На правах рукописи

ДЫДЫКИН АНДРЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ИХ КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

Специальность 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» Российской академии наук

Научный консультант:	доктор технических наук, профессор **Семенова Анастасия Артуровна**
Официальные оппоненты:	**Баженова Баяна Анатольевна** – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», проректор по дополнительному образованию и международному сотрудничеству **Кременевская Марианна Игоревна** – доктор технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», факультет биотехнологий, доцент **Шипулин Валентин Иванович** – доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», кафедра «Технологии мяса и мясных продуктов», заведующий кафедрой
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

Защита диссертации состоится «06» сентября 2022 г. в 13 часов на заседании ученого совета Д 006.021.02 при ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН по адресу: 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и на сайте www.vniimp.ru.

Автореферат разослан «_____»_____2022 г.

Ученый секретарь Диссертационного совета,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник Захаров А.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. На всех этапах развития общества обеспечение пищей в соответствии с физиологическими потребностями населения остается одной из глобальных проблем человечества. Питание становится все более важным фактором, определяющим здоровье и качество жизни. Современный человек потребляет больше калорий, чем тратит. В его рационе преобладают рафинированные продукты, которые после промышленной переработки лишены многих незаменимых факторов питания (витаминов, микроэлементов, пищевых волокон и др.). Это является основными причинами качественного и количественного нарушения рациона питания и, как следствие, пищевого и энергетического дисбаланса.

По данным Всемирной организации здравоохранения, среди патологических состояний, в происхождении которых основную роль играет фактор питания, преобладают сердечно-сосудистые расстройства, заболевания эндокринной системы, опорно-двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, печени и желчевыводящих путей. При этом наиболее уязвимыми являются дети и подростки – их здоровье и физиологическое развитие на 70% зависит от структуры питания.

В России мониторинг рациона питания населения, в особенности, у социальных групп с низким доходом, показал дефицит белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, минеральных веществ, а также сниженное (почти в 2 раза от рекомендуемых норм) потребление клетчатки и пектина. Для решения проблемы дефицита эссенциальных нутриентов, как на нынешнем этапе развития, так и, очевидно, в будущем, человечеству, наряду с традиционными продуктами для питания, необходимы специальные (функциональные) продукты, обладающие профилактическим эффектом, положительным воздействием на определенные функции организма и способствующие защите от неблагоприятных условий окружающей среды.

Функциональные продукты предназначены для решения проблемы укрепления здоровья населения и должны разрабатываться на основе современных научных подходов с учетом особенностей различных групп населения – возраста, пищевого статуса, предрасположенности к заболеваниям, региона проживания и др.

Экономическая эффективность производства функциональных пищевых продуктов, а, следовательно, и доступность населению, тесно связаны с применением современных технологий и методов обработки пищевого сырья, которые должны гарантировать не только безопасность конечных продуктов, но и обеспечить максимальную сохранность и биологическую активность вносимых нутриентов. В связи с этим, особую актуальность представляют комплексные исследования в области развития методических подходов к созданию специализированных и функциональных пищевых продуктов и совершенствования технологий с использованием новых физических способов обработки сырья и оценки их воздействия на безопасность и качество продукции специального назначения.

Степень разработанности темы исследования. Научный вклад в создание фундаментальных основ и в развитие технологий функциональных и специализированных продуктов внесли многие отечественные ученые – А.В. Устинова, Н.Н. Липатов, И.Я. Конь, В.А. Тутельян, И.А. Рогов, А.Б. Лисицын, И.Л. Стефанова, Н.В. Тимошенко, В.Н. Сергеев, И.М. Чернуха, А.А. Кочеткова, А.К. Углицких, К.С. Ладодо и др. Их трудами были разработаны научные подходы и создано особое направление в пищевой отрасли – производство специализированных пищевых продуктов на мясной основе для детского питания и обогащенной мясной продукции для различных возрастных и социальных групп населения. Возникновение новых глобальных вызовов и, соответственно, изменение пищевых потребностей населения требует дальнейшего развития науки, технологий и нормативно-технического регулирования в области производства специализированной пищевой продукции. На современном этапе особенно важно расширение исследований за счет междисциплинарного взаимодействия, в т.ч. с применением новых физических методов обработки сырья и пищевой продукции.

Работа выполнена на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, а также других научных центров и организаций, в т.ч. зарубежных, в период с

2010 по 2021 гг. Исследования проводились в рамках государственных заданий ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Фундаментальные исследования перемещений патогенных микроорганизмов и вирусов в пищевых системах и создание инновационных средств их предотвращения с использованием антимикробных материалов и физических методов воздействий на биологические объекты» (Соглашение № 075-15-2020-775, 2020-2022 гг.), а также научно-исследовательских проектов, поддержанных бизнес-организациями и промышленными предприятиями.

Цель диссертационной работы: разработка методологии создания функциональных мясных продуктов и развитие научно-практических подходов к совершенствованию технологических процессов производства специализированных мясных продуктов с учетом оценки влияния способов технологического воздействия на их качество и безопасность**.**

Задачи диссертационной работы:

- провести анализ текущего состояния развития функциональных пищевых продуктов в мире;
- систематизировать требования к функциональным мясным продуктам с учетом современной классификации пищевой продукции в зависимости от назначения;
- разработать методологию создания функциональных мясных продуктов на основе оценки нутриентного потенциала основного сырья;
- разработать научный подход к оценке нутриентного потенциала мясного сырья с целью создания функциональных и специализированных продуктов;
- разработать технологические способы корректировки свойств мясной системы под требования функциональных и специализированных мясных продуктов;
- разработать принципы создания эффективных комплексов технологических и функциональных пищевых ингредиентов для фортификации функциональных и специализированных мясных продуктов;
- дать научно-практическое обоснование специальных способов водоподготовки для корректировки физических показателей воды и повышения биологического потенциала функциональных и специализированных мясных продуктов, изготовленных с ее использованием;
- разработать частные технологии функциональных и специализированных мясных продуктов и провести комплексную оценку их эффективности и безопасности.

Научная новизна исследования. На основе комплексного изучения влияния на качество и безопасность компонентов и конечной продукции особенностей нативного состава сырья, физических процессов водоподготовки, измельчения, антимикробной и ферментативной обработки сырья, составления модулей и смесей, разработана методология создания функциональных мясных продуктов и обоснованы направления дальнейшего совершенствования технологических процессов производства специализированных мясных продуктов.

Систематизированы требования к функциональным мясным продуктам с учетом их классификации в общей иерархической структуре пищевых продуктов как самостоятельной группы. Предложено подразделение функциональных мясных продуктов и разработана методология их создания на основе оценки нутриентного потенциала основного сырья. Разработаны технологические способы корректировки свойств мясной системы под требования функциональных и специализированных мясных продуктов.

Разработаны принципы создания эффективных комплексов технологических и функциональных пищевых ингредиентов для фортификации специализированных и функциональных мясных продуктов.

Изучено влияние физических способов корректировки показателей воды и исследовано ее воздействие на качество и безопасность функциональных и специализированных мясных продуктов, изготовленных с ее использованием.

Научно обоснованы параметры радиационной обработки для получения безопасной мясной продукции. Изучен видовой состав остаточной микрофлоры и доказана губительность дозы до 3 кГр для патогенных микроорганизмов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработан алгоритм исследования мясного сырья с целью установления его отличительных признаков и определен потенциал использования различных видов мяса (говядина, мясо птицы) и субпродуктов в составе функциональных мясных продуктов. Алгоритм апробирован на 370 образцах мясного сырья, предоставленных 8 предприятиями мясной промышленности, входящими в крупнейшие российские аграрные холдинги.

Результаты исследований использованы в 10 межгосударственных и национальных стандартах: ГОСТ 31799-2012 «Мясо и субпродукты, замороженные в блоках, для производства продуктов питания детей раннего возраста. ТУ»; ГОСТ 31498-2012 «Изделия колбасные вареные для детского питания. ТУ (с Изм. N1)»; ГОСТ Р 55366-2012 «Полуфабрикаты мясные рубленые для детского питания. ТУ»; ГОСТ 32889-2014 «Консервы мясные кусковые для детского питания. ТУ»; ГОСТ 32750-2014 «Полуфабрикаты в тесте замороженные для детского питания. ТУ»; ГОСТ 32752-2014 «Субпродукты охлажденные для детского питания. ТУ»; ГОСТ 30545-2015 «Консервы мясные и мясосодержащие для питания детей раннего возраста. ОТУ»; ГОСТ Р 56581-2015 «Консервы мясорастительные кусковые для детского питания. ТУ»; ГОСТ 34424-2018 «Промышленность мясная. Классификация жилованного мяса при производстве мясной продукции для детского питания»; ГОСТ Р 54754-2021 «Полуфабрикаты мясные кусковые бескостные для детского питания. ТУ».

Оригинальность разработок подтверждена объектами интеллектуальной собственности: Свидетельство о регистрации базы данных «Пищевые продукты» RU 2015620557; Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Расчет нутриентной адекватности состава поликомпонентных мясных продуктов» RU 2015660124.

Материалы работы использованы в методических рекомендациях для врачей: «Применение диетического, специализированного, функционального питания и диетических добавок в реабилитационных и профилактических программах у пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями в санаторно-курортных учреждениях», Том 1. Обоснование методологических подходов (М.: ИД «Медпрактика-М», 2018); «Использование специализированного пищевого продукта для энтерального питания «Энмит-говядина» в реабилитационных и профилактических программах. МУ» (Москва, 2020); «Инновации в питании для взрослых» (под ред. Тутельяна В.А., Никитюка Д.Б., Погожевой А.В., Шестопалова А.Е., Попова Т.С., ISBN: 978-5-907098-56-5, Москва, 2021).

Теоретические и практические результаты исследования используются в программах курсов повышения квалификации Учебных центров ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», а также лекционных материалах и практических занятиях при обучении магистрантов на кафедре «Конструирование функциональных пищевых продуктов и нутрииология» ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» по курсам: «Технологии конструирования физиологически функциональных пищевых ингредиентов и комбинированных продуктов питания с заданными свойствами»; «Пищевые ингредиенты, сырье и добавки для производства продуктов диетического профилактического и специализированного назначения».

По результатам выполненных исследований внедрены в промышленность технологии функциональных и специализированных продуктов в рамках коммерческих договоров на общую сумму более 15 млн. рублей. Количество предприятий, освоивших разработанные технологии, за 10 лет выполнения работы увеличилось в 3 раза и составляет более 150. Заключено 8 лицензионных договоров с предприятиями пищевой промышленности (ООО «Группа Компаний ПТИ», ООО «Маджерик», ООО «Платинум Абсолют»), реализующих результаты исследования в виде выпускаемой продукции.

Методология и методы исследования построены на последовательном выполнении следующих этапов: формулирование проблемы, темы и цели работы, анализ научно-технической и патентной информации по теме исследований, формулирование научного предположения и определение задач исследований, разработка научной концепции реализации научного

предположения, проведение и анализ исследований, математическая обработка экспериментальных данных, обобщение и выводы по результатам работы. В работе использованы стандартные и общепринятые физико-химические, микробиологические, микроструктурные, иммуноферментные, биологические, клинические, органолептические и другие методы исследований пищевой продукции.

Положения, выносимые на защиту:

- систематизированные требования к функциональным мясным продуктам;
- методология создания функциональных мясных продуктов на основе оценки нутриентного потенциала мясного сырья;
- технологические способы корректировки свойств мясной системы под требования функциональных и специализированных мясных продуктов;
- принципы создания эффективных комплексов технологических и функциональных пищевых ингредиентов для фортификации специализированных и функциональных мясных продуктов;
- научно-практическое обоснование специальных способов водоподготовки для корректировки физических показателей воды и повышения биологического потенциала функциональных и специализированных мясных продуктов, изготовленных с ее использованием;
- результаты исследований по оценке влияния технологического воздействия на качество и безопасность функциональных и специализированных мясных продуктов;
- частные технологии функциональных и специализированных мясных продуктов и комплексная оценка их эффективности и безопасности.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием теоретических и экспериментальных средств и методик проведения исследований, обоснованием и статистической обработкой результатов.

Личный вклад автора. Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно и является совокупностью многолетних научных исследований. Автором лично сформулирована проблема, определены цель и задачи исследований и пути их реализации. Материалы диссертации проанализированы и обобщены лично автором. Вклад в работу других авторов отражен в публикациях по теме диссертации.

Апробация работы. Результаты исследования доложены на 30 научно-практических конференциях, в том числе международных и зарубежных. Основные доклады автора были представлены на следующих научных мероприятиях: XVI Всероссийский конгресс диетологов и нутрициологов «Актуальные вопросы детской нутрициологии» (Москва, 2016); Международный форум молодых ученых «Наука будущего – наука молодых 2017» (Нижний Новгород, 2017); Международный форум «Неделя национальной безопасности» (Кубинка, 2018); XVII Всероссийский конгресс диетологов и нутрициологов «Фундаментальные и прикладные аспекты нутрициологии и диетологии. Лечебное, профилактическое и спортивное питание» (Москва, 2018); XIII Международный биотехнологический Форум-Выставка «РосБиоТех-2019»: Приоритеты биоиндустрии здорового питания и превентивной медицины - активное долголетие (Москва, 2019); 21-й Международный медицинский Славяно-Балтийский научный форум «Санкт-Петербург – Гастро-2019» (Санкт-Петербург, 2019); International scientific and practical conference «Prevention of iodine deficiency» (Mongolia, Ulaanbaatar City, 2019); 3-я Международная научно-практическая конференция «Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления» (Москва, 2019); Международный форум «Неделя Ритейла 2021» (Москва, 2021); XXIII Всероссийская конференция «Жизнеобеспечение при критических состояниях» (онлайн, 2021); Международная научно-практическая конференция «Питание детей. Интеграция науки, образования и промышленности» (Республика Беларусь, Могилев, 2021).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 163 печатных работы, из них 3 монографии, 17 публикации в изданиях, индексируемых международными базами данных WoS и Scopus, 122 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, подготовлены 2 методических документа, получены 2 свидетельства на регистрацию объектов интеллектуальной собственности.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания объектов и методов исследования, изложения полученных результатов и их обсуждения, выводов, списка цитируемой литературы из 340 наименований. Основное содержание работы изложено на 355 страницах, включает 92 таблицы, 103 рисунка и 10 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, представлена научная новизна исследования, показана практическая значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** представлен аналитический обзор литературы. Обобщение и анализ литературных данных показали, что функциональное питание представляет стремительно развивающийся сегмент рынка продовольствия, который требует особых условий разработки и продвижения конкретных продуктов, в частности, научных исследований, подтверждающих их особые свойства. Терминология и законодательство в области функционального питания продолжает активно формироваться в мире и в России. Анализ применения физических методов в пищевой промышленности показал их перспективность, однако, отсутствие исследований по их использованию при производстве специализированных продуктов требует обоснования соответствующих режимов обработки, гарантирующих повышения качества и безопасности специализированного питания. На основании анализа литературных данных были сформулированы цель работы и задачи для ее реализации.

Во **второй главе** приведены объекты исследований, использованные методы и общая схема выполненной работы. На различных этапах работы объектами исследований являлись: различные виды мяса и субпродуктов; пищевые компоненты и их комплексы: белки, витамины, минеральные вещества, вода, пищевые добавки; ферментные препараты; модельные мясные системы; функциональные и специализированные мясные продукты: консервы, колбасные изделия, полуфабрикаты, кулинарные изделия; лабораторные животные; пациенты стационарных клинических отделений.

При выполнении экспериментальной части работы применялись стандартные и общепринятые методы исследований для определения белка, жира, влаги, аминокислотного состава (с использованием хроматографической системы «Agilent 1260 InfinityLC», «Agilent»), оксипролина, триптофана – спектрофотометрически по методике, утвержденной ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, жирнокислотного состава (с использованием газового хроматографа HP 6890, «Hewlett Packard»), витаминов, в т.ч. PP, H, B1, B2, B5, B6, B12, A, D3, C, E, фолиевой кислоты – иммуноферментным методом с использованием тест-системы «РИДАС-КРИН® ФАСТ Фолиевая кислота», минеральных веществ, микро- и макроэлементов (K, P, I, йодтирозинов, Se, Fe, Cu, Zn, Na, Mn, Ca, Mg), продуктов радиолиза (2-алкилциклобутанонов), токсичных элементов (Pb, Cd, As, Hg), пищевых волокон, перекисного и тиобарбитурового числа, органолептических, микроструктурных и микробиологических показателей.

Видовой состав микроорганизмов определяли с использованием MALDI TOF масс-спектрометрии.

Протеомный анализ проводили методом денатурирующего одномерного электрофореза в полиакриламидном геле. Для проведения компьютерной денситометрии использовали одномерные электрофореграммы, находившиеся во влажном состоянии. Их полные цифровые изображения получали с помощью сканирования на сканере Bio-5000 Plus (Serva, Германия) в режиме 600 ppi 2D-RGB. Полученные цифровые изображения обрабатывали в графическом редакторе.

Массовую долю акриламида определяли экстракцией ацетонитрилом из предварительно гомогенизированного образца по методике, поставленной в ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Анализ акриламида проводили с использованием системы высокоэффективной жидкостной хроматографии Agilent1200 с трех квадрупольным масс-спектрометром Agilent 6410B, оборудованным источником ионизации, распылением в

электрическом поле. Для определения акриламида использовали хроматографическую колонку Zorbax HILIC Plus (Agilent Technologies).

Эффективность гидролиза (протеолиза) определяли колориметрическим методом количественного определения белков в растворе (метод Лоури).

Усыпление лабораторных животных проводили в камере для эвтаназии (VetTech, Великобритания) с помощью углекислого газа, после чего проводили отбор крови и общую аутопсию. Общее клиническое исследование проб крови – с использованием анализатора Abacusjuniorvet 2.7 (Diatron Messtechnik GmbH), используя наборы реактивов компании Diatron. В крови животных определяли 14 показателей: лейкоциты, лимфоциты; содержание смеси моноцитов, эозинофилов, базофилов и незрелых клеток; гранулоциты, лимфоциты, миелоциты, относительное содержание гранулоцитов, эритроциты, гемоглобин, гематокрит, средний объем эритроцита, среднее содержание гемоглобина в эритроците, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах, ширину распределения эритроцитов. Биохимические показатели крови лабораторных животных – на полуавтоматическом анализаторе («BioChemSA»), используя наборы реактивов («HighTechnology»). В крови животных определяли общий белок, альбумин, билирубин (общий, прямой), креатинин, мочевину, холестерин, триглицериды, активность ферментов - аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), щелочной фосфатазы. Содержание тиреоидных гормонов в сыворотке крови лабораторных животных определяли с использованием метода твердофазного иммуноферментного анализа с помощью стандартных наборов ИФА-Т4 и ИФА-Т3, ИФА ТТГ (НВО «Иммунотех»).

Содержание, питание, уход за животными, манипуляции, выведение их из эксперимента осуществляли в соответствии с требованиями Приказа МЗ РФ № 267 от 19.06.2003 г. «Об утверждении правил лабораторной практики», требованиями Приказа МЗ СССР № 742 от 13.11.84 г. «Об утверждении правил проведения работ с использованием экспериментальных животных», Международными правилами гуманного обращения с животными – Директива 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза.

Общую антиоксидантную активность определяли методами хемилюминесценции и FRAP. По первому методу в качестве источника свободных радикалов использовали 2’-азо-бис(2-амидинопропан) дигидрохлорид (АБАП), в качестве хемилюминесцентного зонда – люминол (5-амино-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-фталазиндион, гидразид 3-амино-фталевой кислоты). По второму методу в пробирку вносили 2,9 мл реактива FRAP и 100 мкл образца. В качестве контроля вносили 100 мкл дистиллированной воды.

Активность супероксиддисмутазы (СОД) – по методу Marklund and Marklund (1974) с модификациями Getellier, Mercier, Renerre (2004). Активность каталазы (CAT) – с помощью спектрофотометрического метода. Активность глутатионпероксидазы (GSH-Px) – методом Paglia and Valentina (1967).

Изучение гистологических препаратов и их фотографирование осуществляли на световом микроскопе «AxioImaiger A1» (Carl Zeiss) с помощью видеокамеры «AxioCam MRc 5». Обработку изображений производили с применением компьютерной системы анализа изображений «AxioVision 4.7.1.0», адаптированной для гистологических исследований.

Концентрацию дейтерия определяли на импульсном ЯМР спектрометре JEOL JNM-ECA 400MHz по ФР.1.31.1999.00073 «Методика выполнения измерений содержания дейтерия в воде, водно-органических и органических растворах методом спектроскопии ядерного магнитного резонанса». Съёмка спектров проводилась на резонансной частоте ядер дейтерия – 61.4 МГц.

Концентрацию глюкозы и кетонов в моче лабораторных животных определяли на автоматическом анализаторе CL-50 (HTI, США), используя тест-полоски UrineRS H10 (HTI, США).

Переваримость – по методу Покровского-Ертанова в модернизации академика Липатова Н.Н.

Оценку критериев адекватности аминокислотного и жирнокислотного составов – по методике академика Липатова Н.Н., реализованной в виде компьютерной программы моделирования «Система проектирования и оценка качества поликомпонентных пищевых композиций (Version 7.4).

Статистическая обработка – с применением программ STATISTICA (различные версии), SPSS 13.0 для Windows, Microsoft Office (различные версии). Оценку статистической достоверности проводили с использованием t-критерия Стьюдента, однопараметрического теста ANOVA, критерия Дункана, метода дескриптивной статистики, критериев Вилкоксона и МакНемара при уровне значимости $p<0,05$.

Схема выполнения работы (рис. 1) представляла поэтапный подход к решению поставленных задач и связывала этапы с полученными результатами через комплекс исследований.

Экспериментальные исследования и разработки частных технологий проводились в соответствии с поставленными задачами в Испытательном центре и Экспериментальной клинике-лаборатории биологически активных веществ животного происхождения ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (Москва), Клинике ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (Москва), ФГБУ «НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина» (Москва), ФГБНУ «Научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (Обнинск), ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» (Краснодар), Немецком институте пищевых технологий (Германия, Квакенбрюк), технологическом стенде ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН и предприятиях мясной промышленности.

В **третьей главе** обобщены и систематизированы требования к функциональным мясным продуктам с учетом их современной классификации. Сформулированы и предложены термины: мясная продукция с заявленными отличительными признаками для функционального питания; мясная продукция с заявленными свойствами для функционального питания. Обобщение отечественных и зарубежных подходов к разработке функциональных и специализированных продуктов, основанное на последних достижениях физиологии, нутрициологии и диетологии, а также научно-технического прогресса в использовании физических способов обработки, позволило выделить и сформулировать новые научные принципы, обеспечивающие комплексный исследовательский подход и отвечающие сути предложенной выше терминологии. С учетом сформулированных принципов была разработана методология создания функциональных мясных продуктов, базирующаяся на предложенных терминологических решениях и новых подходах, связанных с оценкой нутриентного потенциала мясного сырья на основе анализа его отличительных признаков, подготовкой мясной системы и водоподготовкой, выбором и разработкой фортифицирующего функционального ингредиента (комплекса компонентов) (рис. 2). Установлены на основании проведенных многочисленных исследований эмпирические значения коэффициентов адекватности, учитывающих потребительские характеристики и полезные свойства функциональных мясных продуктов (табл. 1).

