992. – V.32. – PP.147-153.

308. Rogov, I.A. Collagen and its Rational Content in Meat Products. Part 1. Analytical studies // Meat Science. – 1992. – V.32. – PP. 147-156.

309. Ruhee, R. Dietary fiber and its effect on obesity / R. Ruhee, K. Suzuki // Advanced Medical Research. – 2018. – V.1. – №1. – PP. 1-13.

310. Saxena, S. Microbial enzymes and their industrial applications / S. Saxena // Applied microbiology. – 2015. – PP. 121-154.

311. Shukurlu, Y. Biotechnological aspects of the modification of secondary collagen-containing raw materials–tripe for the production of cost-effective functional meat products / Y. Shukurlu, A. Salmanova, M. Sharifova // Food Science and Technology. – 2022. – V.42.

312. Soliman, G. A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease / G.A. Soliman // Nutrients. – 2019. – V.11. – №5. – PP. 1155.

313. Steinke, F. H. New Protein Food Sin Human Health: Nutrition, Prevention and Therapy / F. H. Steinke, D. H. Waggle, M. N. Volgarev. – CRC Press Inc. – 1992. – 2171 p.

314. Strizhevskaya, V. Food combinatorics in the production of dehydrated products for a healthy diet / V. Strizhevskaya, M. Pavlenkova, N. Nosachyova, I. Simakova // BIO Web of Conferences. – 2021. – V.30.

315. Swann, O.G. Dietary fiber and its associations with depression and inflammation / O.G. Swann, M. Kilpatrick, M. Breslin // Nutrition reviews. – 2020. – V.78. – №5. – PP. 394-411.

316. Tandon, S. Therapeutic enzymes: discoveries, production, and applications / S. Tandon, A. Sharma, S. Singh // Journal of Drug Delivery Science and Technology. – 2021. – V. 63. – PP. 102455.

317. Taylor, N. Nonsurgical management of osteoarthritis knee pain in the older adult / N. Taylor // Clinics in geriatric medicine. – 2017. – Vol. 33(1). – PP. 41-51.

318. Tiktopulo, E.I. Denaturation of type I collagen fibrils is an endothermic process accompanied by a noticeable change in the partial heat capacity / E.I. Tiktopulo, A.V. Kajava. – Biochemistry, 1998. – V.37. – PP. 8147–8152.

319. Trade statistics for international business development [Электронный ресурс] / Режим доступа <https://www.trademap.org/Index.aspx> Дата обращения 20.04.2021 г.

320. Van, I.T. B. Dietary fiber, and obesity / I.T. Van // The American journal of clinical nutrition. – 1978. – Т. 31. – №10. – PP. 43-52.

321. Van, L. H. Health claims in Europe: probiotics and prebiotics as case examples / L. H. Van, Y. Sanz, S. Salminen // Annual review of food science and technology. – 2012. – V.3. – PP. 247-261.

322. Vázquez, J. A. Production of valuable compounds and bioactive metabolites from by-products of fish discards using chemical processing, enzymatic hydrolysis, and bacterial fermentation / J. A. Vázquez, A. Meduñña, A.I. Durán, M. Nogueira // Marine drugs. – 2019. – V.17. – №3. – PP. 139.

323. Veronese, N. Dietary fiber and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses / N. Veronese, M. Solmi, M. G. Caruso // The American journal of clinical nutrition. – 2018. – V.107. – №3. – PP. 436-444.

324. Yadav, D. Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits / D. Yadav, P. S. Negi // Food Research International. – 2021. – V. 148. – PP. 110599.

325. Yakhyaeva, M. A. Some properties of proteolytic enzymes of the fungus *Aspergillus oryzae* / M.A. Yakhyaeva, Z. R. Akhmedova // Universum: technical sciences. – 2020. – Т.9-2(78). – PP. 50-54.

326. Yıldırım, İ. Urban and rural households' fresh chicken meat consumption behaviors in Turkey / Yıldırım, İ., Ceylan, M. // Nutrition & Food Science, V. 38. – № 2. – PP. 154-163.

327. Zinina, O. A biotechnological processing of collagen containing by-products of bovine animals / O. Zinina, M. Rebezov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – V.7. – №1. – PP. 1530-1534.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2726109

**Тернарная полифункциональная пищевая композиция для
продуктов питания специализированного назначения**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Московский государственный университет пищевых
производств" (RU)*

Авторы: *Зарубин Никита Юрьевич (RU), Кидяев Сергей
Николаевич (RU), Литвинова Елена Викторовна (RU),
Бредихина Ольга Валентиновна (RU)*

Заявка № 2018138043

Приоритет изобретения 29 октября 2018 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 09 июля 2020 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 29 октября 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

Открытое Акционерное Общество
«Мясокомбинат Раменский»

140100 Россия, Московская область, г.Раменское, ул. Красноармейская, 131,
ИНН/КПП 5040008446/504001001

исх. № 8/1

« 17 » апреле 2014 г.

СПРАВКА

о выработке опытной партии

В период с 15 по 17 апреля 2014 г. в производственных условиях ОАО «Мясокомбинат Раменский» была выработана опытная партия мясного цельнокускового продукта с использованием биологически активного композита.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствовал требованиям нормативных документов. Дегустация образцов показала, что мясной цельнокусковой продукт с биологически активным композитом не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает потребительским свойствам и высоким показателям качества.

Было установлено, что мясной цельнокусковой продукт с использованием биологически активного композита, можно вырабатывать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий.

Заместитель генерального
директора по производству,
кандидат технических наук



Асрян В.М.

Открытое Акционерное Общество
«Мясокомбинат Раменский»

140100 Россия, Московская область, г.Раменское, ул. Красноармейская, 131,
ИНН/КПП 5040008446/504001001

исх. № 8/2

«20» апреля 2014 г.

СПРАВКА
о выработке опытной партии

В период с 18 по 20 апреля 2014 г. в производственных условиях ОАО «Мясокомбинат Раменский» была выработана опытная партия вареной колбасы с использованием биологически активного композита.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствовал требованиям нормативных документов. Дегустация образцов показала, что вареная колбаса с биологически активным композитом не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает потребительским свойствам и высоким показателям качества.

Было установлено, что вареную колбасу с использованием биологически активного композита, можно выработать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий.

Заместитель генерального
директора по производству,
кандидат технических наук



Асрян В.М.
Асрян В.М.

КОММАНДИТНОЕ ТОВАРИЩЕСТВО
«Ялтинский Мясозавод»

298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Изобильная, дом 7
ИНН/КПП 9103014467 / 910301001

исх. № _____

«30» ноября 2018 г.

АКТ

о выработке опытной партии и внедрении в производство предприятия

В период с 29 по 30 ноября 2018 г. в производственных условиях КТ «Ялтинский Мясозавод» была выработана опытная партия мясных рубленых полуфабрикатов с гидролизатом из шкуры сазана.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации. Дегустация образцов показала, что мясные рубленые полуфабрикаты с гидролизатом из шкуры сазана не отличаются от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и высокими показателями качества.

Было установлено, что мясные рубленые полуфабрикаты с гидролизатом из шкуры сазана можно выработывать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий. Разработанная технология внедрена в производственный процесс предприятия.

Начальник производства
КТ «Ялтинский Мясозавод»



Дадаев И.Х.

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НОВАЯ СТОЛИЦА»**

ИНН 7714218220 ; КПП 501101001; п/с: № 40702810640120000790 в ПАО «Сбербанк России», г. Москва,
БИК 044525225 ; корсчет 3010181040000000225 в Сбербанке России (ПАО), г. Москва
Юридический адрес: 140304, Московская обл., г. Егорьевск, Коломенское шоссе, д. 2.,
Тел/факс: (49640) 2-07-54, 2-07-76; E-mail: info@fabrika-e.ru

«18» ноября 2019г.

**Акт
о выработке опытной партии и внедрении в производство предприятия**

В период с 16 по 18 ноября 2019 г. в производственных условиях АО «Новая столица» была выработана опытная партия мясных рубленых полуфабрикатов с использованием разработанного комплекса из растворимых и нерастворимых пищевых волокон.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации (ТР ТС 034/2013). Дегустация образцов показала, что мясные рубленые полуфабрикаты с использованием разработанного комплекса из растворимых и нерастворимых пищевых волокон, не отличаются от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и высокими показателями качества.