Формализованы требования к ограничению критические значимых пищевых веществ для функциональных мясных продуктов (табл. 2).

Для выбора критериев оценки качества и безопасности была проведена структуризация и формализация основных характеристик функциональных и специализированных мясных продуктов (рис. 3). Комплекс формализованных требований к функциональным и специализированным мясным продуктам сформирован из критериев качества и безопасности, разделенных на три основных блока: требования к безопасности; потребительские характеристики; физиологические свойства.

Показано, что в зависимости от вида для каждого конкретного продукта необходимо сформировать индивидуальный перечень критериев качества и безопасности, который будет входить в состав нормативной и технической документации на их производство. При этом функциональные мясные продукты должны быть приближены по органолептическим характеристикам к соответствующей традиционной мясной продукции, а для повышения их усвоения (переваримости в желудочно-кишечном тракте) необходимо обеспечивать оптимальный уровень дисперсности частиц продукта и другие специфичные требования. Комплекс формализованных требований использован в работе при оценке качества, безопасности и эффективности функциональных и специализированных мясных продуктов.

Рисунок 1 - Общая схема выполнения работы.

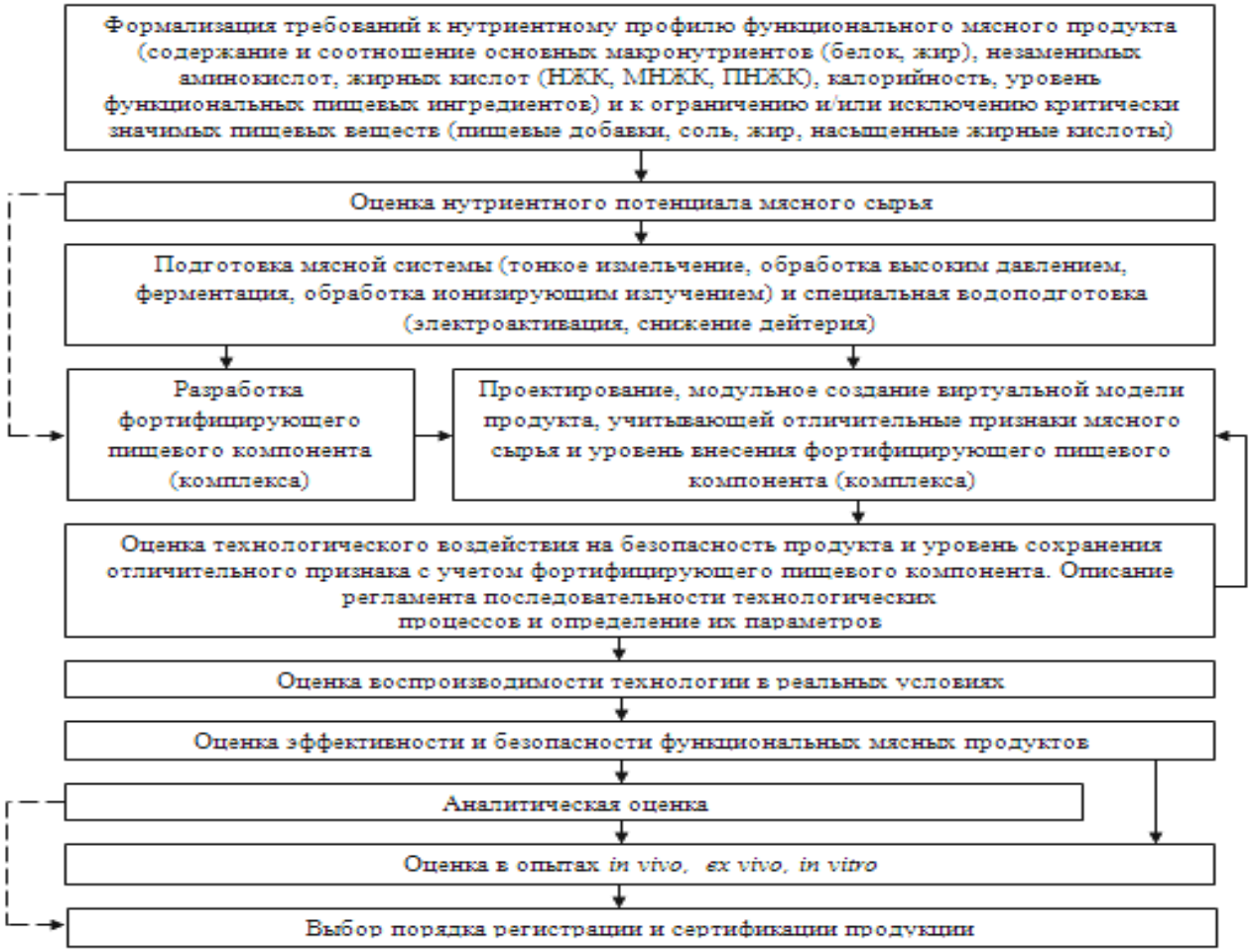


Рисунок 2 - Методология разработки функциональных мясных продуктов (пунктирными линиями показано допустимое исключение отдельных этапов).

Таблица 1 - Коэффициенты адекватности аминокислотного и жирнокислотного составов

Коэффициенты	Аминокислотная и жирнокислотная сбалансированность	
	Эмпирические значения	Физиологическая адекватность
Минимальный скор, дол. ед. (C_{min})	0,8-1,0	→1
Коэффициент утилитарности, дол.ед. (σ)	0,8-1,0	→1
Коэффициент сопоставимой избыточности, г/100г белка (U)	не более 7	→0
Коэффициент жирнокислотной сбалансированности, дол.ед. R_{Li}, I=1…3	0,8-1,0	→1
Коэффициент жирнокислотной сбалансированности, дол.ед. RLi, I=1…6	0,8-1,0	→1
Соотношение ω-6/ω-3 жирных кислот	(5-8):1	(5-10):1

Таблица 2 - Формализованы требования к ограничению критические значимых пищевых веществ для функциональных мясных продуктов

Вид мясной продукции	Компоненты, использование которых не допускается	Ограничения по критически значимым пищевым веществам
Вареные колбасные изделия, рубленые полуфабрикаты, паштеты, консервы, кулинарные изделия, готовые блюда	Фосфаты, глутамат натрия, искусственные красители, ароматизаторы, консерванты, жгучие пряности, ГМО компоненты	Соль поваренная – не более 1,75 %, жир – не более 18,0 %, углеводы – не более 3,0 % (для полуфабрикатов, кулинарных изделий, паштетов – не более 5,0 %). Для колбасных изделий нитриты – не более 0,003% Сумма насыщенных жирных кислот – не более 10 % от калорийности

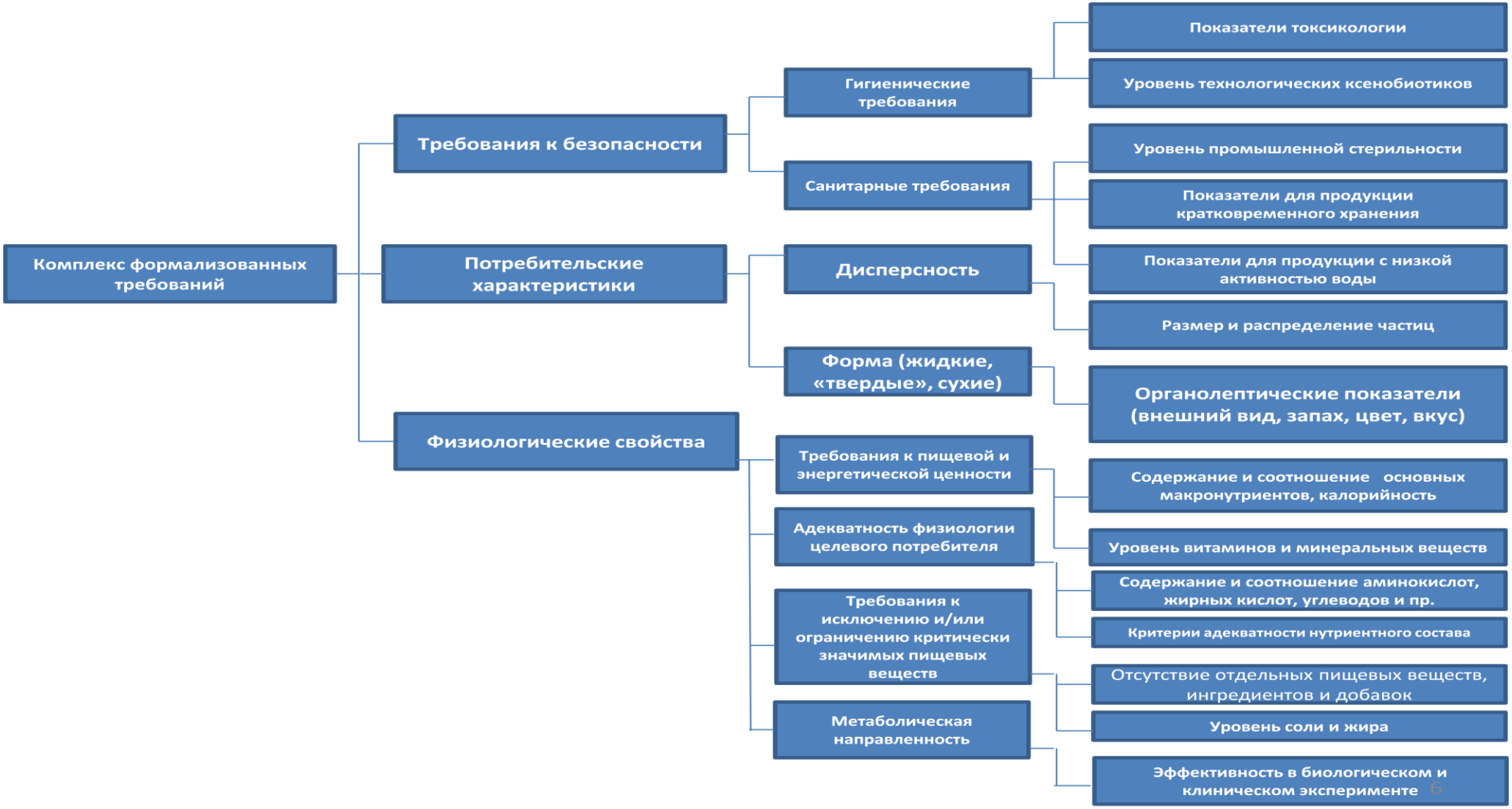


Рисунок 3 - Структура формализованных требований к качеству и безопасности функциональных и специализированных мясных продуктов.

В **четвертой главе** приведена методология обоснования отличительных признаков мясного сырья и алгоритм оценки его нутриентного с целью создания функциональных мясных продуктов (рис. 4).

Алгоритм используется для проверки следующих условий в зависимости от искомого отличительного признака:

- Условие 1: Долю белка от общей калорийности продукта рассчитывают по формуле:

$$Д_б = \frac{М_б \times 4}{Э_п} \times 100\ \%$$

где, $Д_б$ – доля белка от общей калорийности продукта, %; $М_б$ – содержание белка в продукте, г/100 г; 4 – коэффициент пересчёта, ккал/г; $Э_п$ – энергетическая ценность продукта, ккал.

Если белок обеспечивает не менее 12 процентов энергетической ценности (калорийности) пищевой продукции, т.е. выполняется условие $Д_б \geq 12$, то продукт проходит аналитические испытания, если $Д_б < 12$, то продукт не рассматривается по данному отличительному признаку;

- Условие 2: Если содержание жира в продукте $Д_ж \leq 3$ г на 100 г, то продукт проходит аналитические испытания, $Д_ж > 3$ г на 100 г, то продукт не рассматривается по данному отличительному признаку;

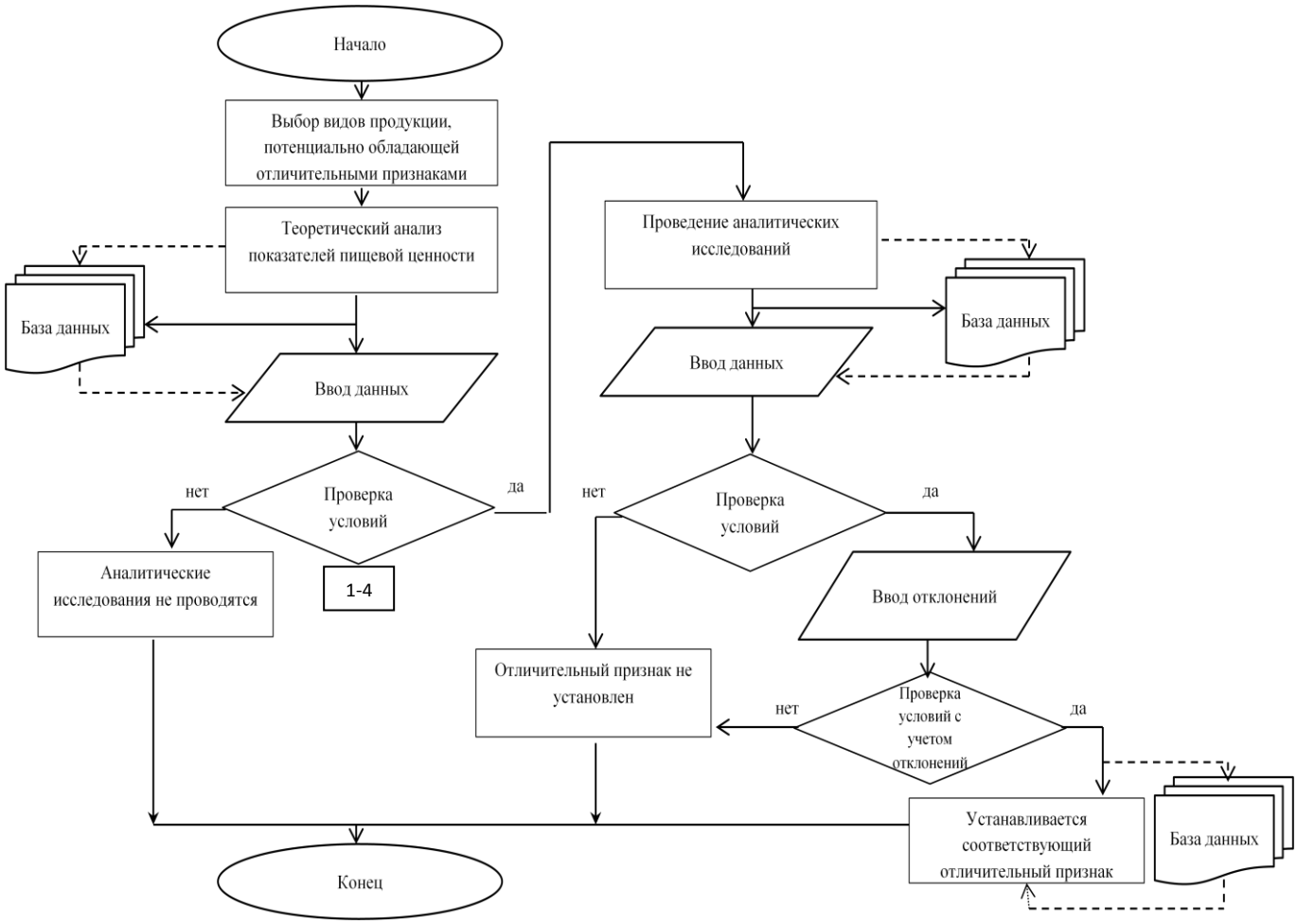


Рисунок 4 - Алгоритм оценки нутриентного потенциала сырья для создания натурального и составного функционального мясного продукта.

- Условие 3: Процент удовлетворения суточной нормы витаминов, минеральных веществ рассчитывают по формуле:

$$У_{вит.мин.} = \frac{М_{справоч.}}{Н_{суточная\ норма}} \times 100\ \%$$

где, $У_{вит.мин.}$ – процент удовлетворения суточной нормы в конкретном витамине или минеральном веществе, %; $М_{справоч.}$ – содержание конкретного витамина или минерального вещества в продукте, мг/100 г, мкг/100 г; $Н_{суточная\ норма}$ – суточная потребность в конкретном витамине или минеральном веществе, мг/ сут., мкг/сут. Для установления нормы в конкретном витамине или минеральном веществе используют Приложение 5 к ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»;

Если $У_{вит.мин.} \geq 15$, то продукт проходит аналитические испытания, если $У_{вит.мин.} < 15$, то продукт не рассматривается по данному отличительному признаку.

- Условие 4: Если сумма насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот в продукте $С_{нжк} \leq 1{,}5$ г на 100 г и сумма насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот обеспечивать не более 10 % калорийности, т.е. выполняется условие $Д_{нжк} \leq 10$, то продукт проходит аналитические испытания, если $С_{нжк} > 1{,}5$ г на 100 г и/или $Д_{нжк} > 10$, то продукт не рассматривается по данному отличительному признаку.

Долю суммы насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот от общей калорийности продукта рассчитывают по формуле:

$$Д_{нжк} = \frac{М_{нжк\ справоч.} \times 9}{Э_п} \times 100\ \%$$

где, $Д_{нжк}$ – доля суммы насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот от общей калорийности продукта, %; $М_{нжк\ справоч.}$ – содержание насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот в продукте, г/100 г; 9 – коэффициент пересчёта, ккал/г; $Э_п$ – энергетическая ценность продукта, ккал.

Полученные фактические сведения о показателях пищевой ценности формируют перечень числовых значений содержания белка, жира, суммы насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот, витаминов и минеральных веществ (при наличии) на 100 г продукта, которые заносятся в формулы для проверки вышеописанных условий 1-4.

Если значение конкретного показателя пищевой ценности, с учетом отклонения метода исследований в меньшую сторону, ниже или точно соответствует следующим установленным значениям:

- доля белка от общей калорийности $Д_б \leq 12$;
- содержание жира в продукте $Д_ж \geq 3$ г на 100 г;
- процент удовлетворения суточной нормы витаминов, минеральных веществ $У_{вит.мин.} \leq 15$;
- доля суммы насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот от общей калорийности $Д_{нжк} \geq 10$;

то применяется риск-ориентированный подход (по «наихудшему» результату исследований) и продукту не присваивается конкретный отличительный признак.

Если значение конкретного показателя пищевой ценности с учетом отклонения метода исследований в меньшую сторону выше установленных значений, то устанавливаются следующие отличительные признаки:

- доля белка от общей калорийности $Д_б > 12$ – «Источник белка»;
- доля белка от общей калорийности $Д_б > 20$ – «Высокое содержание белка»;
- содержание жира в продукте $Д_ж > 3$ г на 100 г – «Низкое содержание жира»;
- процент удовлетворения суточной нормы витаминов, минеральных веществ $У_{вит.мин.} > 15$ – «Источники витаминов и\или минеральных веществ»;
- процент удовлетворения суточной нормы витаминов, минеральных веществ $У_{вит.мин.} > 30$ – «Высокое содержание витаминов и\или минеральных веществ»;
- доля суммы насыщенных жирных кислот и трансжирных кислот от общей калорийности $Д_{нжк} < 10$ – «Низкое содержание насыщенных жирных кислот».

На основании исследований 370 образцов мясного сырья была подготовлена современная база данных отличительных признаков различных видов мясного сырья (табл. 3).

Таблица 3 - Отличительные признаки различных видов мясного сырья

Вид мясного сырья	Отличительный признак							
	Источник			Высокое содержание			Низкое содержание жира	Низкое содержание НЖК
	Белка	Вита-минов	Минераль-ных веществ	Белка	Витаминов	Минераль-ных веществ		
Говядина выделенная от:								
- лопаточного отруба			Zn	+	B12	Fe		
- спинно-поясничного отруба		B6	Zn, Fe	+	B12			
- тазобедренного отруба		B6	Zn	+	B12	Fe	+	
Печень говяжья			Zn	+	A, B12	Fe		
Печень куриная		B1	Zn	+	A, B2, B5, B6, B9, B12, PP	Fe, Se		
Печень индейки			Zn	+	A, B2, B5, B6, B9, B12, PP	Fe, Se		
Сердце куриное		B6, PP	Zn	+	B2, B5	Fe, Se		
Желудки куриные			Zn	+		Fe		+
Грудка куриная		PP		+		Se	+	
Бедро куриное		PP				Se		
Грудка индейки		B12		+		Se	+	
Бедро индейки	+				B12	Se		

В табл. 3 цветами отмечены возможные комбинации мясного сырья для проектирования основы функционального мясного продукта, с заявленными свойствами – источник или высокое содержание отдельных витаминов и минеральных веществ.

Для оценки возможности использования мясного сырья в составе рецептурных функциональных мясных продуктов, подвергающихся технологическому воздействию (температурная обработка) был предложен коэффициент нутриентного потенциала мясного сырья:

$$K_{ni} = \frac{M_i}{C_i} \times K_{di} \times K_{ri} \times K_{zi};$$

где K_{ni} – коэффициент нутрентного потенциала мясного сырья в i-ом нутриенте (витамины, минеральные вещества); M_i – содержание i-ого нутриента, мг в 100 г мясного сырья; C_i – уровень суточной потребности в i-ом нутриенте, мг; K_{di} – коэффициент деструкции i-ого нутриента в процессе технологической обработки сырья, учитывающий потери в результате температурной обработки, выход продукции; K_{ri} – коэффициент учитывающий содержание мясного сырья в рецептуре продукта, имеющего отличительный признак по i-ому нутриенту; K_{zi} – коэффициент запаса равный 0,95, учитывающий другие факторы.

Для прогнозирования заявленных свойств (источник или высокое содержание i-ого нутриента) в рецептурном функциональном продукте значение коэффициента нутриентного потенциала мясного сырья в i-м нутриенте должно удовлетворять условию $K_{ni} \geq 0{,}15$. Если значение этого коэффициента не удовлетворяет условию, то в формуле расчета внесения обогащающего нутриента в состав функционального продукта, представленной в Главе 6 настоящей диссертационной работы, содержанием нутриента в основном мясном сырье рецептуры ($M_{ест.i}$) можно пренебречь. Для подтверждения заявленных свойств рецептурных функциональных мясных продуктов, необходимо также проведение исследований содержания i-ого нутриента, с учетом предполагаемого срока годности продукции и установленного для соответствующего вида продукта коэффициента запаса.

Полученные новые данные об отличительных признаках мясного сырья стали основой для использования при проектировании составов и рецептур функциональных и специализированных мясных продуктов. Сведения об нутриентном потенциале (отличительных признаках) мясного сырья позволяют проводить разработку функциональных мясных продуктов с заявленными свойствами – источник или высокое содержание. Примеры моно- и комбинированного состава функционального мясного продукта представлены в табл. 4.

Таблица 4 - Отдельные примеры по использованию комбинаций мясного сырья при разработке функциональных мясных продуктов

Вид мясного сырья/анатомо-морфологическое выделение	Отличительный признак	Удовлетворение суточной потребности, %
Кусковой полуфабрикат из говядины, выделенный из тазобедренного отруба	Высокое содержание: - белка - витамина B12 - железа - цинка	 более 20 % вклада в калорийность 335 35 60
Рубленый полуфабрикат из говядины от тазобедренного отруба и сердца куриного (соотношение 80/20)	Высокое содержание: - белка - витамина B12 - цинка - селена Источник железа	 более 20 % вклада в калорийность 268 48 460 28

Разработанный алгоритм применяется для установления потенциала мясного сырья для использования в составе функциональных мясных продуктов. Установлено, что мясное сырье, в зависимости от вида и анатомо-морфологического происхождения, обладает следующими отличительными признаками и потенциалом для создания функционального продукта: высокое содержание белка, низкое содержание жира, источник или высокое содержание витаминов (B6,

B12) (для мяса птицы - содержание витамина PP), источник или высокое содержание минеральных веществ (железо, цинк) (для мяса птицы - высокое содержание селена, для субпродуктов - А, B2, B5, B6, B9, B12, PP, железа, селена, цинка).

В **пятой главе** представлено научное обоснование способов корректировки мясного сырья, разрабатываемых продуктов с целью повышения их функциональных свойств и безопасности. Рассмотрены три способа технологического непосредственного воздействия на мясное сырье (измельчение, ферментация и ионизирующая обработка) и два способа опосредованного воздействия через воду специальной подготовки.

Для научного обоснования эффективных способов измельчения (получения тонкодисперсной массы) был проведен анализ взаимосвязи размера частиц специализированных продуктов и переваримости *in vitro* и установлено, что переваримость продуктов увеличивается при более тонкой дисперсии (рис. 5).

Рисунок 5 - Зависимость переваримости от размера частиц мясных продуктов для детского питания, где А – область размера частиц гомогенизированных консервов, Б – вареных колбасных изделий, В – фаршевых консервов, Г – рубленых полуфабрикатов.

<u>Изучение нового способа фрезерного измельчения замороженного мясного сырья.</u> Использование метода фрезерования для производства функциональных и специализированных пищевых продуктов было обосновано возможностью регуляции параметров процесса резания (скорость подачи мясного блока, скорость вращения фрезы), с целью получения мясного фарша тонкой степени измельчения за один технологический цикл.

Анализ микроструктуры после измельчения методом фрезерования (рис. 6), показал, что мясо представляло собой тонко измельченный (в виде тончайшей стружки) фарш, содержавший фрагменты мышечной, соединительной и жировой тканей, преимущественно сохранивших свою структурную организацию.

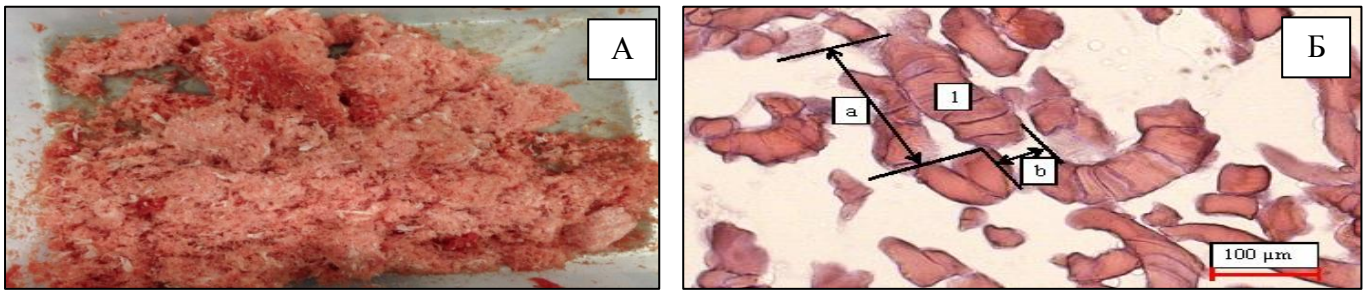


Рисунок 6 - Внешний вид (А) и микроструктура (Б) образца измельченного мяса (об. 10х), где 1 – частица мясной стружки, a – ширина частицы, b – толщина частицы.

Анализ степени дисперсии мясного фарша (рис. 7) показал, что большая часть размеров частиц мяса была распределена по диапазонам: 90-300 мкм (длина) и 30-100 мкм (ширина). Средний размер частиц составлял 120 мкм (около 88 %), отдельные частицы (около 12 %) имели

размер в диапазоне от 300 до 400 мкм, что допускается нормативной документацией на гомогенизированные мясные специализированные продукты.

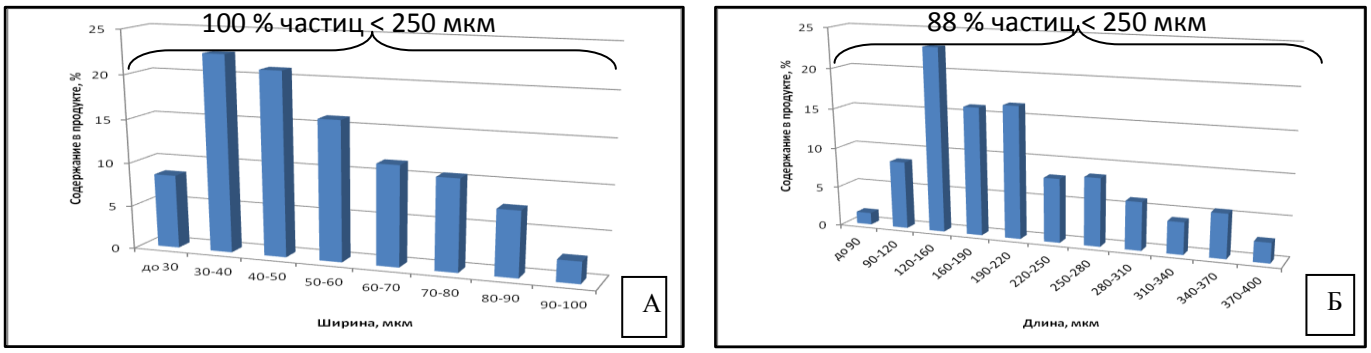


Рисунок 7 - Распределение размеров частиц измельченного мяса по диапазонам их значений, где А – размер по ширине частицы, Б – по длине.

Результаты сравнения дисперсии мясного фарша, полученного по традиционной технологии: волчок→куттер→гомогенизатор (рис. 8), имеющего средний размер частиц (около 76 %) 175 мкм, отдельные частицы (около 24 %) – в диапазоне от 300 до 400 мкм, показали повышение дисперсии мясного фарша в 1,5 раза.

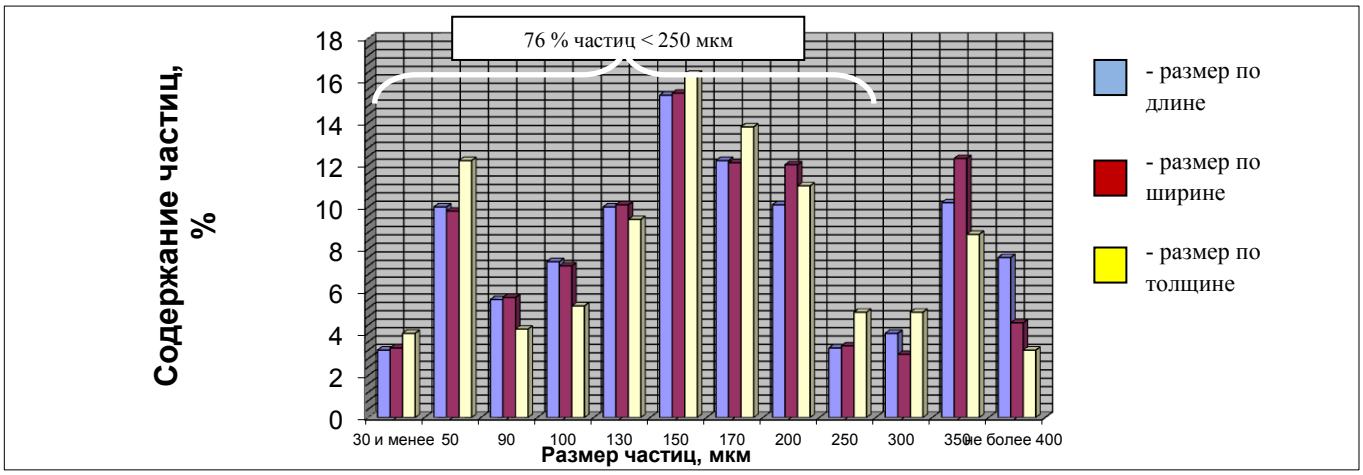


Рисунок 8 - Распределение размера частиц мясного фарша, полученного по традиционной технологии.

Для одностадийной технологии измельчения мясного сырья свойственно снижение числа контактов пищевой среды с рабочими поверхностями аппаратов технологического процесса, транспортирующих средств и т.п. Как следствие, уменьшается риск возможной контаминации измельченного мяса микрофлорой производственной среды, что чрезвычайно важно в технологии специализированной мясной продукции. Сокращение числа технологических стадий обработки (переделов) сырья приводит к снижению потерь мясного сырья (в т.ч. за счет мясного сока) и важных пищевых нутриентов. Применение фрезерного измельчения позволяет снизить риски изменения пищевой ценности и функциональных характеристик сырья в результате исключения/минимизации рисков развития окислительных изменений жиров и белков.

Изучение воздействия высокого давления на микроструктурные характеристики и дисперсность мясной системы. На основе сочетания нового способа измельчения мяса и дополнительных физических воздействий, таких как высокое гидростатическое давление, могут быть разработаны новые комбинированные технологии в области специализированного питания.

Для изучения воздействия высокого давления на микроструктурные характеристики и степень дисперсности продукта использовали модельную мясную систему, приближенную к специализированным смесям для энтерального (зондового) питания, т.к. для этой группы

продукции важным параметром для усвоения является размер частиц и равномерность их распределения. Обработку модельных систем проводили в консервной упаковке объемом 250 мл при следующем режиме: давление - 600 МПа, время обработки - 5 минут.

Исследование микроструктуры образцов с использованием анализатора изображений (рис. 9) показало, что размеры частиц белка и жира в продукте, обработанном высоким давлением, были значительно меньше, чем в контрольном образце, а их распределение более равномерное.

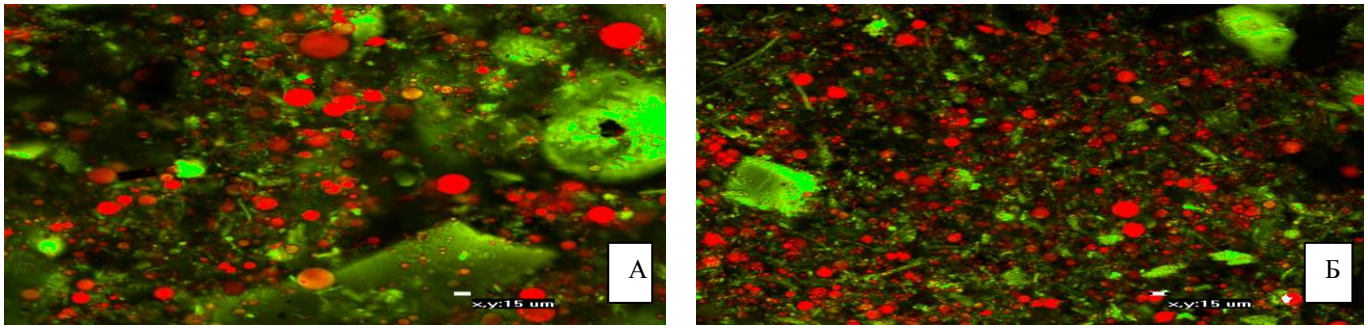


Рисунок 9 - Микроструктура образцов: а) контрольный образец; б) продукт, обработанный высоким давлением. Зеленым цветом обозначены частицы белка, красным – жира.

Дисперсность частиц продуктов для энтерального питания является важным показателем качества, т.к. от их размера зависит не только прохождение продукта через зондовые трубки, но и эффективность воздействия ферментов желудочно-кишечного тракта на пищевой субстрат, что в свою очередь влияет на усвояемость важнейших микро- и макронутриентов. Анализ дисперсности показал, что минимальный/максимальный размер частиц опытного образца, обработанного высоким давлением, составлял 6,6/324,8 мкм, контрольного образца – 12,5/326,5 мкм, соответственно. При этом средний размер частиц опытного образца составил 69,6 мкм, а контрольного – 88,7 мкм. Таким образом, воздействие высокого давления на гомогенизированную массу на мясной основе позволило дополнительно уменьшить средний размер ее частиц в 1,3 раза.

Применение в технологии специализированных мясных продуктов одновременно двух способов (фрезерное измельчение, обработка высоким давлением), позволяет снизить средний размер частиц продукта, относительно традиционной технологии, в 3 раза.

Изучение способа ферментативной обработки мясного сырья с целью снижения сенсибилизирующего воздействия. С целью изучения качественного содержания бычьего сывороточного альбумина (БСА) в мясном сырье (гомогенат говядины, дисперсность 0,1-0,2 мм), были проведены аналитические исследования с применением метода электрофоретического разделения белковых соединений по молекулярной массе. В качестве стандарта для электрофореза использовали маркер фирмы «Pierce», представляющий собой смесь рекомбинантных белков от 10 до 170 кДа, контролем был альбумин фирмы «Химмед». Было установлено, что образцы мясного сырья содержали значительные количества БСА (мономер, 68-69 кДа, составлял 2,81 % от суммы белков).

С целью выявления субстратной специфичности протеолитических ферментов по отношению к БСА, были проведены модельные исследования с использованием ферментных препаратов протеаз, различающихся источником получения (продуцентом), а, следовательно, составом ферментного комплекса. Время проведения ферментной обработки (при t=40 ^{0}C) составляло 4 часа. Соотношение фермент:субстрат - 1:15. Инактивацию ферментных препаратов проводили при t=80 ^{0}C, в течение 30 минут.

Эффективность проведенного протеолиза оценивали путем определения выхода общих белковых веществ в полученный экстракт методом Лоури (рис. 10). Степень деструкции выделенных белков в результате действия протеаз определяли по концентрации продуктов гидролиза БСА, не осаждаемых 20 % раствором трихлоруксусной кислоты.

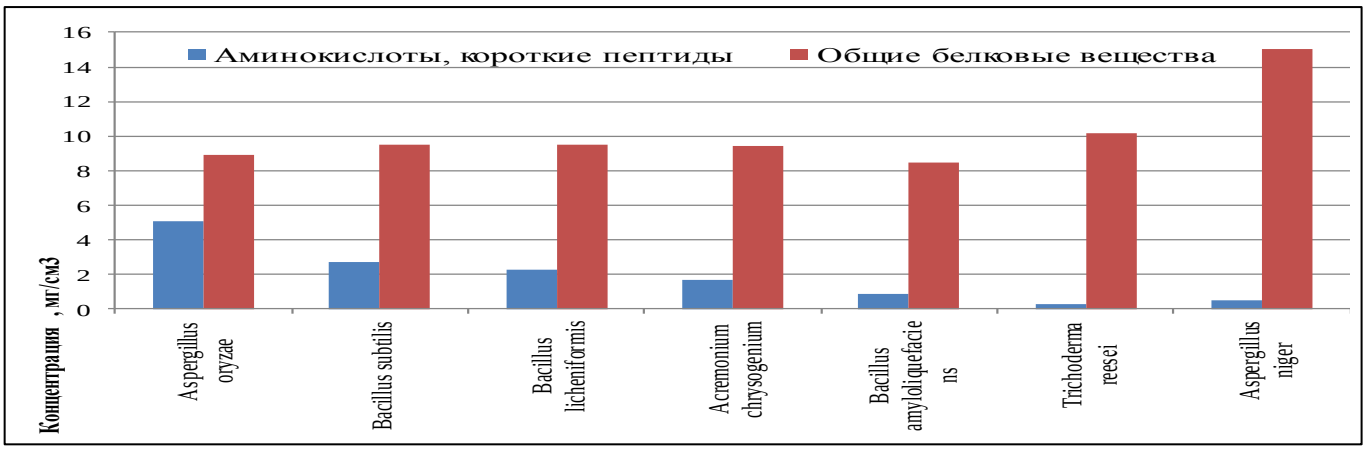


Рисунок 10 - Концентрация свободных аминокислот в гидролизатах БСА.

Полученные экспериментальные данные определения субстратной специфичности по отношению к БСА грибных и бактериальных протеаз показали, что к наибольшему выходу растворимых белковых веществ из сырья приводило использование препарата из *Aspergillus niger*. Однако степень деструкции выделенных белковых веществ находилась на низком уровне, что подтверждалось низкой концентрацией продуктов гидролиза белков в полученном супернатанте. Использование препарата из *Aspergillus niger* не позволило провести достаточную деструкцию БСА. Наиболее эффективным оказалось действие ферментного препарата грибной протеазы, полученной путем направленной ферментации селекционного штамма *Aspergillus oryzae*, содержащего комплекс пептидаз и протеиназ. Количество БСА в образцах мясного сырья (говядина), обработанных данным ферментным препаратом, составило 0,3 % от суммы белков, что позволило снизить сенсибилизирующую нагрузку для людей, страдающих или предрасположенных к аллергии на белки мяса, в 9 раз.

Получаемое после ферментативной обработки мясное сырье обладало низкими органолептическими показателями. С целью улучшения органолептических показателей, а также более полной биотрансформации БСА в мясном сырье, на следующем этапе исследований использовали молочнокислые микроорганизмы *Lactobacillus plantarum* (КОЕ в 1 г $1x10^6$). Термостатирование осуществляли при температуре 30 ^{0}С в течение 6 ч. Исследование фракционного состава белков опытных продуктов показало отсутствие основного белка-аллергена говядины – БСА (табл. 5).

Таблица 5 - Фракционный состав опытных образцов

Белки мясного сырья	Молекулярная масса, кДа	Гомогенат говядины	
		Подвергнутый двухстадийной обработке	Термообработанный
Тяжелые цепи миозина	205-210	+	++
Миомезин	185	+	+
Глобулин X	150	-	+
С-белок	110-140	+	++
α-актин	100	+	+
Миоген	90-80	++	++
F-белок	80	-	-
Миоальбумин	70	-	++
Н-белок	68	+	+++
БСА мономер	66-67	-	+
Актин G------F	56	+	+
I-белок	50	++	+
G-белок	42	+	+
Тропомиозин	70 (32 и 39)	+	+
Тропонин Т	35-38	++	++
ЛЦ 1	25-27 к	++	+
Тропонин I	23-25	++	+
LC-A1	20,7	+	+
L-цепи	18	+	+
ЛЦ 3	14	+	+

По органолептическим показателям продукты имели приемлемый специфический запах и кисловатый привкус за счет действия молочнокислых бактерий. Консистенция продуктов представляла гомогенизированную массу, отделения влаги не наблюдалось, цвет – светло-коричневый различных оттенков. Таким образом, применение двухстадийной обработки мясного сырья позволило снизить аллергенность говядины за счет биотрансформации основного белка аллергена – БСА.

Изучение влияния ионизирующего излучения на качество и безопасность мясного сырья. Важным, а иногда и определяющим абсолютную безопасность специализированных продуктов и рационов питания критерием, является санитарное состояние пищевого продукта и сырья, из которого он изготовлен. При этом, наличие в продукте (сырье) патогенной микрофлоры может быть серьезным, а в некоторых случаях летальным риском для здоровья отдельных потребителей, например для людей, имеющих так называемый «нулевой иммунитет», в результате специальных медицинских мероприятий, страдающих острыми иммунодефицитами, а также спецконтингента. Исключение циркуляции патогенной микрофлоры в экосистеме таких потребителей, является важной научной и практической задачей. В связи с этим, был изучен новый способ физического воздействия на мясное сырье (фарш) – ионизирующая обработка. Уровни заданных поглощенных доз составляли 0.5, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.5, 6.0 кГр, а также кратный набор поглощенной дозы 1.5+1.5 кГр и 2.25+2.25 кГр. Задаваемая поверхностная плотность мясного фарша составила 3.6 гр/см^2.

Результаты микробиологических исследований фарша, показали высокий санитарный уровень образцов, обработанных ионизирующим излучением с различной поглощенной дозой от 1.5 до 6.0 кГр, в процессе хранения. При этом в контрольном образце, не подвергнутом обработке, были обнаружены патогенные виды микроорганизмов (сальмонеллы и *L. monocytogenes*) уже на 5 сутки хранения, а на 7 сутки – отмечено превышение КМАФАнМ (КОЕ/г) относительно нормативных значений.

Результаты изучения видового состава микрофлоры фарша с дозами поглощения от 1.5 до 6.0 кГр, с применением идентификации MALDI-TOF масс-спектрометрией, позволили установить, что ионизирующая обработка гарантирует отсутствие патогенной микрофлоры в продукте, однако, выявляются наиболее толерантные виды микроорганизмов, такие как дрожжи *Candida* (рис. 11).