Было установлено, что мясные рубленые полуфабрикаты с использованием разработанного комплекса из растворимых и нерастворимых пищевых волокон, можно вырабатывать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий. Разработанная технология внедрена в производственный процесс предприятия.

Начальник колбасного цеха
АО «Новая Столица»



Рыбалко А.В.

Открытое Акционерное Общество
«Мясокомбинат Раменский»

140100, Россия, Московская область, г. Раменское, ул. Красноармейская, 131
ИНН/КПП 5040008446 / 504001001

исх. № 12/11

«15» декабря 2017 г.

СПРАВКА
о выработке опытной партии

В период с 14 по 15 декабря 2017 года в производственных условиях ОАО «Мясокомбинат Раменский» была выработана опытная партия паштета стерилизованного из мяса птицы с использованием многофункционального комплекса.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации. Дегустация образцов показала, что стерилизованный паштет из мяса птицы с многофункциональным комплексом не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и высокими показателями качества.

Было установлено, что стерилизованный паштет из мяса птицы с использованием многофункционального комплекса можно выработать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий.

Заместитель генерального директора
по производству,
кандидат технических наук


 Асрян В.М.

Открытое Акционерное Общество
«Мясокомбинат Раменский»

140100, Россия, Московская область, г. Раменское, ул. Красноармейская, 131
ИНН/КПП 5040008446 / 504001001

исх. № 12/2

«19» декабря 2017 г.

СПРАВКА
о выработке опытной партии

В период с 18 по 19 декабря 2017 года в производственных условиях ОАО «Мясокомбинат Раменский» была выработана опытная партия рубленых полуфабрикатов с использованием многофункционального комплекса.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации. Дегустация образцов показала, что рубленые полуфабрикаты с многофункциональным комплексом не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и высокими показателями качества.

Было установлено, что рубленые полуфабрикаты с использованием многофункционального комплекса можно выработать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий.

Заместитель генерального директора
по производству,
кандидат технических наук



Асрян В.М.

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НОВАЯ СТОЛИЦА»**

Россия, 140300, Московская обл, г. Егорьевск, Коломенское шоссе д.2

ИНН 7714220220 КПП 501101001

Производственный акт**№401 от «06» апреля 2023 г.****о выработке опытной партии реструктурированного продукта из мяса
птицы с функциональным модулем**

В период с 03 по 06 апреля 2023 г. в производственных условиях АО «Новая столица» в присутствии к.т.н., доц. ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» Е.В. Литвиновой была выработана опытная партия 20 кг реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем на основе губ крупного рогатого скота ферментативной обработки, Psyllium P99, пшеничных и картофельных пищевых волокон.

Для выработки опытной партии использовали: филе грудки куриное, функциональный модуль, нитритно-посолочная смесь, сахар-песок, чеснок сушеный, перец черный, орех мускатный.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации (ТР ТС 034/2013). Дегустация образцов показала, что реструктурированный продукт из мяса птицы с функциональным модулем на основе губ крупного рогатого скота ферментативной обработки, Psyllium P99, пшеничных и картофельных пищевых волокон, не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и обладает высокими показателями качества.

Было установлено, что реструктурированный продукт из мяса птицы с функциональным модулем на основе губ крупного рогатого скота ферментативной обработки, Psyllium P99, пшеничных и картофельных пищевых волокон, можно вырабатывать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий. Разработанная технология внедрена в производственный процесс предприятия.

ГЛАВНЫЙ ТЕХНОЛОГ

ВЕДУЩИЙ ТЕХНОЛОГ ПО РАЗВИТИЮ



А.Н. ЖУКОВА

В.Р. КУЗНЕЦОВ

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НОВАЯ СТОЛИЦА»**

Россия, 140300, Московская обл, г. Егорьевск, Коломенское шоссе д.2

ИНН 7714220220 КПП 501101001

Производственный акт

№1206 от «15» декабря 2022 г.

о выработке опытной партии цельнокускового продукта из свинины с функциональным модулем

В период с 12 по 15 декабря 2022 г. в производственных условиях АО «Новая столица» в присутствии к.т.н., доц. ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» Е.В. Литвиновой была выработана опытная партия 20 кг цельнокускового продукта из свинины с функциональным модулем на основе рубца крупного рогатого скота, соевого изолята, соевого лецитина и фукуса.