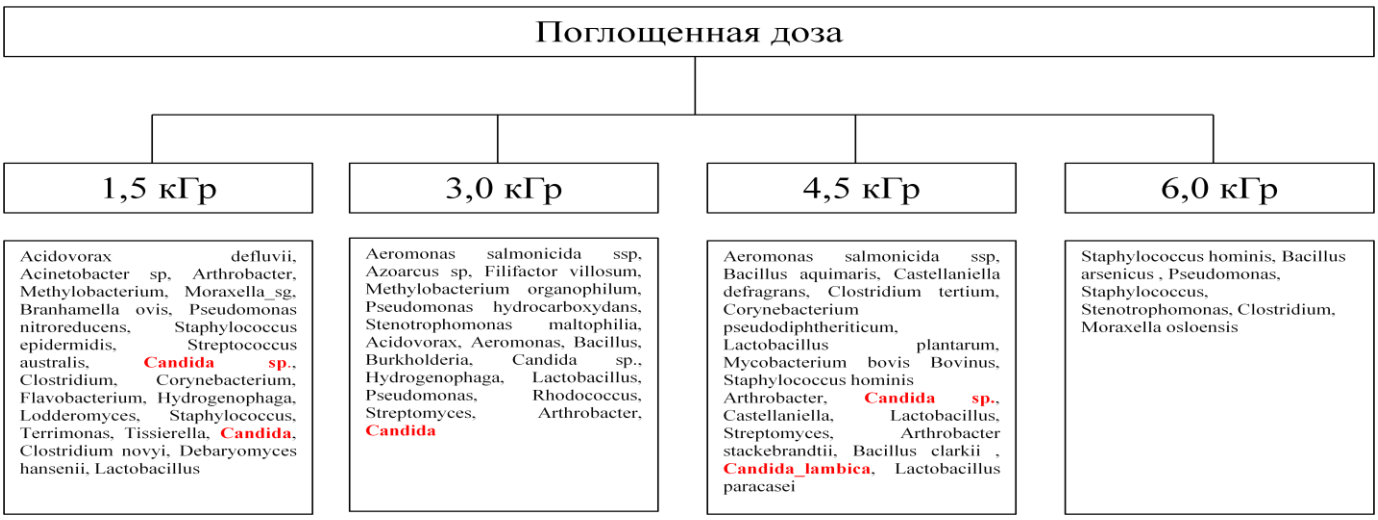
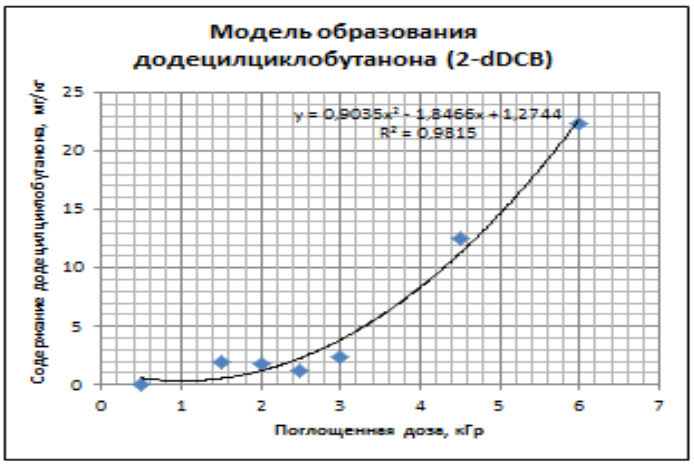


Рисунок 11 - Перечень микроорганизмов, устойчивых к ионизирующему воздействию при различной поглощенной дозе мясным фаршем.

Повышение санитарного состояния фарша сопровождалось образованием химических соединений, опасных для здоровья – продуктов радиолиза. По результатам исследований были получены математические модели их образования в зависимости от поглощенной дозы (рис.12). Для этого получали фарш с поглощенной дозой ионизирующего излучения 0.5, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.5 и 6.0 кГр.



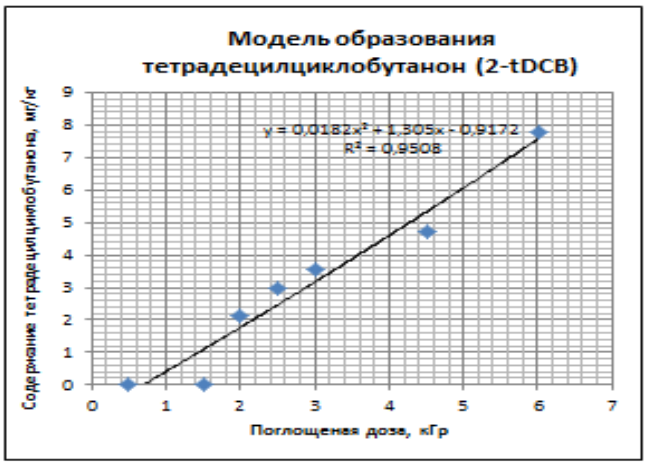


Рисунок 12 - Модели образования маркеров радиолиза в фарше.

Как видно из полученных моделей образования маркеров радиолиза (циклобутанонов), их резкое увеличение в фарше происходило в поглощенных дозах свыше 3 кГр. С целью снижения остаточного содержания продуктов радиолиза в мясном фарше, дальнейшие исследования были проведены на образцах с поглощенной дозой до 3 кГр, при этом были изучены образцы с кратным облучением 1.5+1.5 кГр и 2.25+2.25 кГр.

Динамика изменения общего количества микроорганизмов в образцах фарша, подвергнутых различным дозам и способам облучения, в процессе хранения, представлена в табл. 6., динамика роста дрожжей и плесеней – на рис. 13 и 14.

Таблица 6 - Динамика изменения общего количества микроорганизмов в образцах фарша

Образец	Количество МАФАнМ, logКОЕ/г в процессе хранения				Норма
	0 сутки	7 сутки	15 сутки	30 сутки	
0 кГр (контроль)	4,48±0,19 (Aa)	5,97±0,23 (Ba)	7,23±0,15 (Ca)	8,23±0,11	не более 6,67 log КОЕ/г
1.5 кГр	2,88±0,20 (Ab)	3,01± 0,36(Ab)	4,36±0,06 (Bb)	5,88±0,15 (Ca)	
3.0 кГр	2,29±0,11 (Ac)	2,42±0,16 (Ac)	3,92±0,28 (Bc)	5,64±0,14 (Cb)	
1.5+1.5 кГр	2,91±0,14 (Ab)	3,14±0,21 (Ab)	4,84±0,38 (Bd)	6,38±0,06 (Cc)	
2.25+2.25 кГр	2,32±0,26 (Ac)	2,55±0,23 (Ac)	3,82±0,09 (Bc)	6,07±0,09 (Cd)	
Примечание: Различные строчные буквы (a, b, c, d) обозначают значительную разницу между образцами, обработанными разными дозами при p <0,05; различные прописные буквы (A, B, C) обозначают значительную разницу между образцами в разное время хранения при p <0,05.					

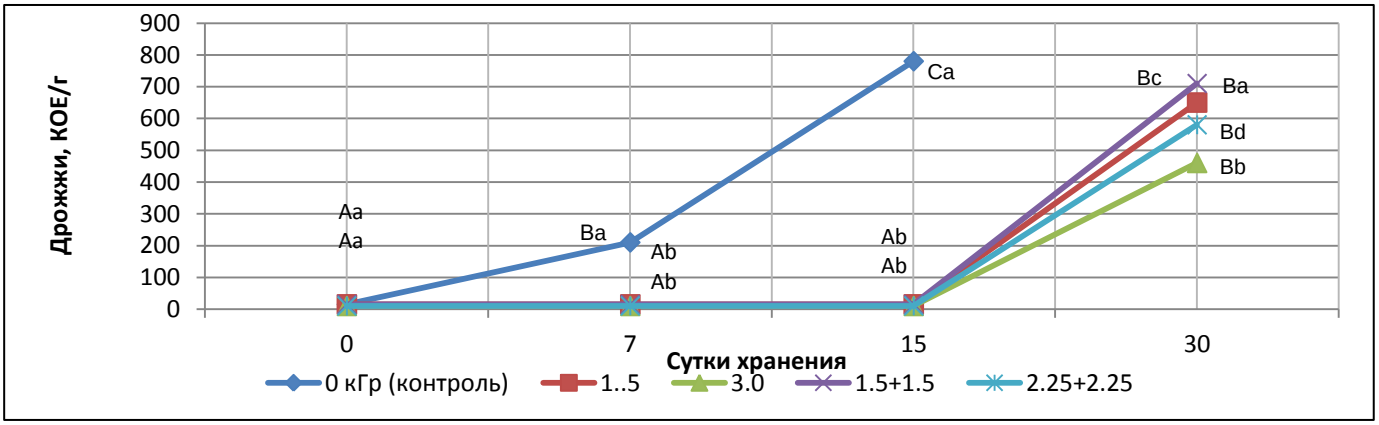


Рисунок 13 – Динамика роста дрожжей в мясном фарше в процессе хранения.
Примечание: Различные строчные буквы (a, b, c, d) обозначают значительную разницу между образцами, обработанными разными дозами при p <0,05; различные прописные буквы (A, B, C) обозначают значительную разницу между образцами в разное время хранения при p <0,05.

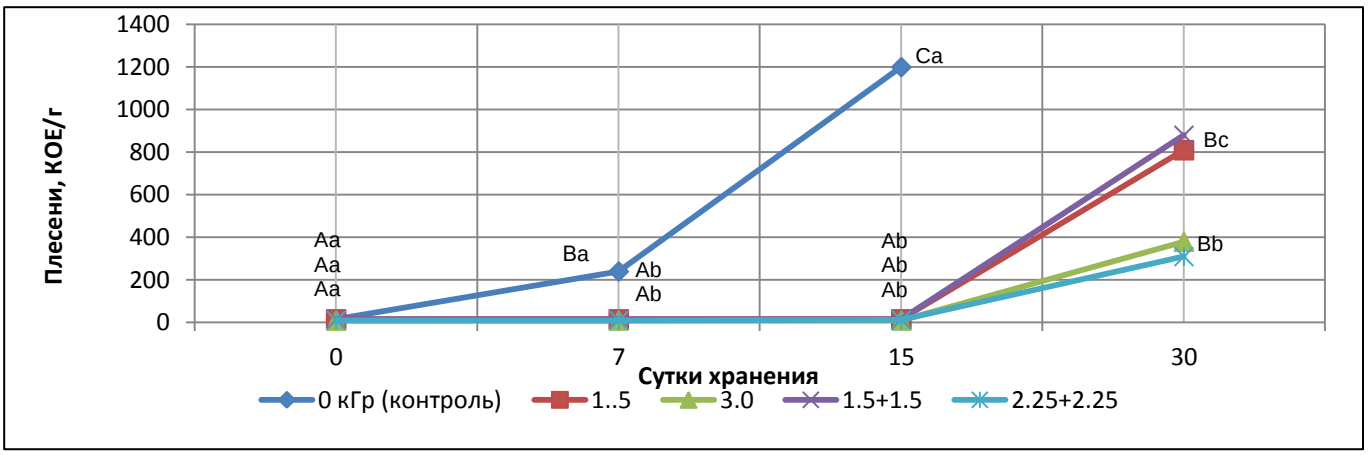


Рисунок 14 - Динамика роста плесеней в мясном фарше в процессе хранения.
Примечание: Различные строчные буквы (a, b, c, d) обозначают значительную разницу между образцами, обработанными разными дозами при p <0,05; различные прописные буквы (A, B, C) обозначают значительную разницу между образцами в разное время хранения при p <0,05.

Во всех облученных образцах, независимо от способа и дозы облучения, до 15 суток хранения отмечено отсутствие роста дрожжей, в то время как в контрольном образце количество дрожжей выросло (p<0,05) уже к 7 суткам, а к 15 суткам хранения у контрольного образца наблюдался интенсивный рост дрожжей. Рост дрожжей в облученных образцах отмечен только на 30 сутки хранения. При этом количество дрожжей у образцов, обработанных двукратным способом (1.5+1.5 кГр), было значимо выше (p<0,05), чем у образцов, обработанных однократно (3 кГр), а также, для однократной обработки напрямую зависело от дозы облучения.

Значимый рост плесеней (p<0,05) в контрольном образце наблюдался уже на 7 сутки, а к 15 суткам произошел интенсивный рост и количество плесеней выросло до 1200 КОЕ/г. Характер роста плесеней в опытных образцах фарша в процессе хранения в большей степени зависел от поглощенной дозы, чем от способа радиационной обработки. До 15 суток хранения не наблюдалось значимых изменений (p>0,05) во всех опытных образцах. Интенсивный рост плесеней был отмечен на 30 сутки у образцов 1.5 кГр и 1.5+1.5 кГр, при этом у образца, обработанного кратным способом, количество плесеней было значимо выше (p<0,05), чем у образца, обработанного дозой 3 кГр. У образцов 3.0 кГр и 2.25+2.25 кГр с общей поглощённой дозой 4.5 кГр, количество плесеней выросло значительно меньше, что говорит о зависимости роста плесеней от величины дозы облучения.

Содержание аминоаммиачного азота (ААА) в образцах в процессе хранения находилось в прямой зависимости от дозы поглощения и продолжительности хранения фарша. При этом применение кратной обработки привело к увеличению значения данного показателя. У контрольного образца содержание ААА ниже, чем в опытных образцах, что свидетельствовало о влиянии радиационной обработки на деструкцию белков (рис. 15).

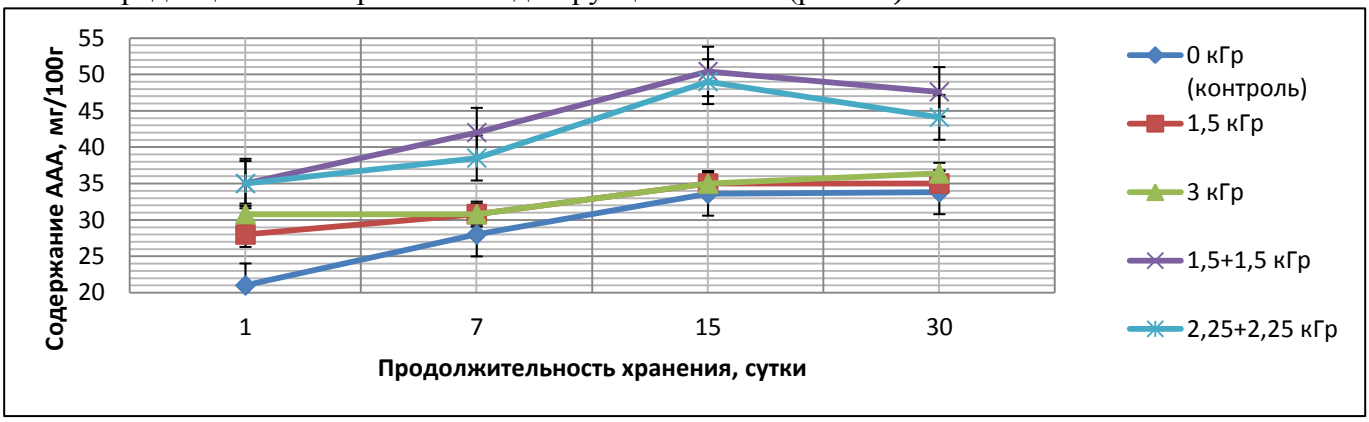


Рисунок 15 - Динамика изменения ААА в мясном фарше.

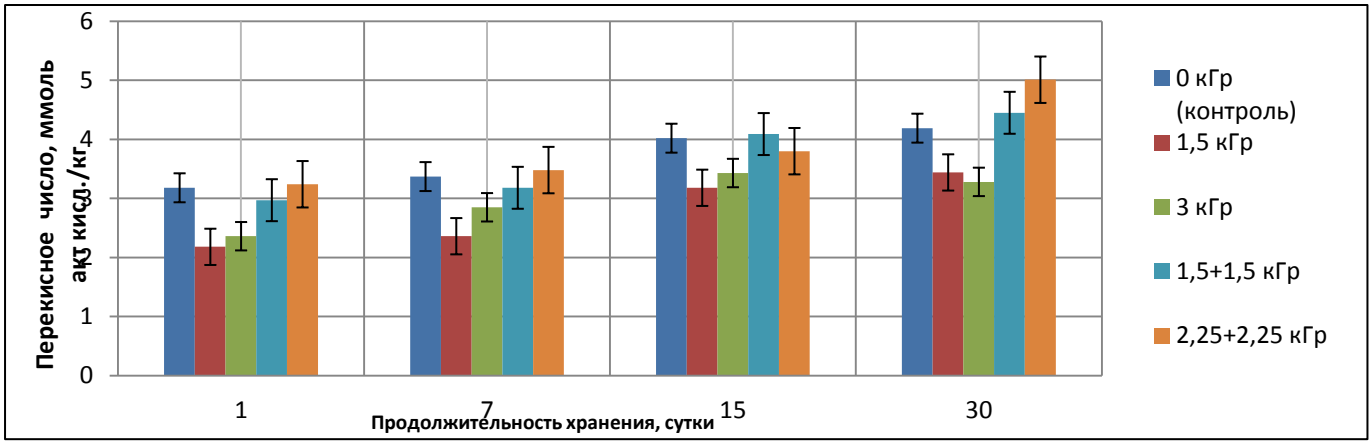


Рисунок 16 - Изменение перекисного числа мясного фарша.

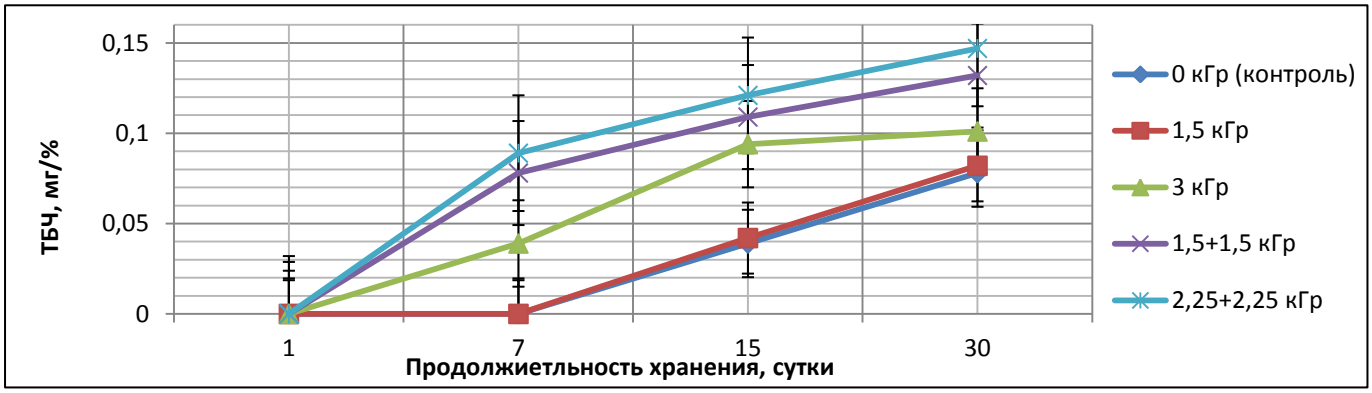


Рисунок 17 - Динамика изменения ТБЧ мясного фарша.

Под воздействием обработки в фарше увеличивалось значение перекисного (ПЧ) и тиобарбитурового (ТБЧ) чисел с ростом дозы облучения (рис. 16, 17). Характер изменения ПЧ в зависимости от дозы облучения сохранялся на протяжении всего периода хранения. При этом заметный рост ПЧ наблюдался после 15 суток хранения у образцов, подвергнутых ступенчатой обработке. Характер изменения ПЧ у контрольного образца и в опытных образцах в зависимости от дозы облучения сохранялся на протяжении всего периода хранения.

Результаты определения содержания активных продуктов, реагирующих с 2-тио-барбитуровой кислотой (ТБК-АП) и концентрации антиоксидантов в фарше приведены в табл. 7.

Таблица 7 - Содержание ТБК-АП и концентрация антиоксидантов в образцах фарша

Показатели	Фарш с поглощенной дозой			
	0 кГр (контроль)	1.5 кГр	3.0 кГр	1.5+1.5 кГр
ТБК-АП, нмоль/г	26,03±2,86^{a}	46,55±4,19^{b}	49,09±5,41^{b}	55,78±6,21^{b}
ОАЕ, нмоль экв. кверцетина/г	252,27±17,37^{a}	152,28±10,06^{b}	148,69±2,18^{b}	133,67±13,60^{b}
Активность SOD, усл.ед/г	172,95±13,64^{a}	139,02±6,56^{b}	137,30±6,48^{b}	132,45±15,35^{b}
Активность CAT, U/мг	2,19±0,07^{a}	2,18±0,07^{a}	2,14±0,07^{a}	1,72±0,18^{b}
Активность GPx, Ед/г	1,55±0,01^{a}	1,48±0,02^{b}	1,42±0,06^{b}	1,27±0,05^{c}
Примечание: Различные буквы (a, b, c) обозначают статистически значимые различия ($p < 0,05$) между исследуемыми образцами.				

Результаты, представленные в табл. 7, свидетельствуют, что с увеличением поглощенной дозы происходило накопление ТБК-А продуктов, что связано с активацией протеолиза, усилением внутриклеточного ацидоза, что, в свою очередь, вызывало повреждение цитомембран,

сопровождавшееся активацией перекисного окисления липидов (ПОЛ). В фарше, обработанном кратной поглощенной дозой 1,5+1.5 кГр, установлено достоверное увеличение этого показателя на 53,4% в сравнении с необлученным фаршем. Наименьшая разница по содержанию ТБК-А продуктов (2,4%) установлена между образцами фарша с поглощенной дозой 1.5 и 3.0 кГр.

Увеличение ТБК-А продуктов сопровождается снижением концентрации антиоксидантных ферментов. Наибольшая антиоксидантная активность (АОА) образцов фарша, определяемая по АОЕ, отмечена в необлученном образце – 252,27±17,37 нмоль экв. кверцетина/г сырья. С увеличением поглощенной дозы с 1,5 кГр до кратной 1.5+1.5 кГр, снижение АОА составило 12,2%. Максимальное снижение антиоксидантных ферментов SOD, CAT, GPx наблюдалось в образце фарша с кратной поглощенной дозой 1.5+1.5 кГр, в сравнении с контрольным образцом, и составило 23,4, 21,5 и 18,0 %, соответственно. При поглощенной дозе 3.0 кГр снижение концентрации ферментов составило 20,6, 2,3 и 8,4 %, соответственно.

Таким образом, использование более высоких доз, в том числе кратного воздействия, для облучения мясного фарша нецелесообразно, поскольку с увеличением дозы поглощения происходит накопление ТБК-А продуктов и снижение концентрации антиоксидантных ферментов.

В результате исследований разработана технологическая последовательность процесса облучения мясного фарша в центре для ионизирующей обработки, которая легла в основу технологической инструкции к ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов», для технологического центра радиационной стерилизации и антимикробной обработки ООО «Теклеор». В соответствии с разработанной инструкцией, обоснован сроков годности мясного фарша (говядина, свинина), который составил 16 суток, при действующих сроках 8 суток для аналогичной продукции.

Научное обоснование специальных способов водоподготовки для нормализации физических показателей воды и повышение функциональности мясных продуктов за счет ее применения. Цель применения специальных способов водоподготовки представлена на рис. 18.

Рисунок 18 - Классификация целей специальной подготовки воды для использования в технологии функциональных и специализированных продуктов.

Исследования электроактивированной воды (католита). С целью изучения изменения физико-химических показателей электроактивированной воды в течение времени, были проведены измерения pH и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) сразу после ее получения и далее через каждый час в течение 6 часов (табл. 8).

Таблица 8 - Изменение pH и ОВП

Время, мин	Значения показателей для католита, полученного при силе тока / наряжении на разделительной мембране				Контроль	
	0,5 А / 36,3 мВ		1,0 А / 54,5 мВ			
	pH	ОВП, мВ	pH	ОВП, мВ	pH	ОВП, мВ
0	8,4±0,4	-125	8,8±0,4	-150	6,3±0,4	200
60	8,3±0,5	-120	8,7±0,5	-135	6,2±0,4	197
120	8,1±0,4	-99	8,6±0,4	-100	6,2±0,3	195
180	8,1±0,3	-96	8,6±0,4	-110	6,2±0,3	195
240	8,1±0,2	-94	8,6±,3	-113	6,2±0,4	195
300	8,1±0,3	-90	8,6±0,3	-111	6,2±0,3	195
360	8,1±0,2	-89	8,6±,4	- 110	6,2±0,2	195

По результатам исследований была построена кривая релаксации электроактивированной воды (католита) в течение времени (рис. 19).