Для выработки опытной партии использовали свинину полужирную, сахар-песок, пищевую соль, перец черный молотый, перец душистый молотый.

Образцы изготавливали из тазобедренного отруба свинины, нашпицованных рассолом концентрацией 9 %, уровень шприцевания – 25 % к массе сырья. Посол мясного сырья осуществляли смешанным способом. Предварительно сырье натирали посолочной смесью (поваренная соль, смесь перцев), массировали в массажерах при частоте вращения 16 об/мин в течение 20–30 мин, предварительно внося посолочную смесь. В последующем образцы подвергали термообработке в одинаковых условиях согласно технологической схеме, приведенной на рисунке. Термическая обработка включала в себя варку и охлаждение готового продукта. Варка продолжалась в течение 55 мин при температуре 80–85 °С до температуры в толще продукта (72±1) °С. Готовый продукт охлаждали в камерах при температуре 0–8 °С до достижения температуры в толще не выше 8 °С.

В результате выработки установлено, что полученный продукт соответствует требованиям нормативной документации (ТР ТС 034/2013). Дегустация образцов показала, что цельнокусковой продукт из свинины с функциональным модулем на основе рубца крупного рогатого скота, соевого изолята, соевого лецитина и фукуса, не отличается от изделий, выработанных по традиционной технологии. Продукт отвечает всем потребительским свойствам и обладает высокими показателями качества.

Было установлено, что цельнокусковой продукт из свинины с функциональным модулем на основе рубца крупного рогатого скота, соевого изолята, соевого лецитина и фукуса, можно вырабатывать в производственных условиях мясоперерабатывающих предприятий. Разработанная технология внедрена в производственный процесс предприятия.

ГЛАВНЫЙ ТЕХНОЛОГ

ВЕДУЩИЙ ТЕХНОЛОГ ПО РАЗВИТИЮ



А.Н. ЖУКОВА

В.Р. КУЗНЕЦОВ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

ОКП 92 1300

Группа Н11
(ОКС 67.120.10)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

Асрян В.М.

2018 г.



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»

Бабин Ю.В.

2018 г.



ИЗДЕЛИЯ КОЛБАСНЫЕ ВАРЕННЫЕ

Технические условия на опытную партию

ТУ 9213-010-02068634-18

(вводятся впервые)

Дата введения в действие

«___» _____ 2018 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Заведующий кафедрой «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Титов Е.И.

личная подпись

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Доцент кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Литвинова Е.В.

личная подпись

Ассистент кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Кидяев С.Н.

личная подпись

Заместитель Генерального директора по производству
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

Асрян В.М.

личная подпись

Москва

2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ»

ОКП 92 1351

Группа Н11
(ОКС 67.120.10)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

Асрян В.М.

_____ 2018 г.



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»

Бабин Ю.В.

_____ 2018 г.



ПРОДУКТЫ ИЗ СВИНИНЫ ВАРЕННЫЕ

Технические условия на опытную партию

ТУ 9213-011-02068634-18

(вводятся впервые)

Дата введения в действие

«___» _____ 2018 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Заведующий кафедрой «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Титов Е.И.

личная подпись

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Доцент кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Литвинова Е.В.

личная подпись

Ассистент кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

Кидяев С.Н.

личная подпись

Заместитель Генерального директора по производству
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

Асрян В.М.

личная подпись

Москва

2018

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

Асрян В.М.



_____ 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»

Бабин Ю.В.



_____ 2018 г.

**Технологическая инструкция
по производству продуктов из свинины вареных**

Дата введения в действие -

2018 г

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ
 ПРОИЗВОДСТВ»
 (ФГБОУ ВО «МГУПП»)

ОКПД 2 10.89.19.150

ОКС 67.220.20 (Группа Н 27)

УТВЕРЖДАЮ
 Генеральный директор
 ООО «Дегаром»

 В.С. Денисенко
 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по научной работе
 ФГБОУ ВО «МГУПП»

 М.П. Щетинин
 2020 г.

**КОМПЛЕКСНАЯ РАСТИТЕЛЬНАЯ ПИЩЕВАЯ ДОБАВКА
 «ТиКи»**

Технические условия
 ТУ 10.89.19 -006-00655959- 2020
 (Впервые)

Дата введения в действие – 10.03.2020 г.