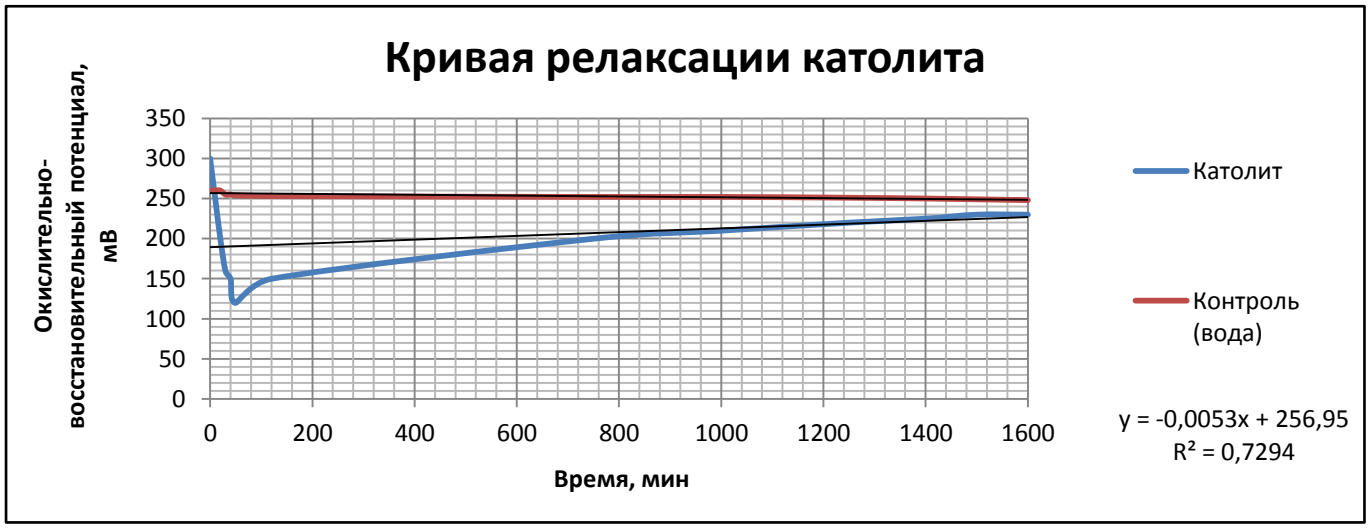


Рисунок 19 - Восстановление ОВП электроактивированной воды в течение времени.

В первые часы после электроактивации наблюдалось падение ОВП, затем этот показатель достигал равновесных значений, спустя 6 часов наступал период релаксации, и электронная нестабильность воды достигала равновесных показателей. Показатель pH относительно первоначального значения изменялся незначительно. Это подтверждало данные о том, что одно значение pH электроактивированной воды может соответствовать разным показателям ОВП.

На следующем этапе изучали технологические характеристики образцов мяса (говядина) после посола (в кусках методом инъецирования и в мелком измельчении) с использованием электроактивированной воды. Состав рассола: щелочная фракция электроактивированной воды (католит), пищевая соль. Количество шприцованного рассола составляло 15 % к массе мясного сырья. Куски мяса шприцевали рассолом, с концентрацией 16 % и направляли на посол, который продолжался 6 часов при температуре от 0 до 6 ^{0}С. Для посола в мелком измельчении мясо предварительно пропускали через волчок с диметром отверстий решетки 6 мм. Для контрольных образцов использовали аналогичный рассол, содержащий водопроводную воду и пищевую соль. Для посола образца № 1 использовали католит, полученный при силе тока 0,5 А, образца № 2 – католит, полученный при силе тока 1 А. Время с начала активации воды, до ее использования при приготовлении рассола не превышало 2 часов.

Согласно полученным данным (табл. 9), после посола влагосвязывающая способность (ВСС) в образцах №1 и №2 была выше на 5,2 и 6,8 %, соответственно, по сравнению с контрольным образцом, очевидно, в результате сдвига pH мяса в посоле до значений 6,25 и 6,33. При этом различия между контрольным и образцом №1 были не достоверны.

Таблица 9 - Технологические показатели мясного сырья, посоленного в кусках

Образцы	Значение показателей для образцов после посола		
	ВСС,% к общей влаге	ОВП, мВ	pH
Контрольный	62,98±1,9	60±1,9	5,88±0,4
Опытный №1	66,28±2,1	42±1,2	6,25±0,5
Опытный №2	67,24±2,0*	47±1,3*	6,33±0,5*
* - достоверность различий относительно контроля (p<0,05)			

Для посола в мелком измельчении в измельченное мясное сырье вносили пищевую соль из расчета 2,5 % к массе несолёного сырья и перемешивали в течение 4-5 минут с добавлением 5 % электроактивированной воды к массе сырья. После выдерживали в течение 6 часов и затем проводили исследования. Результаты исследования (табл. 10), показали, что опытные образцы №1 и №2 после посола с использованием электроактивированной воды обладали большей ВСС, чем контрольный образец на 10 % и на 11,25 %, соответственно.

Таблица 10 - Технологические показатели мясного сырья, посоленного в мелком измельчении

Образцы	Значение показателей для образцов после посола			
	ВСС,% к общей влаге	ОВП, мВ	pH	Влага, %
Контрольный	65,33±2,0	51±1,7	5,90±0,4	70,45±2,1
Опытный №1	71,72±2,1	42±1,5	6,22±0,5	70,98±2,2
Опытный №2	72,68±2,1*	47±1,6*	6,37±0,5*	71,80±2,2*
* - достоверность различий относительно контроля (p<0,05)				

Анализ полученных данных показал, что ВСС мяса, посоленного в мелком измельчении, в опытных образцах была выше, чем в контрольном образце. ВСС возрастала за счет сдвига pH в нейтральную область, увеличивался интервал между изоэлектрической точкой белков и pH среды, это приводило к росту числа гидрофильных групп в молекулах белков и способствовало их гидратации. Добавление щелочной фракции активированной воды при посоле фарша, позволило сдвинуть pH в область более высоких значений (6,22 и 6,37), что в колбасном производстве обычно осуществляется введением различных фосфатов. При этом следует отметить, что различия между контрольным образцом и образцом №1 были статистически не различимы.

Окислительно-восстановительный потенциал в испытуемых образцах находился практически на одном уровне: резкого изменения ОВП не наблюдалось, очевидно, за счет того, что мясо является большим буфером донорно-акцепторного обмена электронами. Однако по сравнению с контрольным образцом, в образце №2, отмечалась статистически различимая тенденция его сдвига к отрицательным значениям.

Общая переваримость образцов №1 и №2 (табл. 11) была выше на 6,1 % и на 7,5 %, соответственно, чем у контрольного образца, однако статистически достоверно не различались (p>0,05). Повышение доступности белка пищеварительным ферментам, может быть связано с тем, что донорные электроны активированной воды способны ассимилироваться на поверхности белковых молекул и образовывать комплексы с аминокислотами (метионин), что позволяет сохранять межмолекулярные биологически активные заряды. Таким образом, католит, являясь донором электронов, повышает перевариваемость пищевых продуктов.

Таблица 11 - Перевариваемость мяса, обработанного электроактивированной водой

Образцы	Переваримость in vitro мг тирозина/г белка		
	По пепсину	По трипсину	Общая переваримость
Контрольный	6,2±0,3	8,4±0,4	14,6±1,1
Опытный №1	6,7±0,3	8,8±0,4	15,5±1,1
Опытный №2	6,8±0,4	8,9±0,5	15,7±1,2

Апробация католита, полученного при режиме: сила тока 1 А; напряжение 54,5 мВ в технологии консервов для питания детей раннего возраста по ГОСТ Р 52199-2003 показала возможность снижения количества вносимого крахмала на 50 % от нормы закладки, принятой в традиционной технологи.

Обоснование использования воды с пониженным содержанием дейтерия с целью повышения биологической ценности мясных продуктов. Для получения образцов воды с пониженным содержанием дейтерия за основу был взят способ получения биологически активной питьевой воды, включающий электролиз дистиллята в электролизере, осушение полученных электролизных газов, преобразование электролизных газов в воду, последующую конденсацию паров воды и ее минерализацию. Подготовку воды для залива в электролизер осуществляли при помощи системы обратного осмоса и колонны смешанного действия (катионит-анионит), включенных последовательно. Минерализацию воды производили вручную, добавлением необходимого количества минеральных солей. Воду с пониженным содержанием дейтерия получали на электролизной установке, разработанной в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Для оценки биологического действия воды с модифицированным изотопным составом с пониженным содержанием дейтерия (ВМИС ССД) были изучены две модели. На первой модели исследовали возможность снижения концентрации дейтерия в организме лабораторных животных за счет потребления ВМИС ССД до 60 ppm. На второй модели изучали влияние ВМИС ССД до 40 ppm на организм лабораторных животных, с вызванным хроническим эндотоксикозом (ХЭТ).

Первая модель. Для эксперимента использовали 2 группы крыс-самцов линии Вистар по 20 штук в каждой группе. Первая группа – контрольная, в которой крысы употребляли дистиллированную минерализованную воду. Во второй группе крысы употребляли дистиллированную минерализованную воду с содержанием дейтерия 60 ppm. Спектры ЭПР лиофилизированных образцов сердца лабораторных животных (рис. 20) содержали анизотропный синглетный сигнал, параметры спин-гамильтониана ($g_{\perp}$ = 2.0074, $g_{\parallel}$ = 2.003) которого соответствуют стабильным радикалам. Спектры ЭПР образцов печени и почек имели аналогичный характер.

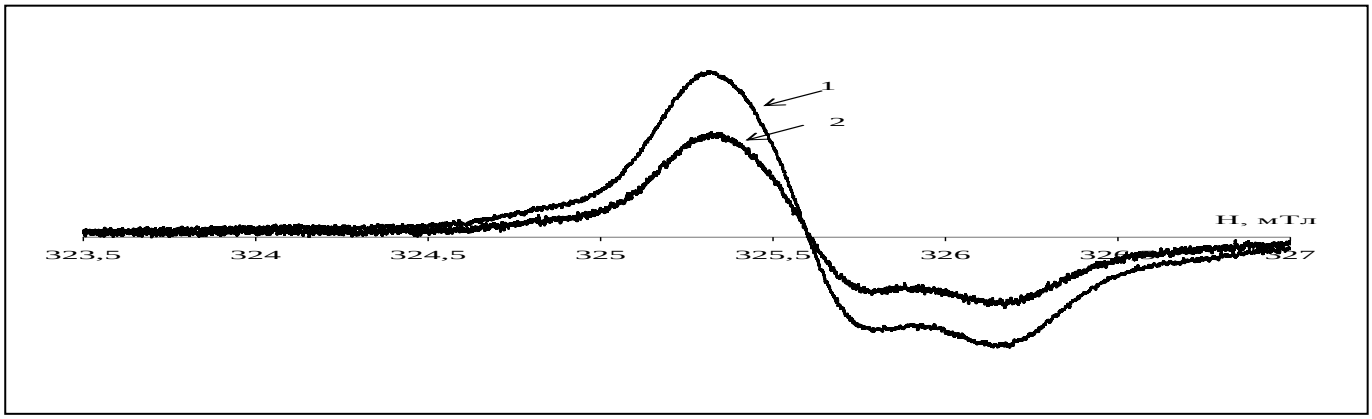


Рисунок 20 - Спектры ЭПР лиофилизированных тканей сердца лабораторных мышей контрольной (1) и опытной группы (2), употреблявшей ВМИС ССД 60 ppm в течение 4 недель.

У крыс, потреблявших воду с остаточным содержанием дейтерия 60 ppm, выраженный эффект наблюдали уже в течение первой недели, в лиофилизированных органах (печени, почках, сердце) наблюдали снижение количества парамагнитных центров (по данным ЭПР) в исследуемых тканях примерно на 26-30 % по сравнению с контрольной группой. Это свидетельствовало об уменьшении количества свободных радикалов и подтверждало благоприятное воздействие воды на организм животных. Содержание дейтерия в плазме крови лабораторных животных (рис. 21) постепенно снижалось и выходило на плато после 3 недели употребления ВМИС ССД.

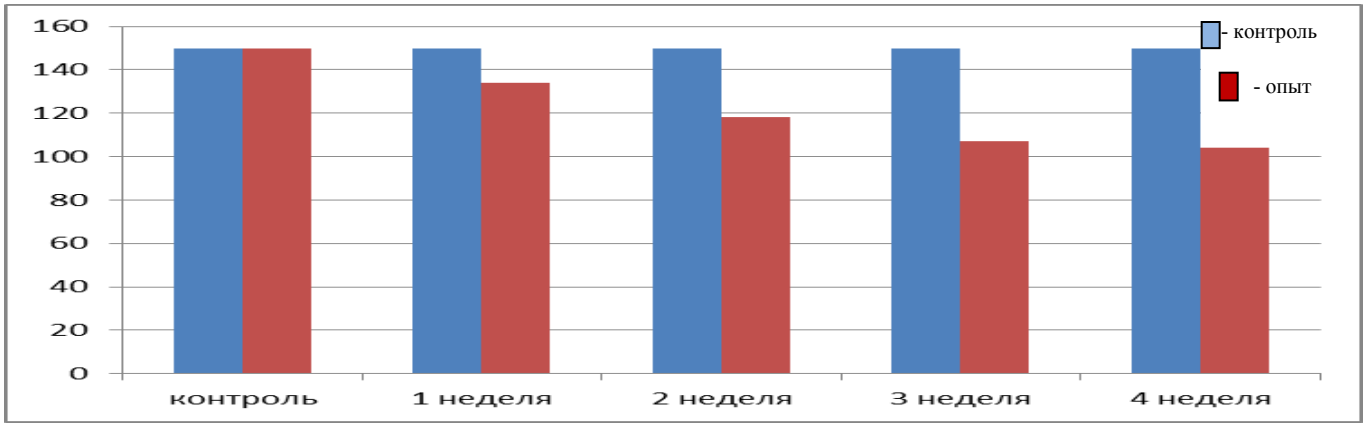


Рисунок 21 - Динамика изменения содержания дейтерия в плазме крови лабораторных животных, употреблявших воду 60 ppm, в сравнении с контрольной группой.

Такие изменения указывали на активно протекавшие реакции изотопного обмена между жидкими средами организма и биологическими молекулами в тканях.

Вторая модель. Эксперимент был проведен на 35 крысах-самцах линии Вистар в возрасте 4-6 месяцев (масса тела 240±50 г, колебание массы тела по группе ±10 г). Продолжительность эксперимента для животных всех групп составила 42 дня. Для изучения влияния профилактического действия на организм ВМИС ССД была использована модель ХЭТ гепато-ренального генеза. В течение 7 дней лабораторным животным ежедневно внутрибрюшинно вводили 55 %-ный масляный раствор тетрахлорметана (ТХМ) из расчета 0,5 мл/кг. Затем на 8-е сутки в течение 7 дней ежедневно внутрибрюшинно вводили раствор гентамицина из расчета 25 мг/кг. Токсический гепатит и нефропатия, приводящие к печеночной и почечной недостаточности, воспроизводились в этой модели на 15-е сутки эксперимента. Первыми сутками эксперимента считали момент начала моделирования ХЭТ.

В ходе проведения эксперимента были сформированы: группа 1 – животные с моделью ХЭТ, у которых с 1-х суток в течение 14-ти дней моделировали ХЭТ (отрицательный «-» контроль). Начиная с 1-х суток и на протяжении всего эксперимента животные потребляли дистиллированную минерализованную воду (с содержанием дейтерия 150 ppm); группа 2 – животные с изучаемым протекторным действием ВМИС ССД при развитии ХЭТ. На протяжении всего эксперимента одновременно с введением токсиканта с 1-х суток крысы потребляли ВМИС ССД 40 ppm; группа 3 – животные с изучаемым профилактическим и лечебным действием ВМИС ССД при ее длительном применении на фоне развития ХЭТ. На протяжении всего эксперимента крысы этой группы потребляли ВМИС ССД 40 ppm, включая 14 дней подготовки (до моделирования ХЭТ). Затем, начиная с 1-го дня эксперимента в течение 2-х недель, у животных моделировали ХЭТ, при этом в пищевом рационе сохранялось использование ВМИС ССД 40 ppm; группа 4 – животные с изучаемым профилактическим действием ВМИС ССД при кратковременном курсе ее потребления. В первые 14 дней подготовки (до 1-ых суток эксперимента) такие животные потребляли ВМИС ССД 40 ppm, а, начиная с 1-го дня, когда у них в течение 2-х недель моделировали ХЭТ, и до конца эксперимента они получали дистиллированную минерализованную воду (с содержанием дейтерия 150 ppm); группа 5 – животные с изучаемым влиянием ВМИС ССД на организм в физиологических условиях (положительный «+» контроль), которые на протяжении всего эксперимента содержались в стандартных условиях и потребляли ВМИС ССД 40 ppm; группа 6 – интактные животные (контроль), которые на протяжении всего эксперимента содержались в стандартных условиях и потребляли дистиллированную минерализованную воду (с содержанием дейтерия 150 ppm).

Биохимические изменения по всем изученным показателям на всем протяжении эксперимента у всех подопытных животных имели одну направленность и степень выраженности. Лабораторные исследования сыворотки крови животных 1-ой группы в конце эксперимента подтверждали стойкие нарушения функции печени и почек. На 42-е сутки эксперимента у

животных 1 группы выявлены (табл. 12): гиперкреатинемия (+56,7%), повышение активности АсАТ (+42,9%), АлАт (+58,5%), ЩФ (+177,6%).

Таблица 12 - Биохимический анализ крови лабораторных животных на 42-е сутки эксперимента

Показатели	Группы животных					
	1	2	3	4	5	6
Общий белок, г/л	55,7±0,99	52,56±5,49	54,53±8,56	55,64±1,97	46,93±2,30	53,30±2,06
Билирубин (общ.), мкмоль/л	2,29±0,12	4,11±0,90	3,93±1,21	3,35±0,99	3,7±1,83	5,62±2,30
Креатинин, мкмоль/л	70,2±4,53*	57,46±5,72	63,13±5,30*	52,56±4,55	48,73±2,9	44,8±3,64
АсАт, МЕ/л	233,2±10,8*	202,1±47,3	208,1±21,8	203,6±41,0	172,3±25,2	163,2±9,4
АлАт, МЕ/л	76,6±7,6*	41,9±4,4	56,3±6,4	44,9±5,5	39,37±4,6	48,3±2,7
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	184,1±37,6*	148,8±38,2*	171,6±28,5*	125,1±25,2	94,6±3,9	66,3±23,6
Примечание. * - $p<0,05$ в сравнении с контрольной группой 6.						

При сравнительном экспериментальном изучении влияния ВМИС ССД на организм крыс было установлено, что лучшие результаты получены у животных 3-ей и 4-ой групп, употреблявших ВМИС ССД с профилактической и лечебной целью на протяжении всего эксперимента. В конце эксперимента у животных этих групп возвращались к физиологическим значениям общий билирубин и креатинин (по сравнению с животными 1-ой и 2-ой групп), а на 15-е стуки эксперимента в этих же группах не выявлено снижения общего белка, что говорило о стабильной работе функциональной системы детоксикации (печени, почек).

Было отмечено, что ВМИС ССД не обладала кумулятивным эффектом, что отражала динамика показателей в группе 4, но способна потенцировать собственные эффекты при длительном применении в хроническом эксперименте (группа 3), что могло быть связано с ее способностью влиять на термодинамическое состояние нуклеиновых кислот в клетке, а также скорость процессов транскрипции. Это подтверждалось тем, что при длительном применении ВМИС ССД в течение 42-х суток параллельно с моделированием ХЭТ у животных 3-й группы прирост массы тела составил +16,1%. При 14-дневном профилактическом курсе прирост массы у животных 4-ой группы составил +9,2%. Подобные эффекты ВМИС ССД целесообразно использовать в ситуациях, предусматривающих прогнозируемые экстремальные воздействия на организм. С другой стороны, было отмечено, что использование ВМИС ССД в физиологических условиях не дало значимых преимуществ в увеличении живой массы лабораторных животных (группа 5 и 6), поэтому ее применение более рационально при патологических и особых физиологических состояниях. Исходя из биохимических показателей крови животных был сделан вывод о том, что применение ВМИС ССД влияет на коррекцию метаболических процессов при разном функциональном состоянии организма. Корригирующий эффект на показатели гомеостаза более существенен при длительном применении ВМИС ССД, что позволяло характеризовать это как ее профилактический эффект в условиях стрессового воздействия на организм.

На основании проведенных исследований, представленных в **пятой главе**, предложены комбинации способов подготовки мясного сырья для получения целевых основ для функциональных и специализированных пищевых продуктов (рис. 22).

Научно обоснованы специальные способы электроактивации воды и снижения концентрации дейтерия до 60 ppm и 40 ppm, позволяющие повысить ее технологические свойства при совместном использовании с мясным сырьем и биологический потенциал с дальнейшим применением в составе мясного продукта.

В **шестой главе** приведены результаты разработки эффективных комплексов пищевых компонентов для функциональных и специализированных продуктов. Разработанные комплексные смеси для функциональных и специализированных мясных продуктов, классифицированы (рис. 23).

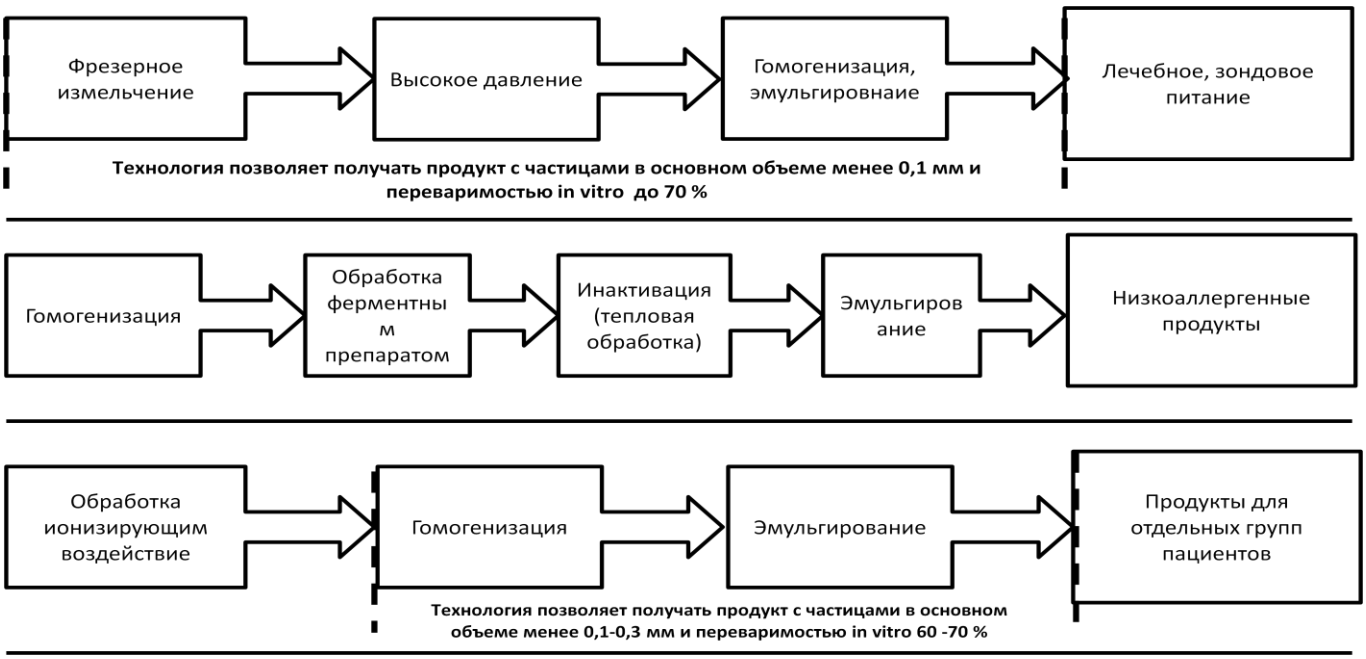


Рисунок 22 - Способы комбинации процессов подготовки мясного сырья.