РАЗРАБОТАНО:

ФГБОУ ВО «МГУПП» Акад. РАН
 Зав. кафедрой «Технологии и
 биотехнологии продуктов питания
 животного происхождения»

 Титов Е.И.


ФГБОУ ВО «МГУПП» д.т.н. проф. каф.
 «Технологии и биотехнологии продуктов
 питания животного происхождения»

 Бобренева И.В.

ФГБОУ ВО «МГУПП» к.т.н., доц. каф. «Тех-
 нологии и биотехнологии продуктов питания
 животного происхождения»

 Литвинова Е.В.

ФГБОУ ВО «МГУПП» Аспирант каф. «Тех-
 нологии и биотехнологии продуктов питания
 животного происхождения»

 Баюми А.А.

ООО «Дегаром»
 Главный технолог

 Дегтярев Ю.Г.

Москва
 2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ»
(ФГБОУ ВО «МГУПП»)

ОКПД 2 10.89.19.150

ОКС 67.220.20 (Группа Н 27)

УТВЕРЖДАЮЗам. генерального директора
ЗАО «ВКЗ-М» (Выхинский колбасный завод)

А.Н. Габараев

« » 2020 г.

**УТВЕРЖДАЮ**Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»

М.П. Щетинин

« » 2020 г.

**«Мясные рубленые полуфабрикаты из говядины»****Технические условия****ТУ 10.89.19-001-55260136-2020**

Вводится впервые

РАЗРАБОТАНО:ФГБОУ ВО «МГУПП» Акад. РАН
Зав. кафедрой «Технологии и
биотехнологии продуктов питания
животного происхождения»

 Титов Е.И.
ФГБОУ ВО «МГУПП» д.т.н. проф. каф. «Тех-
нологии и биотехнологии продуктов питания
животного происхождения»

 Бобренева И.В.
ФГБОУ ВО «МГУПП» к.т.н., доц. каф. «Тех-
нологии и биотехнологии продуктов питания
животного происхождения»

 Литвинова Е.В.
ФГБОУ ВО «МГУПП» Аспирант каф. «Техно-
логии и биотехнологии продуктов питания
животного происхождения»

 Баюми А.А.

Москва
2020

ТУ 9216-009-02068634-17

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПИЩЕВЫХ
ПРОИЗВОДСТВ»

ОКП 92 1300

Группа Н11
(ОКС 67.120.10)**УТВЕРЖДАЮ**Заместитель Генерального директора
ОАО «Мясокомбинат Раменский»
_____ Асрян В.М.

_____ 2017 г.

УТВЕРЖДАЮИ.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»
_____ Бабин Ю.В.

_____ 2017 г.

ПАШТЕТЫ ИЗ МЯСА ПТИЦЫ СТЕРИЛИЗОВАННЫЕ

Технические условия на опытную партию
ТУ 9216-009-02068634-17
(вводятся впервые)

Дата введения в действие

«__» _____ 2017 г.

РАЗРАБОТАНО

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Заведующий кафедрой «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

_____ Титов Е.И.

личная подпись

Аспирант кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

_____ Кидяев С.Н.

личная подпись

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Доцент кафедры «Технологии и биотехнологии
продуктов питания животного происхождения»

_____ Литвинова Е.В.

личная подпись

Заместитель Генерального директора по производству
ОАО «Мясокомбинат Раменский»

_____ Асрян В.М.

личная подпись

Москва

2017

ТУ 9216-009-02068634-17

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель Генерального директора
ОАО «Мясокомбинат Раменский»



Асрян В.М.

2017 г.

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «МГУПП»



Бабин Ю.В.

личная печать

«
»
М.П.

2017 г.

**Технологическая инструкция
по производству паштетов из мяса птицы стерилизованных**

Дата введения в действие -

2017 г



Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

Федеральное бюджетное учреждение науки «Московский научно-исследовательский институт
эпидемиологии и микробиологии им.Г.Н.Габричевского»

Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

ФБУН МНИИЭМ
им. Г.Н. ГАБРИЧЕВСКОГО
РОСПОТРЕБНАДЗОРА
Россия, 125212 Москва,
ул. Адмирала Макарова, 10
Тел.: +7 (495) 452-18-16
Телефакс: +7 (495) 452-18-30
E-mail: info@gabrich.ru
Site: www.gabrich.ru
ОКПО 01966727
ОГРН 1037739396507
ИНН /КПП 7712025880/774301001



Г. Габричевский

G. N. GABRICHEVSKY RESEARCH
INSTITUTE FOR EPIDEMIOLOGY
AND MICROBIOLOGY
Admiral Makarov Street, 10
Moscow 125212, RUSSIA,
Phone: +7 -495-452-18-16
Fax: +7-495-452-18-30
E-mail: info@gabrich.com
Site: www.gabrich.com

"27" 02 2014 г.

№ 98

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

О проведении испытаний «In vivo» на белых мышах

В период с 05 по 26 февраля 2015 года в лабораторных условиях экспериментально-биологической лаборатории ФБУН МНИИЭМ им.Г.Н. Габричевского Роспотребнадзора были проведены исследования на белых мышах путём кормления их мясными продуктами – варёная колбаса и цельнокусковой продукт, содержащие биологически активный композит.

В результате испытаний было установлено, что животные при получении корма проявляли активность, физическое состояние отмечалось удовлетворительным, мясные продукты поедали хорошо на протяжении всего периода исследований, была отмечена прибавка в весе.

Было установлено, что мясные продукты, содержащие биологически-активный композит, благоприятно влияют на здоровье и динамику развития белых мышей. Полученные результаты свидетельствуют о том, что биологически активный композит повышает биологическую ценность готовых мясных изделий.

Директор института,
профессор



В.А. Алёшкин

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
 «НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОМЕДИЦИНСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
 ФЕДЕРАЛЬНОГО МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА»



СЕРТИФИКАТ

Дата выдачи 04.02.2015 Годен до 11.07.2015 № 03151

СЕРТИФИЦИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Научный центр биомедицинских технологий Федерального медико-биологического агентства
 143412, Московская обл., Красногорский район, п/о Отрадное, пос. Светлые горы, (495)561-5370
 ИНН 7709379649, ОКПО 58709973, ОГРН 1037739204876

ПРОДУКЦИЯ

Белые мыши SHK.

№ серии 1 - 1 Количество единиц в серии 6710

Годен до 11.07.2015 Сертификат выдан на партию 70

ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

Филиал "Андреевка" ФГБУН НЦБМТ ФМБА России.
 141551, МО, Солнечногорский р-н п.Андреевка, 49, т.495-536-21-53.

ВЫДАН

ФБУН "МНИИЭМ им. Г.Н. Габричевского" Роспотребнадзора.

НА ОСНОВАНИИ

ГОСТ Р 53434-2009 «Принципы надлежащей лабораторной практики».
 Приказа Минздравсоцразвития РФ №708Н от 23.08.2010 «Об утверждении правил лабораторной практики».
 Руководство по лабораторным животным и альтернативным моделям в биомедицинских исследованиях под редакцией Н.Н. Каркищенко и С.В. Грачева - 2010 г.

Гл. ветеринарный врач ФГБУН НЦБМТ ФМБА России

Тишкина Н.Л.

М.П.

Директор Филиала ФГБУН НЦБМТ ФМБА России

Афонин К.В.

М.П.

ООО «Лабораторкорм»

115478 г. Москва, Каширское шоссе, д.24, стр. 9

Тел.:(495) 972-99-72, 972-16-87, 8-901-546-99-72, 8-901-546-16-87, 8-916- 461-62-04

Удостоверение качества и безопасности полнорационного комбикорма рецепт ПК- 120 для содержания лабораторных животных (мышей, крыс, хомяков)

(Сертификат соответствия № РОСС RU. АЮ73.Д 09101 до 13.06.2015г.)
ГОСТ Р 50258-92

Состав:

Злаковые (пшеница, ячмень) и продукты их переработки, (отруби пшеничные), мясо и субпродукты животного происхождения (мука мясокостная), шрот подсолнечный, витамины и минералы (премикс).