Рисунок 23 - Классификация разработанных комплексных смесей.

Для практической реализации принципов создания обогащающих комплексов для функциональных и специализированных мясных продуктов был формализован принципиальный порядок последовательных действий (рис. 24).

Для расчета массы вносимого нутриента, предложена и апробирована при создании комплексов, следующая формула:

$$М_{нут.} = \left(\frac{P_{сут.} * У_{сут.}}{100 * К_{пот.}} - \sum_{i=1}^{n} М_{ест.i}\right) * К_{фор.} * К_{хран.}$$

где, $М_{нут.}$ – масса вносимого нутриента на 100 г продукта, $Р_{сут.}$ – норма суточного потребления, $У_{сут.}$- уровень обеспечения суточной нормы, %, $К_{пот.}$ – коэффициент потерь

нутриента с учетом выхода продукта, дол.ед., $М_{ест.i}$ - содержание нутриента в компоненте рецептуры на 100 г продукта, $К_{фор.}$– коэффициент, учитывающий содержание нутриента во вносимой форме, дол.ед., $К_{хран.}$ – коэффициент, учитывающий потерю в процессе хранения, дол.ед.

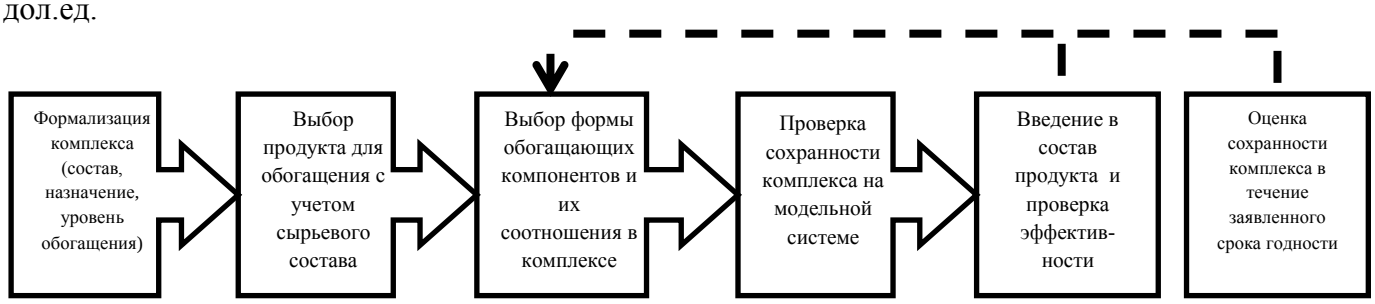


Рисунок 24 - Последовательность этапов создания обогащающих комплексов для функциональных и специализированных мясных продуктов.

Реализация принципа создания обогащающих комплексов базируется на научно-обоснованном подходе, который включает оценку технологической эффективности обогащения, определяемую уровнем потерь при разных способах технологической обработки и хранении, а также подтверждение эффективности применяемых форм обогащающих ингредиентов в опытах *in vivo*.

Проведены исследования по изучению потерь йода, внесенного в различных формах в колбасные изделия для детского питания ГОСТ 31498-2012 и полуфабрикаты для детского питания по ГОСТ Р 55366-2012, до и после термической обработки, а также в процессе хранения колбас (рис. 25) и полуфабрикатов после кулинарной обработки (рис. 26).

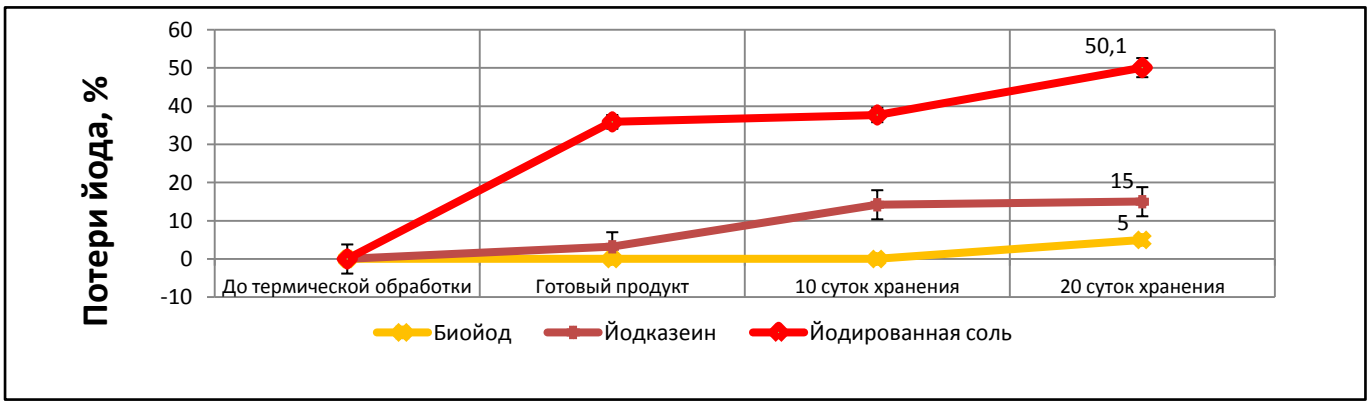
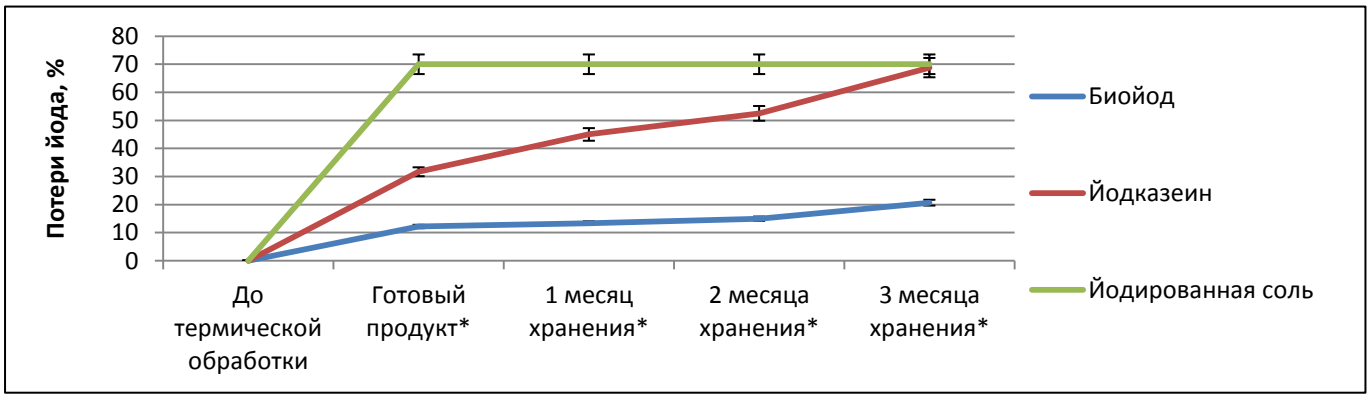


Рисунок 25 – Потери йода в вареной колбасе до термической обработки и в хранении.



*Готовый продукт - прошедший кулинарную обработку при температуре 180 °С до достижения температуры в центре продукта 90 °С. Продукт хранили при температуре -18 ^{0}С в течение 3 месяцев. Перед исследованием полуфабрикаты доводили до кулинарной готовности пароконвекционным способом

Рисунок 26 - Потери йода в полуфабрикатах после кулинарной обработки при хранении.

Заданное значение содержание йода в фарше для колбасных изделий и полуфабрикатов, обеспеченное внесением рассчитанных количеств Биойода, Йодказеина и йодированной соли, составляло 30±2 мкг/100 г. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что йод в связанной с молочным белком форме наименее подвержен потерям при изготовлении и хранении колбасных изделий и полуфабрикатов, применение йодированной соли нецелесообразно, поскольку не позволяет обеспечить требуемый уровень йода в продукте.

С учетом потерь, выявленных при изготовлении и хранении колбас, рассчитана норма закладки препаратов Биойод и Йодказеин, которая составила, соответственно, 1,4 и 0,5 мкг/100 г несоленого сырья. Для мясных рубленых полуфабрикатов, при аналогичном уровне йодирования 30 мкг/100 г продукта, норма закладки для Биойода составила 2,0 мкг/100 г сырья, для Йодказеина - 0,75 мкг/100 г.

На лабораторных животных были проведены исследования эффективности йодсодержащих добавок на основе сывороточных молочных белков («Биойод») и на основе казеина («Йодказеин») в сравнении с йодированной солью в составе мясных рубленых полуфабрикатов для детского питания. Было выработано четыре образца полуфабрикатов, в том числе обогащенных йодсодержащими препаратами из расчета внесения 30±2 мкг йода на 100 г: №1 – контрольный, №2 – опытный с добавлением 0,75 г Йодказеина на 100 кг сырья; №3 – опытный с добавлением 2,0 г Биойода на 100 кг сырья, №4 – опытный с добавлением 500 г йодированной соли на 100 кг сырья. Эксперимент проводили на 80 половозрелых белых крысах самцах линии Вистар (масса тела 140±20 г) в течение 50 суток в 2 этапа: профилактический; оценка эффективности продуктов на фоне моделирования мерказолилового гипотиреоза (йододефицита) в 1-4 группах животных.

1-й этап эксперимента - профилактический. Длительность этапа составила 25 суток. В течение 1-го этапа животные потребляли исследуемые продукты – далее проводили промежуточный забой части животных во всех группах. 2-й этап эксперимента заключался в моделировании на 26-е сутки у животных мерказолилового гипотиреоза (йододефицита) и в оценке эффективности йодсодержащих мясных полуфабрикатов на модели экспериментального гипотиреоза крыс. Животным ежедневно внутрижелудочно вводили препарат «Мерказолил» в дозе 50 мг/ кг массы тела животного в течение 25 суток.

Значения интегральных показателей хронической интоксикацией (ИПХИ) печени на 25-е сутки эксперимента (рис. 27) в группе животных, потреблявших продукты с йодированной солью, были выше, относительно всех групп, что указывало на негативное влияние продуктов, содержащих йодированную соль, на организм животных.

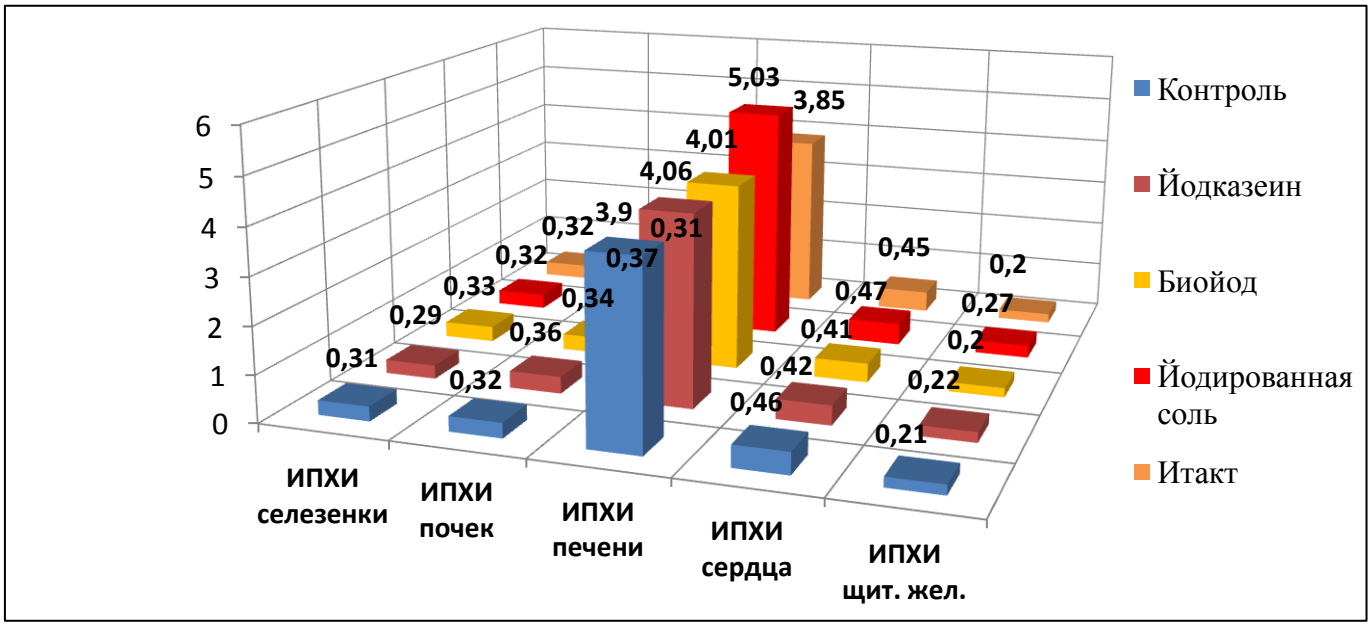


Рисунок 27 - Интегральный показатель хронической интоксикации (25-е сутки).

Анализ гормонального статуса на 25-е сутки эксперимента (табл. 13) показал, что у животных, в рацион которых вводили обогащенные йодом продукты, увеличивалось содержание тироксина (T_4) в крови – на 15 % у животных 2-ой и 3-ей группы, на 13 % у животных 4-ой группы; отмечено незначительное повышение трийодтиронина (T_3) у животных 2-ой и 3-ей групп (до 5 %). При этом у животных 4-ой группы, потреблявших полуфабрикаты с йодированной солью, выявлено снижение содержания трийодтиронина и тиреотропного гормона (до 30 %). Показано снижение содержания тиреотропного гормона у животных, в рацион которым вводили обогащенные йодом продукты, по сравнению с животными, потреблявшими контрольный продукт и интактными крысами, до 30%.

Таким образом, у животных, при введении в рацион полуфабрикатов, обогащенных Йодказеином (образец №2), отмечалось повышение концентраций в сыворотке крови тироксина и трийодтиронина (до 15 % и 5 %, соответственно).

Таблица 13 - Уровень тиреоидных гормонов в сыворотке крови животных, получавших йодсодержащие полуфабрикаты (25-е сутки)

Группа животных	Показатель		
	T_4, нмоль/л	T_3, нмоль/л	ТТГ, мк МЕ/л
1 (контроль)	86,52±9,8	1,56±0,03	1,03±0,01
2	101,52±9,6	1,63±0,03	0,76±0,12*
3	102,12±10,01	1,64±0,02*	0,73±0,12*
4	99,45±10,22	1,25±0,02*	0,71±0,04*
5 (интакт)	85,33±8,7	1,49±0,06	1,06±0,08
* - достоверность различий между показателями у животных интактной и всех групп (p<0,05)			

Снижение содержания в сыворотке крови ТТГ и повышения содержания T_4 свидетельствовало о том, что обогащение мясных продуктов препаратом Биойод опосредованно стимулирует выработку гормонов щитовидной железы, которые, в свою очередь изменяют функциональную активность иммунной системы и отдельных популяций иммунокомпетентных клеток. У животных 4-ой группы, потреблявших мясные продукты, обогащенные йодированной солью, наблюдалось некоторое увеличение содержания тироксина (до 13 %) и снижение содержания трийодтиронина и тиреотропного гормона (до 30 %).

На 50-е сутки эксперимента у контрольных животных (1-я группа) выявлено снижение T_4 в 1,8 раз, T_3 в 2,3 раза, при этом концентрация ТТГ, напротив, повысилась в 1,4 раза (табл. 14). У животных 2-ой и 3-ей группы, в рацион которых вводили йодсодержащие полуфабрикаты на основе йодсодержащих сывороточных белков и йодсодержащих белков молока (казеин), концентрация гормонов изменилась незначительно. Наибольший эффект для коррекции йодной недостаточности был достигнут при использовании полуфабрикатов, обогащенных Биойодом (образец 3) – уровень тироксина (T_4) восстановился на 98,7 % по сравнению с показателями контрольной группы, Т3 – на 100 %, ТТГ – на 89,3 %.

Таблица 14 - Уровень тиреоидных гормонов в сыворотке крови животных, получавших йодсодержащие полуфабрикаты (50-е сутки)

Группа животных	Показатель		
	T_4, нмоль/л	T_3, нмоль/л	ТТГ, мк МЕ/л
1 (гипотиреоз)	48,3±6,32*	0,68±0,02*	1,45±0,08*
2	98,32±9,34	1,59±0,04*	0,82±0,02*
3	85,46±0,02	1,57±0,04	0,92±0,02*
4	71,4±0,02	1,1±0,04*	0,77±0,02*
5 (интакт)	87,12±9,5	1,55±0,04	1,03±0,01
* - достоверность различий между показателями у животных интактной и всех групп (p<0,05)			

Таким образом, в результате комплексных исследований доказано преимущество применения органически связанного йода для обогащения мясных продуктов, как с технологической точки зрения, так и за счет того, что он лучше усваивается, способствуя выработке оптимального количества ТТГ и образованию T_4, компенсируя недостаток йода.

Полученные результаты использованы при разработке стандартов на обогащенную йодом мясную продукцию для детского питания, а также при разработке комплексных смесей для функциональных и специализированных мясных продуктов: ТУ 10.89.19-091-00419779-2016 «Биологически активные добавки к пище. Смеси витаминно-минеральные для колбасных изделий детского питания»; ТУ 10.89.19-095-54899698-2018 «Биологически активные добавки к пище. Смеси витаминно-минеральные для мясных полуфабрикатов для детского питания»; ТУ 10.89.19-092-00419779-2016 «Добавки биологически активные к пище. Смеси комплексные пищевые для специализированных мясных продуктов».

По результатам исследований данного этапа работы разработано и внедрено в промышленность 120 комплексных смесей для функциональных и специализированных мясных продуктов, выпускаемых отечественными и зарубежными компаниями.

В **седьмой главе** представлены частные технологии функциональных и специализированных мясных продуктов и продемонстрирована оценка их эффективности.

Технология мясных рубленых полуфабрикатов, адаптированных под особенности питания людей, страдающих диабетом (рис. 28).

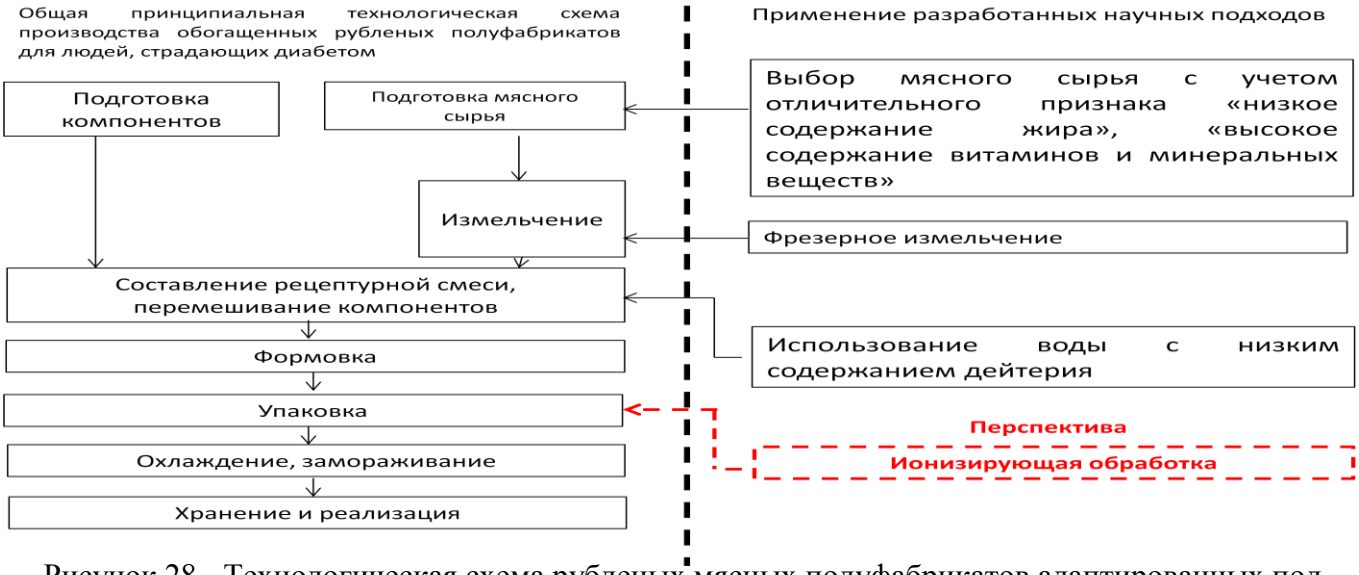


Рисунок 28 - Технологическая схема рубленых мясных полуфабрикатов адаптированных под особенности питания людей, страдающих диабетом.

На основании анализа различных видов мясного сырья было обосновано использование говядины с отличительными признаками, представленными в табл. 15.

Таблица 15 - Отличительные признаки и нутриентный потенциал говядины

Наименование показателя	Фактическое содержание	Суточная норма	% от суточной нормы	Отличительный признак	Коэффициент нутриентного потенциала
Витамин B12, мкг/100г	3,7±0,41	1	370	Высокое содержание	2,0
Железо, мг/100г	4,1±0,62	14	29	Источник	0,2
Цинк, мг/100г	6,8±1,20	15	45	Высокое содержание	0,3
Белок, г/100 г	21,0±1,5	75	28	Высокое содержание	-
Жир, г/100 г	1,4±0,21	83	1,7	Низкое содержание	-

Рецептура полуфабрикатов включала: говядину (70 %); комплекс растительных компонентов (белок соевый изолированный, овсяные хлопья, масло амаранта, орегано) и соль (всего - 10 %); воду (20 % в рецептуре) с модифицированным изотопным составом с пониженным содержанием дейтерия до 40 ppm. Показатели пищевой и биологической ценности кулинарных изделий, изготовленных из разработанных полуфабрикатов, приведены в табл. 16.