Питательная ценность комбикорма

Обменная энергия, не менее 307 Ккал/100г

Гарантированные показатели			Дополнительно введено витаминов и микроэлементов в 1 кг комбикорма		
Наименование	Ед.изм.	Факт	Наименование	Ед.изм	знач.
Влажность, не более	%	13,50	Витамин А	тысМЕ	27,000
Сырой протеин, не менее	%	19,00	Витамин Д3	тысМЕ	1,375
Сырой жир, не более	%	5,00	Витамин Е	мг	125,00
Сырая клетчатка, не более	%	4,00	Витамин В1	мг	30,00
Сырая зола, не более	%	7,00	Витамин В2	мг	9,50
Кальций	%	0,9-1,2	Витамин В6	мг	15,00
Фосфор	%	0,6-0,9	Витамин В12	мг	50,00
Натрий, не менее	%	0,2-0,25	Никотиновая к-та	мг	37,50
Поваренная соль, не более	%	0,20	Витамин В5	мг	22,00
			Витамин В9	мг	2,50
			Холина хлорид	мг	1590,00
			Витамин С	мг	70,25
			Витамин К3		62,50
			Бетаин		365,00
			Микроэлементы		
			Fe	мг	128,00
			Mn	мг	18,75
			Zn	мг	128,00
			Cu	мг	12,50
			J	мг	2,30
			Se	мкг	187,50
			K	г	2,60

Дата изготовления: 05.12.2014г.

Фасовка по 10 кг

Срок хранения: 3 месяца с даты изготовления

Хранить в сухом, прохладном месте

Резкие перепады температуры недопустимы

Комбикорм - экструдированные гранулы,

изготовлен без применения консервантов

Указания по применению

Является полнорационным комбикормом, Скармливать лабораторным животным (крысам, мышам, хомякам) в период содержания. Необходимо постоянное наличие свежей воды.

НЕ ТОКСИЧЕН

Комбикорм сбалансирован по аминокислотному составу, минеральным веществам и витаминам,

изготовлен из высококачественных компонентов.

Экологически чистый продукт

Руководитель предприятия



А.В. Грищенко

ПРИЛОЖЕНИЕ 5**Расчет экономической эффективности производства вареной колбасы с биологически активным композитом**

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

Калькуляция себестоимости вареной колбасы с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье, основные и вспомогательные материалы	182,9	153,4
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,3	1,3
Расходы на производство	15,7	14,3
Полная себестоимость	204,2	173,3
Прибыль	45,7	55,6
Рентабельность, %	32,2	41,8
Оптовая цена	210	180

Расчет экономической эффективности производства вареной колбасы с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	45,7
Опытный образец	55,6

Экономическая эффективность производства вареной колбасы с функциональным модулем составила 9,9 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства цельнокускового продукта из свинины с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

Калькуляция себестоимости цельнокускового продукта из свинины с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье, основные и вспомогательные материалы	181,7	183,4
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,3	1,3
Расходы на производство	15,7	14,3
Полная себестоимость	203,0	203,3
Прибыль	45,8	51,7
Рентабельность, %	31,2	38,8
Оптовая цена	320	290

Расчет экономической эффективности производства мясного цельнокускового продукта с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	45,8
Опытный образец	51,7

Экономическая эффективность производства цельнокускового продукта из свинины с функциональным модулем составила 5,9 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства рубленых полуфабрикатов с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение прибыли при внедрении проектного решения.

Калькуляция себестоимости мясных рубленых полуфабрикатов с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье	188,3	176,824
Основные и вспомогательные материалы	3,415	3,415
Транспортные расходы	3,834	3,605
Топливо и вода	4,27	4,27
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,4	1,4
Расходы на производство	15,7	14,5
Полная себестоимость	217,39	208,31
Прибыль	47,3	55,4
Рентабельность, %	21,76	26,59
Оптовая цена	280,00	200,00

Расчет экономической эффективности производства мясных рубленых полуфабрикатов с многофункциональным комплексом

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	47,3
Опытный образец	52,4

Из приведенных данных, экономическая эффективность производства рубленых полуфабрикатов с функциональным модулем составила 8,1 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства стерилизованных паштетов с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение прибыли при принятии проектного решения.