Таблица 16 - Показатели пищевой и биологической ценности кулинарных изделий, выработанных путем доведения до готовности разработанных полуфабрикатов

Показатели	Фактическое значение
Массовая доля белка, г/100 г продукта	22,0±1,1 (отличительный признак «высокое содержание»)
Массовая доля жира, г/100 г продукта	7,5±0,3
Массовая доля углеводов, г/100 г продукта	5,1±0,3
Содержание витамина В12, мкг/100г	1,8±0,24 (отличительный признак «высокое содержание»)
Содержание железа, мг/100г	2,1±0,35 (отличительный признак «источник»)
Содержание цинка, мг/100г	3,9±0,39 (отличительный признак «источник»)
Переваримость in vitro, мг тирозина/г белка: - пепсином - трипсином - общая	 10,6±0,7 13,8±0,9 24,4±1,2

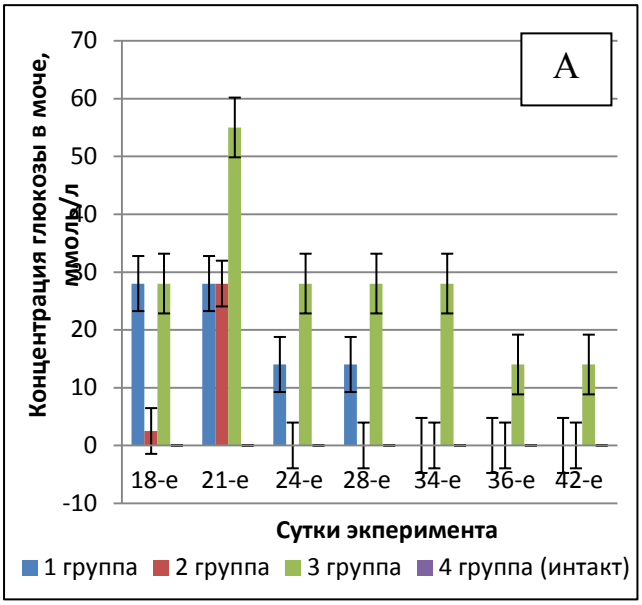
Для исследования биокорригирующих свойств полуфабрикатов, изготовленных с водой с пониженным содержанием дейтерия, был проведен биологический эксперимент на крысах самцах линии Вистар (n=36), средней массой 220±20 г, из которых рандомно были сформированы: 1 группа – животные, в рацион которым вводили опытные мясные полуфабрикаты (n=10); 2 группа – животные, потреблявшие на протяжении всего эксперимента стандартный рацион вивария, в качестве питьевого компонента – воду с пониженным содержанием дейтерия (n=10); 3 группа – животные, содержащиеся на стандартном рационе вивария, на протяжении всего эксперимента, потреблявшие в качестве питьевого компонента очищенную водопроводную воду (n=10); 4 группа – животные, содержащиеся на стандартном рационе вивария, на протяжении всего эксперимента, потреблявшие очищенную водопроводную воду (интактная) (n=6). Полуфабрикаты подвергали кулинарной обработке до готовности в пароконвекцией.

Первый этап эксперимента (16 суток) заключался в адаптации к рационам опытных животных 1-й и 2-й групп. Второй этап (7 суток) - животным 1-й, 2-й и 3-й групп проводили моделирование аллоксанового диабета, путем однократного внутрибрюшинного введения Аллоксана 1-водного («Диаэм», Россия) в дозе 12 мг на 100 г веса. Третий этап (20 суток) заключался в изучении диетотерапевтического действия исследуемых образцов продуктов и воды с пониженным содержанием дейтерия.

Сравнительный анализ содержания кетонов и глюкозы в моче показал, что в процессе развития патологического состояния изменялись концентрации оцениваемых показателей (рис. 29). У животных 1-3 групп глюкозурия и кетонурия отмечалась уже на 2-е сутки после введения аллоксана (18-е сутки эксперимента) – содержание глюкозы в моче достигало 28 ммоль/л, кетонов – до 1,5 ммоль/л, соответственно. У животных 3-ей группы глюкозурия и кетонурия сохранялась на протяжении всего этапа моделирования, содержание глюкозы у крыс данной группы достигло максимальных значений на 21-е сутки эксперимента (5-е сутки моделирования).

У животных 1-ой группы, потреблявших опытный продукт, глюкозурия сохранялась до 28-х суток (11-е сутки после введения аллоксана), кетонурия – до 34-х (17-е сутки после моделирования). У крыс 2-й группы, потреблявших воду с пониженным содержанием дейтерия, на 2-е сутки после введения аллоксана содержание глюкозы в моче составило 2,5 ммоль/л, на 5-е сутки достигало 28 ммоль/л. При этом глюкоза в моче животных 2-ой группы не детектировалась

уже на 7-е сутки после введения аллоксана, кетоны – на 17-е сутки после моделирования заболевания, соответственно.



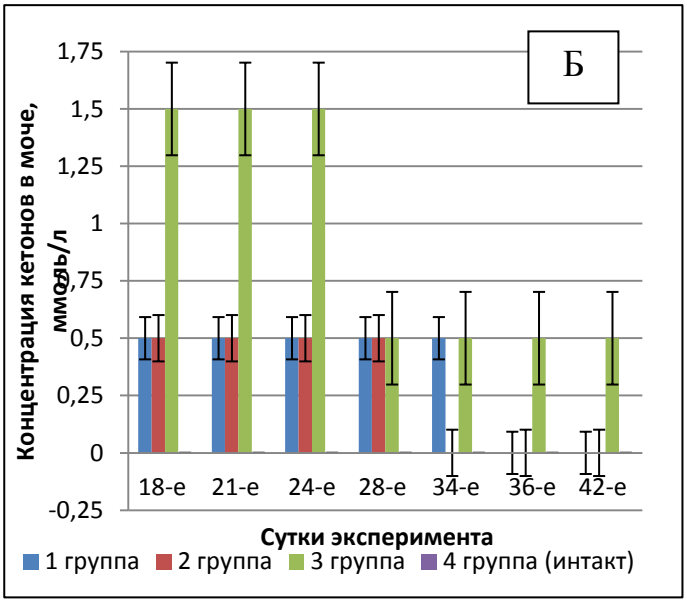


Рисунок 29 - Результаты анализа концентрации глюкозы (А) и кетонов (Б) в моче лабораторных животных.

По результатам исследований установлено протекторное воздействие воды с пониженным содержанием дейтерия, в том числе в составе мясного продукта, на организм лабораторных животных, проявляющееся в нормализации содержания в моче глюкозы и кетонов после моделирования заболевания, что свидетельствует о возможности применения разработанных полуфабрикатов для коррекции метаболических процессов у людей с нарушением углеводного обмена.

Технология консервированных функциональных продуктов (рис. 30).

Рисунок 30 - Технологическая схема консервированных функциональных продуктов.

Пищевая ценность и функциональные признаки, апробированных на действующем предприятии разработанных продуктов, представлены в табл. 17.

В результате проведенной работы разработана и утверждена документация ТУ 10.13.15-036-81649878-2021 «Функциональный пищевой продукт. Консервы мясорастительные

с использованием мяса птицы». Технология функциональных продуктов внедрена на действующем предприятии отрасли.

Таблица 17 - Пищевая ценность и функциональные признаки продуктов

Консервы	Показатель	Содержание, на 100 г продукта	Отличительный признак для указания при маркировке
«Суп-пюре из брокколи с фрикадельками из курицы»	Белок, г	4,1	Источник витамина B_6 Источник магния
	Жир, г	3,85	
	B_6, мг	0,3	
	Mg, мг	81,3	
«Суп-пюре из цветной капусты с фрикадельками из индейки»	Белок, г	4,5	Источник витамина B_6 Источник магния
	Жир, г	4,0	
	B_6, мг	0,32	
	Mg, мг	83,4	
«Французский куриный суп с кабачками»	Белок, г	5,2	Источник Ca Источник витамина D_3
	Жир, г	3,8	
	Ca, мг	180,4	
	D_3, мкг	0,94	
«Тефтели из курицы в овощном соусе с прованскими травами»	Белок, г	4,7	Источник пищевых волокон
	Жир, г	3,9	
	Пищевые волокна, г	3,0	
«Тефтели из индейки в овощном соусе»	Белок, г	4,5	Источник пищевых волокон
	Жир, г	3,8	
	Пищевые волокна, г	0,58	
«Овощи с индейкой и базиликом»	Белок, г	4,8	Источник Ca Источник витамина D_3
	Жир, г	3,7	
	Ca,мг	180,4	
	D_3, мкг	0,96	

Технология специализированных продуктов на мясной основе для лечебного энтерального питания (рис. 31). Был разработан стерилизованный продукт на основе говядины «Энмит-говядина», представляющий собой сбалансированную изокалорийную смесь. Продукт предназначен для восполнения суточной потребности организма в основных пищевых веществах, не содержит лактозу и глютен.

Рецептуры разработаны с применением принципов проектирования и компьютерной оптимизации рецептур, обеспечивающих адекватность состава продукта медико-биологическим требованиям. При компьютерном моделировании белкового компонента белок говядины комбинировали с изолированным соевым белком в соотношении 75:25, обеспечивающем наилучшие показатели биологической ценности белка (минимальный скор – 0,99 дол.ед., коэффициент утилитарности – 0,83 дол. ед. по отношению к эталону ФАО/ВОЗ). Жировой модуль представлял комбинацию жира из мясного сырья и смеси рапсового и соевого масел. Соотношение масел (3,5 % рапсового и 1,0 % соевого), комбинировали таким образом, чтобы обеспечить поступление ПНЖК семейства ω6 и ω3 в соотношении, не превышающем 5:1. Содержание насыщенных жирных кислот составляло 0,64 г на 100 г продукта, что обеспечивало менее 10 % от калорийности. При проектировании витаминной композиции использовали, разработанные принципы создания обогащающих комплексов с учетом исследований, направленных на определение степени разрушения витаминов в ходе стерилизации. Объем продукта 1500-2000 мл полностью обеспечивает суточную потребность организма больного в витаминах, основных макро- и микроэлементах.

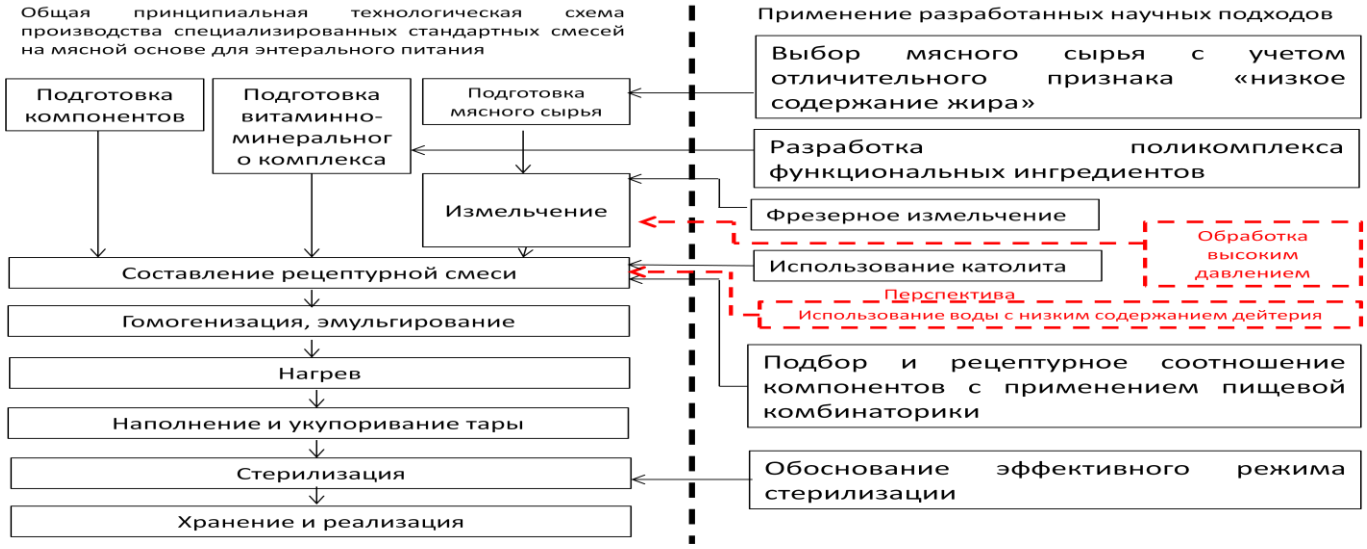


Рисунок 31 - Технологическая схема производства лечебных продуктов на мясной основе для энтерального питания.

Разработанная технология продуктов на мясной основе для энтерального питания была адаптирована к фактическим условиям предприятий по производству мясных продуктов для детей раннего возраста. Технология внедрена в производство, а выпускаемые продукты используются в клинической практике стационарных отделений медицинских учреждений.

Исследования воздействия высоких температур на образование акриламида в процессе стерилизации продуктов на мясной основе. Для оценки воздействия высоких температур на образование акриламида в стерилизованном продукте была использована модельная система, имеющая параметры: дисперсность – гомогенизированная масса с размером частиц не более 0,3 мм; Состав: говядина (41 %); соевый изолированный белок (4 %); мука пшеничная (5 %); вода (50 %); Фасовка: стеклянные банки вместимостью 100 мл; Режимы теплового воздействия: нагрев до температуры 85 ^{0}С; стерилизация по следующим режимам: $\frac{20-30-20}{120}$ (контроль); $\frac{20-50-20}{120}$ (образец 1); $\frac{20-30-20}{130}$ (образец 2); где в числителе указано время: нагрев – фактическая стерилизация – охлаждение, в знаменателе температура стерилизации.

В образце, изготовленном с использованием традиционного режима стерилизации (контроль), содержание акриламида (рис. 32) составило 27,64 мкг/кг. Установлено, что при одинаковой температуре с увеличением времени теплового воздействия до 50 минут уровень акриламида возрастает в 1,6 раза. При увеличении температуры воздействия до 130 ^{0}С с одинаковым временем, количество акриламида возрастает в 1,5 раза, т.е., продолжительность температурного воздействия оказала несколько большее влияние на уровень акриламида в модельной композиции. Полученные данные используются при разработке новых технологий мясных продуктов для питания детей раннего возраста и энтерального назначения с максимальным сохранением их химического состава, пищевой и биологической ценности.

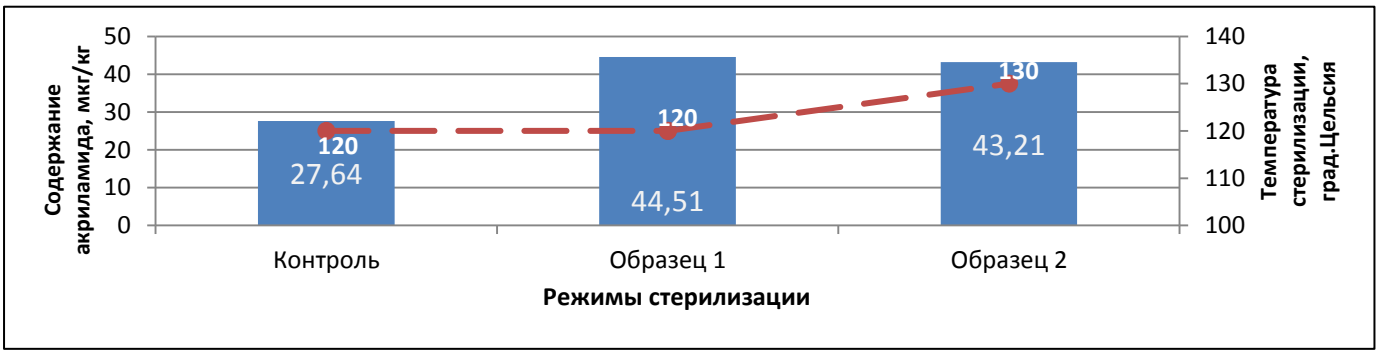


Рисунок 32 - Содержание акриламида в модельной композиции.

Оценка клинической эффективности и переносимости продукта для энтерального питания «Энмит-говядина» была проведена в клинических условиях на пациентах с синдромом оперированного желудка. Исследование выполнено на базе клиники ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» при участии 30 человек. В 1-ую группу включались пациенты, у которых стандартный протертый рацион был дополнен включением 2-х порций исследуемого продукта, пациенты 2-ой группы получали стандартный протертый рацион.

Пациенты в обеих группах продемонстрировали сопоставимую динамику выраженности абдоминальной боли на фоне лечения (рис. 33). Применение рациона с включением консервов для энтерального питания «Энмит-говядина» не способствовало появлению или усилению имеющейся абдоминальной боли. На фоне диетотерапии выраженность метеоризма у пациентов обеих групп снизилась, однако степень снижения жалобы у пациентов основной группы не достигла уровня достоверности изменений (рис. 34).

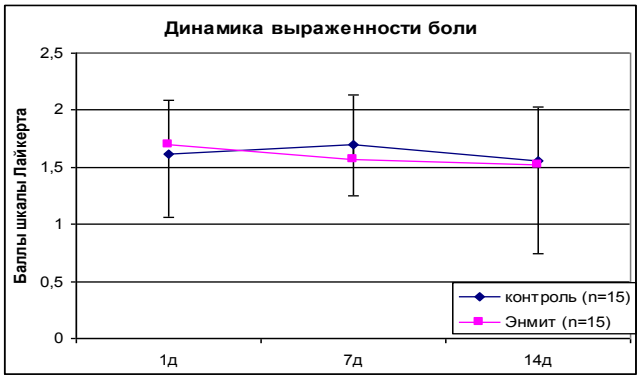


Рисунок 33 - Динамика выраженности абдоминальной боли участников исследования.

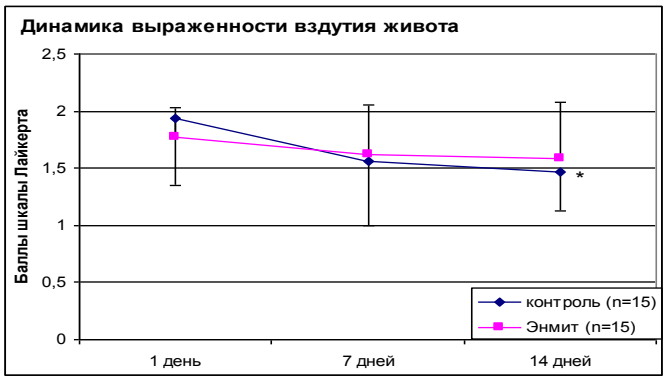


Рисунок 34 - Динамика выраженности метеоризма участников исследования (* - $p<0,05$).

Применение «Энмит-говядина» у пациентов с синдромом оперированного желудка не влияло на выраженность чувства изжоги, в обеих группах наблюдалась сопоставимый уровень выраженности этой жалобы, без существенной динамики на фоне проводимой диетотерапии. В обеих группах у пациентов с синдромом оперированного желудка наблюдалось достоверное снижение выраженности тяжести в эпигастрии после еды. На фоне диетотерапии пациентов, получавших рацион с «Энмит-говядина», отмечена тенденция к росту массы тела за счет всех его компонентов, в группе контроля отмечено некоторое увеличение жировой массы, при тенденции к более выраженному снижению мышечной массы и общей воды организма (табл. 18).

Таблица 18 - Динамика показателей состава тела у пациентов исследуемых групп

Показатели	Энмит (n=15)		контроль (n=15)	
	до	после	до	после
Масса тела, кг	53,1 ±8,3	54,5±8,7	57,2±16,2	56,1±14,6
Мышцы, кг	26,2±3,5	26,8±3,6	24,7±4,4	22,2±6,7
Жир, кг	5,4±2,4	5,6±3,7	11,0±12,3	11,2±11,5
Жидкость, л	35,2±4,5	36,1±4,7	32,5±5,9	31,4±5,2

У пациентов основной группы, получавших «Энмит-говядина», отмечена тенденция к увеличению содержания в крови гемоглобина, общего белка и альбумина. Содержание железа в сыворотке крови несколько снизилось, пропорционально значениям, наблюдаемым у пациентов группы контроля (табл. 19). Данное различие свидетельствовало о хорошем усвоении белкового компонента «Энмит-говядина», что позволило добиться положительной динамики гемоглобина, белка и альбумина даже на фоне разведения крови.

Таблица 19 - Динамика лабораторных показателей у пациентов исследуемых групп

Показатели	Энмит (n=15)		контроль (n=15)	
	до	после	до	после
Гемоглобин, г/л	119,2±9,6	122,6±6,8	124,6±19,8	118,8±15,2
Общий белок, г/л	61,5±6,55	65,3±6,1	66,9±5,7	63,6±7,1
Альбумин, г/л	41,2±3,5	42,7±2,4	44,1±5,1	41,5±4,8
Железо, мкмоль/л	13,8±8,5	13,3±7,2	15,6±7,6	14,9±6,4

По результатам клинической оценки продукт рекомендован для энтерального питания людей в послеоперационный период, а также в состояниях, связанных с потерей аппетита, челюстно-лицевыми, черепно-мозговыми, ожоговыми травмами, с нарушениями функции глотания и жевания.

Результаты исследований, представленных в **седьмой главе**, и полученные научные и практические данные, позволили внедрить в промышленность технологии функциональных и специализированных мясных продуктов в рамках коммерческих договоров на общую сумму более 15 млн. рублей, в том числе заключено 8 лицензионных договоров.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Обобщены и систематизированы требования к функциональным и специализированным мясным продуктам с учетом их современной классификации.

2. Создана методология разработки функциональных мясных продуктов на основе оценки нутриентного потенциала основного сырья с порогом присвоения отличительного признака – не менее 15 % от суточной нормы в основных пищевых веществах.

3. Разработан алгоритм определения отличительных признаков мясного сырья с целью использования в составе функциональных мясных продуктов и предложен коэффициент нутриентного потенциала мяса. Показано, что мясное сырье говядина в зависимости от вида анатомо-морфологического выделения, обладает следующими отличительными признаками и потенциалом натурального функционального продукта: высокое содержание белка, низкое содержание жира, источник или высокое содержание витаминов (В6, В12) (для птицы характерно содержание витамина РР), источник или высокое содержание минеральных веществ (железо, цинк) (для мяса птицы характерно высокое содержание селена, для субпродуктов - А, В2, В5, В6, В9, В12, РР, железа, селена, цинка).

4. Разработаны технологические способы корректировки свойств мясного сырья (тонкая дисперсия - позволяет снизить размер частиц продукта в 3 раза, ферментативная обработка – позволяет снизит сенсибилизирующую нагрузку для людей страдающих аллергией к белкам мяса в 9 раз) для повышения адаптации мясной продукции к требованиям для функциональных и специализированных мясных продуктов. Научно обоснована технология «холодной пастеризации», позволяющая пролонгировать сроки годности обработанной мясной продукции без применения пищевых добавок в 2 раза и обеспечить стабилизацию высоких санитарных показателей в течение этого срока с целью дальнейшего изготовлении специализированных продуктов для отдельных групп потребителей.