Калькуляция себестоимости мясных стерилизованных паштетов с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье	185,3	186,3
Основные и вспомогательные материалы	3,4	4,6
Транспортные расходы	3,834	3,605
Топливо и вода	4,27	4,27
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,4	1,4
Расходы на производство	15,7	14,5
Полная себестоимость	218,20	218,31
Прибыль	43,5	49,0
Рентабельность, %	19,94	22,45
Оптовая цена	226,00	190,00

Расчет экономической эффективности производства стерилизованных паштетов с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	43,5
Опытный образец	49,0

Из приведенных данных, экономическая эффективность производства стерилизованных паштетов с функциональным модулем составила 5,4 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства сублимированных meatballs с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение прибыли при принятии проектного решения.

Калькуляция себестоимости сублимированных meatballs с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье	190,3	176,8
Основные и вспомогательные материалы	3,4	3,4
Транспортные расходы	3,8	3,6
Топливо и вода	4,2	4,2
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,4	1,4
Расходы на производство	15,7	17,5
Полная себестоимость	223,1	211,2
Прибыль	42,5	48,0
Рентабельность, %	19,05	22,73
Оптовая цена	318,00	308,00

Расчет экономической эффективности производства сублимированных meatballs с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	42,5
Опытный образец	48,0

Из приведенных данных, экономическая эффективность производства сублимированных meatballs с функциональным модулем составила 5,5 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение прибыли при внедрении проектного решения.

Калькуляция себестоимости кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье	201,6	187,7
Основные и вспомогательные материалы	3,6	4,4
Транспортные расходы	3,8	3,6
Топливо и вода	4,27	4,27
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,4	1,4
Расходы на производство	17,7	15,1
Полная себестоимость	236,7	216,8
Прибыль	38,1	39,3
Рентабельность, %	16,14	18,13
Оптовая цена	199,5	183,5

Расчет экономической эффективности производства кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	38,1
Опытный образец	39,3

Из приведенных данных, экономическая эффективность производства кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем составила 1,2 тыс. руб. на 1 тонну продукции.

Расчет экономической эффективности производства реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем

Экономический эффект определен методом реального экономического эффекта по прибыли.

К показателям экономической эффективности относятся абсолютные и относительные показатели, характеризующие увеличение прибыли при принятии проектного решения.

Калькуляция себестоимости реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем (калькуляционная единица – 1 т)

Статьи затрат	Сумма, тыс. руб.	
	Аналог	Опытный образец
Сырье	151,1	146,3
Основные и вспомогательные материалы	3,4	4,6
Транспортные расходы	3,8	3,6
Топливо и вода	4,27	4,27
Затраты на оплату труда производственных рабочих	4,3	4,3
Страховые взносы	1,4	1,4
Расходы на производство	15,7	14,5
Полная себестоимость	185,1	179,1
Прибыль	33,2	38,8
Рентабельность, %	17,94	21,66
Оптовая цена	156,00	148,00

Расчет экономической эффективности производства реструктурированного продукта из мяса птицы с функциональным модулем

Наименование образца	Прибыль, на 1 тонну, тыс. руб.
Аналог	33,2
Опытный образец	38,8

Из приведенных данных, экономическая эффективность производства кулинарного изделия из рыбы с функциональным модулем составила 5,6 тыс. руб. на 1 тонну продукции.





Всероссийский смотр-конкурс лучших
инновационных разработок в области АПК
8-9 июня 2017 г.
г. Волгоград

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБОУ ВО «Московский государственный
университет пищевых производств»

*За инновационную разработку технологии
колбасных изделий пониженной жирности*

(Титов Е.И., Кидяев С.Н., Литвинова Е.В.)

Член Президиума РАН,
академик-секретарь отделения
сельскохозяйственных наук, академик РАН



Ю.Ф. Лачуга

Председатель комитета
сельского хозяйства
Волгоградской области

В.В. Иванов



Всероссийский смотр-конкурс
лучших пищевых продуктов,
продовольственного сырья и
инновационных разработок
8-9 июня 2016 г.
г. Волгоград

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

ФГБОУ ВПО «Московский государственный
университет пищевых производств»

*За технологию поликомпонентного
продукта профилактического
назначения на основе мяса птицы
и минорных компонентов*

(Титов Е.И., Кидяев С.Н., Литвинова Е.В.)

Академик-секретарь отделения
сельскохозяйственных наук РАН,
академик РАН

Председатель комитета
сельского хозяйства
Волгоградской области



Ю.Ф. Лачуга

В.В. Иванов