5. Разработаны принципы создания пищевых комплексов ингредиентов для функциональных и специализированных мясных продуктов. Экспериментально установлено, что применение органической формы йода повышает эффективность функциональных и специализированных мясных продуктов. По результатам исследований внедрено в промышленность 120 комплексных функционально-технологических и функциональных смесей ингредиентов.

6. Научно и экспериментально обосновано два способа безреагентной специальной водоподготовки в технологии функциональных и специализированных мясных продуктов с целью повышения их функционально-технологических характеристик и биологической ценности.

7. Разработаны и внедрены в технологическую практику предприятий мясной отрасли новые технологии функциональных и специализированных мясных продуктов. Количество предприятий, освоивших разработанные технологи за 10 лет выполнения работы, увеличилось в три раза и составляет более 150.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, индексируемые в международных базах данных Web of Science и Scopus

1. Rebezov, M. Novel techniques for microbiological safety in meat and fish industries / Rebezov M., Semenova A., Khayrullin M., **Dydykin A.**, Shariati M., Chughtai M., Mehmood T., Khaliq A., Tanweer S., Burlankov S., Thiruvengadam M., Lorenzo J.M. /Appl. Sci. (Switzerland).2022.Т.12. №1.
2. Kapovsky, B.R. Smart system of raw meat acceptance control for automated continuous meat product production lines / Kapovsky B.R., **Dydykin A.S.** et al. // В сб.: 2020 Int. Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2020. 2020. С. 9271230.
3. Джимак, С.С. Коррекция метаболических процессов у крыс при хроническом эндотоксикозе с помощью реакций изотопного (D/H) обмена / Джимак С.С., Басов А.А., Федулова Л.В., **Дыдыкин А.С.** и др. // Известия Российской академии наук. Серия биол. 2015. № 5. С. 518-527.
4. Семенова, А.А. Характерные особенности нутриентного состава воркутинской оленины, обусловленные условиями региона происхождения / Семенова А.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** и др. // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 5. С. 72-79.
5. **Дыдыкин, А.С.** Мясной продукт для питания детей раннего возраста, обогащенный ω-3 жирными кислотами, и оценка его эффективности в эксперименте *in vivo* / **Дыдыкин А.С.** и др. // Вопросы детской диетологии. 2019. Т. 17. № 1. С. 62-68.
6. Aslanova, M.A. Development of biologically active complexes taking into account technological requirements / Aslanova M.A., Derevitskaya O.K., **Dydykin A.S.** et al. // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия геологии и технических наук. 2019. Т. 5. № 437. С. 151-157.
7. **Dydykin, A.S**. Effectiveness of using iodine-containing additives in meat products for child nutrition **/ Dydykin A.S.**, Aslanova M.A. et al. // В сб.: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 60. Сер. «60th Int. Meat Industry Conference, MEATCON 2019» 2019. С. 012060.
8. Semenova, A. Volatile aroma compounds in moskovskaya cooked smoked sausage formed in different types of casings / Semenova A., Ivankin A., Kuznetsova T., **Dydykin A**. et al. // Foods and Raw Materials. 2019. Т. 7. № 1. С. 168-176.
9. Деревицкая, О.К. Разработка продукта для энтерального питания на мясной основе / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** et al. // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 3. С. 51-57.
10. Lisitsyn, A.B. Study of the effect of sex and type of muscles on the development of quality defects in turkey meat after the slaughter / Lisitsyn A.B., Semenova A.A., Kuznetsova T.G., **Dydykin A.S.**, Nasonova V.V. // Foods and Raw Materials. 2018. Т. 6. № 1. С. 63-70.
11. Зайнудинов, З.М. Оценка клинической эффективности и переносимости мясосодержащих консервов для энтерального питания / Зайнудинов З.М., Исаков В.А., Пилипенко В.И., Никитюк Д.Б., Зохрабян П.Р., **Дыдыкин А.С.** и др. // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 59-67.
12. Лисицын, А.Б. Изучение влияния мясных полуфабрикатов, изготовленных с добавлением воды с пониженным содержанием дейтерия, на показатели лабораторных животных с моделью аллоксанового диабета / Лисицын А.Б., Богатырев А.Н., **Дыдыкин А.С.** и др. // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 1. С. 64-71.
13. Derevitskaya, O.K. Meat-based enteral nutrition / Derevitskaya O.K., **Dydykin A.S.** // В сб.: 59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017. 59. С. 012038.
14. Kapovsky, B.R. Use of artificial intelligence in the production of high quality minced meat / Kapovsky B.R., Pchelkina V.A., Plyasheshnik P.I., **Dydykin A.S.**, Lazarev A.A. // В сборнике: 59th International Meat Industry Conference, MEATCON 2017. 59. С. 012039.
15. Богатырев, А.Н. Оценка эффективности использования йодсодержащих добавок в мясных кулинарных изделиях для детского питания / Богатырев А.Н., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 4. С. 68-75.
16. Семенова, А.А. Изучение образования в мясе продуктов радиолиза в зависимости от поглощённой дозы G-излучения и её влияние на окисление жиров и рост микрофлоры при хранении / Семенова А.А., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** и др. // Радиация и риск. 2020. Т. 29. № 1. С. 32-44.
17. Чернуха, И.М. Влияние полипептидов, выделенных из сычуга крупного рогатого скота, на регенераторные процессы желудка крыс / Чернуха И.М., Богатырев А.Н., **Дыдыкин А.С.** и др. // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № 5. С. 26-32.

Энциклопедии, учебные пособия

18. Современные технологии функциональных пищевых продуктов. Учебник. Под ред. А.Б. Лисицына и В.Н. Ивановой – М.: ДеЛи плюс, 2018. - 431 с. – ISBN: 978-5-6041606-2-6 / Лисицын А.Б., Иванова В.Н., Серегин С.Н., Кайшев В.Г., **Дыдыкин А.С.** и др.
19. Энциклопедия «Пищевые технологии». Отв.ред. В.А. Панфилов – Мос. обл.: ВНИИПП, 2017. - 25 см / Гущин В.В., Цветков А.И., Лисицын А.Б., **Дыдыкин А.С.** и др
20. Мясная промышленность. Энциклопедический словарь / Сост.: Лисицын А.Б., Чернуха И.М., Семенова А.А., Кудряшов Л.С., **Дыдыкин А.С.** и др. – М.: ВНИИМП, 2015. 256 с.

Свидетельства о регистрации интеллектуальной деятельности

21. Никитина, М.А. Пищевые продукты / Никитина М.А., Лисицын А.Б., Захаров А.Н., Сусь Е.Б., Пилюгина С.А., **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В. // Свидетельство о регистрации базы данных RU 2015620557, 30.03.2015. Заявка № 2015620089 от 12.02.2015.
22. Никитина, М.А. Расчет нутриентной адекватности состава поликомпонентных мясных продуктов / Никитина М.А., Лисицын А.Б., Захаров А.Н., Сусь Е.Б., Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.** // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2015660124, 22.09.2015. Заявка № 2015610736 от 12.02.2015.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

23. **Дыдыкин, А.С.** Современное состояние и перспективы развития нормативно-технического регулирования производства и оборота функциональных пищевых продуктов в мировой практике / **Дыдыкин А.С.**, Зубарев Ю.Н., Логунова Е.И., Асланова М.А., Деревицкая О.К. // Все о мясе. 2022. № 1. С. 8-15.
24. Асланова, М.А. Научно-обоснованные требования к мясному продукту для диетотерапии при болезнях органов дыхания / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е., Беро А.Л. // Мясная индустрия. 2022. № 4. С. 36-38.
25. Деревицкая, О.К. Применение специализированных продуктов в организации школьного питания на примере региональных практик / Деревицкая О.К., Асланова М.А., Симоненко С.В., Антипова Т.А., **Дыдыкин А.С.** // Пищевая промышленность. 2021. № 6. С. 39-42.
26. Асланова, М.А. Пищевая и биологическая ценность кулинарных изделий функциональной направленности / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Беро А.Л., Солдатова Н.Е. // Все о мясе. 2021. № 6. С. 12-15.
27. Деревицкая, О.К. Специализированные мясные продукты в системе организации питания школьников / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е., Асланова М.А. // Мясная индустрия. 2021. № 4. С. 38-42.
28. Сергеев, В.Н. О включении новых функциональных продуктов в комплексные реабилитационные и профилактические программы у спортсменов с поражениями опорно-двигательного аппарата / Сергеев В.Н., Мусаева О.М., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Спортивная медицина: наука и практика. 2021. Т. 11. № 1. С. 44-52.
29. Солдатова, Н.Е. Новый стандарт на мясные консервы для питания детей старше трех лет / Солдатова Н.Е., Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** // Стандарты и качество. 2020. № 6. С. 44-46.
30. Асланова, М.А. Полуфабрикаты из мяса птицы как источник микро- и макронутриентов для здорового питания / Асланова М.А., Деревицкая О.К., Солдатова Н.Е., **Дыдыкин А.С.**, Беро А.Л., Буряк С.В. // Все о мясе. 2020. № 4. С. 28-30.
31. Касимова, Г.В. Категория health and wellness - как катализатор развития отрасли / Касимова Г.В., Горбатов С.А., **Дыдыкин А.С.** // Все о мясе. 2020. № 1. С. 30-33.
32. Асланова, М.А. Медико-биологические требования к функциональным продуктам из мяса с учётом метаболической направленности и потребительских характеристик / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** и др. // Все о мясе. 2020. № 5S. С. 40-43.
33. Асланова, М.А. Разработка научно обоснованной рецептуры и технологии кардиопротективных кулинарных изделий / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е., Беро А.Л. // Все о мясе. 2020. № 6. С. 45-48.
34. Деревицкая, О.К. Оценка гигиенической безопасности мясных и мясорастительных консервов для детского питания в новой жестяной банке / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А., Ситникова Т.А. и др. // Все о мясе. 2020. № 5S. С. 96-99.

35. Семенова, А.А. Радиационная обработка мясных продуктов. За и против / Семенова А.А., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Батаева Д.С., Беро А.Л. // Мясная индустрия. 2020. № 7. С. 14-17.
36. Касимова, Г.В. Рынок лечебного питания: статистика, тренды, возможности / Касимова Г.В., Горбатов С.А., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2020. № 4. С. 4-7.
37. Сергеев, В.Н. Использование функциональных продуктов из зародышей пшеницы в алиментарной поддержке больных с хроническим гастродуоденитом и язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки на санаторно-курортном этапе лечения (обзор литературы) / Сергеев В.Н., Мусаева О.М., **Дыдыкин А.С.** // Вестник восстановительной медицины. 2020. № 3 (97). С. 143-152.
38. Сергеев, В.Н. Обоснование применения мясосодержащих консервов «Энмит-говядина» для энтерального питания для коррекции пищевого статуса больных / Сергеев В.Н., **Дыдыкин А.С.** и др. // Гастроэнтерология СПб. 2020. № 1-2. С. 55.
39. Сергеев, В.Н. Использование функциональных продуктов из мяса при заболеваниях опорно-двигательного аппарата / Сергеев В.Н., Апханова Т.В., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. № 4. С. 35-43.
40. Maksimenko, A.A. Application of high hydrostatic pressure technology to improve consumer characteristics and safety of meat products / Maksimenko A.A., Lyude A.V., Semenova A.A., **Dydykin A.S.**, Nishiumi T. // Theory and Practice of Meat Processing. 2020. Т. 5. № 2. С. 26-38.
41. Солдатова, Н.Е. Колбаски для питания детей раннего возраста. Основные положения межгосударственного стандарта / Солдатова Н.Е., Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** // Стандарты и качество. 2019. № 7. С. 50-53.
42. **Дыдыкин, А.С.** III Международная научно-практическая конференция "Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления"/**Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А., Беро А.Л. // Все о мясе. 2019. № 6. С. 14-17.
43. Семенова, А.А. Применение ионизирующего излучения в мясной промышленности /Семенова А.А., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Все о мясе. 2019. № 4. С. 30-34.
44. Семенова, А.А. Полуфабрикаты из говядины как источник белка, витаминов и минеральных веществ для здорового питания / Семенова А.А., **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К., Асланова М.А., Беро А.Л. // Все о мясе. 2019. № 3. С. 49-53.
45. Сергеев, В.Н. Функциональные продукты из мяса в питании пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями / Сергеев В.Н., Мусаева О.М., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. // Вестник восстановительной медицины. 2019. № 6 (94). С. 68-72.
46. Сергеев, В.Н. Перспективы использования функциональных продуктов из мяса в питании больных с заболеваниями системы пищеварения / Сергеев В.Н., **Дыдыкин А.С.**, Мусаева О.М. и др. // Russian Journal of Rehabilitation Medicine. 2019. № 3. С. 25-49.
47. Асланова, М.А. Получение белкового гидролизата из сырья животного происхождения для обогащения продуктов / Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Пищевая промышленность. 2018. № 2. С. 16-18.
48. **Дыдыкин, А.С.** Безопасность продуктов детского питания, подвергаемых высокотемпературной обработке / **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К. // Пищевая промышленность. 2018. № 3. С. 58-59.
49. Деревицкая, О.К. Стандарты на консервы из мяса для детского питания - гарантия безопасности и качества / Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** // Стандарты и качество. 2018. № 1. С. 32-35.
50. Солдатова, Н.Е. Нормативно-техническое регулирование производства колбасных изделий для детского питания / Солдатова Н.Е., Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** // Стандарты и качество. 2018. № 10. С. 58-61.
51. **Дыдыкин, А.С.** 2-я Международная научно-практическая конференция «Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления» / **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Все о мясе. 2018. № 6. С. 10-11.
52. Асланова, М.А. Применение белкового гидролизата в технологии функционального напитка для пожилых людей, страдающих опорно-двигательными заболеваниями / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** и др. // Все о мясе. 2018. № 5. С. 10-13.
53. Асланова, М.А. Функциональные мясные продукты: проблемы и перспективы / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2018. № 3. С. 38-42.
54. Асланова, М.А. Мясные продукты пониженной калорийности / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Мясная индустрия. 2018. № 8. С. 8-11.
55. Кузнецова, О.А. Приоритетные научные исследования в области питания населения

/Кузнецова О.А., **Дыдыкин А.С.** и др.// Мясная индустрия. 2018. № 7. С. 8-12.
56. Сергеев, В.Н. Обоснование состава этапных нутритивных лечебно-профилактических программ / Сергеев В.Н., Фролков В.К., Петухов А.Б., **Дыдыкин А.С.**, Угаров И.В. // Гастроэнтерология СПб. 2018. № 2. С. 97-97а.
57. **Дыдыкин, А.С.** Органическое мясное сырье для продуктов детского питания / **Дыдыкин А.С.** и др. // Контроль качества продукции. 2018. № 10. С. 28-32.
58. Дроздова, Н.А. Применение ионизирующего и неионизирующего излучения в пищевой промышленности / Дроздова Н.А., **Дыдыкин А.С.**, Горбунова Н.А., Семенова А.А. // Все о мясе. 2017. № 1. С. 16-20.
59. Семенова, А.А. Сравнительные исследования качества варено-копченых колбасных изделий в различных видах колбасных оболочек / Семенова А.А., Кузнецова Т.Г., **Дыдыкин А.С.**, Насонова В.В., Милеенкова Е.В. и др. // Все о мясе. 2017. № 2. С. 24-29.
60. Каповский, Б.Р. Применение нового метода измельчения мясного сырья в технологии консервов для детского питания / Каповский Б.Р., **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К., Пчелкина В.А. // Все о мясе. 2017. № 1. С. 30-32.
61. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов. мясоеды и вегетарианцы: единство противоположностей / Жаринов А.И., Кузнецова О.В., **Дыдыкин А.С**. **//** Мясная индустрия. 2017. № 1. С. 12-15.
62. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов. Этнические продукты питания. Мясная гастрономия / Жаринов А.И., Кузнецова О.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2017. № 2. С. 13-18.
63. Каповский, Б.Р. Методы входного контроля блочного мяса на технологических линиях / Каповский Б.Р., Пчелкина В.А., Пляшешник П.И., Лазарев А.А., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2017. № 5. С. 28-31.
64. Асланова, М.А. Влияние электромагнитной обработки на окислительную стабильность и микробиологическую безопасность мясных полуфабрикатов /Асланова М. А., **Дыдыкин А.С.** и др. // Теория и практика переработки мяса. 2017. Т. 2. № 3. С. 39-48.
65. **Дыдыкин, А.С.** Изучение влияния модельных мясных систем на аллергическую реакцию иммунитета *in vivo* / **Дыдыкин А.С.**, Минаев М.Ю., Толмачева Г.С., Мусатова А.А. // Теория и практика переработки мяса. 2017. Т. 2. № 1. С. 57-68.
66. Деревицкая, О.К. Новые стандарты на консервы для детского питания / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** и др. // Пищевая промышленность. 2016. № 1. С. 22-25.
67. Устинова, А.В. Специализированный продукт на мясной основе для нутритивной поддержки / Устинова А.В., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А., Зохрабян П.Р. // Пищевая промышленность. 2016. № 3. С. 24-26.
68. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента развития мясопродуктов / Жаринов А.И., Кузнецова О.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 6. С. 10-13.
69. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Молочников М.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 10. С. 10-16.
70. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Кузнецова О.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 5. С. 12-16.
71. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Молочников М.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 9. С. 14-18.
72. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Алиев М.С., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 4. С. 16-21.
73. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Кузнецова О.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 7. С. 22-26.
74. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / Жаринов А.И., Черкашина Н.А., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 8. С. 28-31.
75. **Дыдыкин, А.С.** Использование электромагнитного поля для увеличения сроков хранения мясных полуфабрикатов / **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А., Галкин Ю.А. // Мясная индустрия. 2016. № 11. С. 35-37.
76. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов. Изделия, обогащенные железом, витаминами и антиоксидантами / Жаринов А.И., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2016. № 12. С. 6-9.
77. Жаринов, А.И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов. Обогащенные продукты питания/Жаринов А.И., **Дыдыкин А.С.**//Мясная индустрия. 2016. № 11. С. 8-11.
78. Деревицкая, О.К. Детское питание - по стандарту! / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**,

Солдатова Н.Е. // Стандарты и качество. 2015. № 7. С. 34-36.
79. Семенова, А.А. Технологический аудит для предприятий мясной промышленности / Семенова А.А., **Дыдыкин А.С.** // Все о мясе. 2015. № 6. С. 18-19.
80. Семенова, А.А. Использование витаминно-минеральных смесей в колбасных изделиях для детского питания / Семенова А.А., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е., Фельде А. // Все о мясе. 2015. № 5. С. 24-27.
81. **Дыдыкин, А.С.** Функциональные продукты на мясной основе / **Дыдыкин А.С.,** Асланова М.А. // Все о мясе. 2015. № 6. С. 28-29.
82. Семенова, А.А. Технологический потенциал отрасли - внедрение научных разработок / Семенова А.А., Туниева Е.К., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия.2015. №11.С.10-13.
83. Лисицын, А.Б. Современное технологическое оборудование для производства детского питания на мясной основе / Лисицын А.Б., Кожевникова О.Е., Пестов Н.В., Захаров А.Н., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2015. № 7. С. 22-24.
84. **Дыдыкин, А.С.** Смеси на основе мясного сырья для энтерального питания / **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К., Зохрабян П.Р. // Мясная индустрия. 2015. № 7. С. 25-27.
85. **Дыдыкин, А.С.** Перспективы применения физических методов обработки пищевых продуктов / **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. // Мясная индустрия. 2015. № 5. С. 27-29.
86. Лисицын, А.Б. Современное технологическое оборудование для производства детского питания на мясной основе / Лисицын А.Б., Кожевникова О.Е., Пестов Н.В., Захаров А.Н., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2015. № 8. С. 32-35.
87. **Дыдыкин, А.С.** Продукты детского и здорового питания. Как организовать их производство? / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В. // Мясная индустрия. 2015. № 9. С. 46-49.
88. Лисицын, А.Б. Воздействие воды со сниженным содержанием дейтерия на организм лабораторных животных при различном функциональном состоянии неспецифических защитных систем / Лисицын А.Б., Барышев М.Г., Басов А.А., Барышева Е.В., Быков И.М., **Дыдыкин А.С.** и др. // Биофизика. 2014. Т. 59. № 4. С. 757-765.
89. Лисицын, А.Б. Применение электрофизических воздействий на воду с целью управления качеством продуктов питания (часть 1) / Лисицын А.Б., **Дыдыкин А.С.**, Кочетов В.С., Богатырёв А.Н. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 3. С. 10-15.
90. Лисицын, А.Б. Применение электрофизических воздействий на воду с целью управления качеством продуктов питания (часть 2) / Лисицын А.Б., **Дыдыкин А.С.**, Кочетов В.С., Богатырёв А.Н. // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 4. С. 17-21.
91. Чернуха, И.М. Безопасные и полезные продукты как главный фактор, определяющий качество жизни / Чернуха И.М., Федулова Л.В., **Дыдыкин А.С.** // Все о мясе. 2014. № 2. С. 20-22.
92. **Дыдыкин, А.С.** Как организовать производство продуктов детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В. // Все о мясе. 2014. № 6. С. 50-54.
93. **Дыдыкин, А.С.** Сегодня мама готовит гуляш/**Дыдыкин А.С.//**Все о мясе.2014.№1.С.54-55.
94. **Дыдыкин, А.С.** Пельмешки без спешки / **Дыдыкин А.С.** // Все о мясе. 2014. № 2.С.56-57.
95. Устинова, А.В. Гарантия безопасности и качества мясной продукции для детей / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. // Мясная индустрия. 2014. № 8. С. 26-29.
96. **Дыдыкин, А.С.** Электроактивация - эффективный способ водоподготовки при производстве вареных колбасных изделий / **Дыдыкин А.С.**, Светлова Т.С., Афанасьев П.А. // Мясная индустрия. 2014. № 6. С. 34-37.
97. Устинова, А.В. Мясные продукты пониженной калорийности / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. и др. // Мясная индустрия. 2014. № 9. С. 42-46.
98. Устинова А.В. Колбасные изделия, обогащенные йодом, для детского питания / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.** и др. // Пищевая промышленность. 2013. № 12. С. 20-22.
99. Лисицын, А.Б. Перспективы и применение методов физического воздействия на воду в мясной промышленности. Часть 1 / Лисицын А.Б., **Дыдыкин А.С.**, Афанасьев П.А., Богатырёв А.Н. // Пищевая промышленность. 2013. № 11. С. 26-29.
100. **Дыдыкин, А.С.** Современные технологии организации питания учащихся / Дыдыкин А.С., Асланова М.А. и др. // Пищевая промышленность. 2013. № 12. С. 32-33.
101. Лисицын, А.Б. Перспективы и применение методов физического воздействия на воду в мясной промышленности. Часть 2 / Лисицын А.Б., **Дыдыкин А.С.**, Афанасьев П.А., Богатырёв А.Н. // Пищевая промышленность. 2013. № 12. С. 38-40.
102. **Дыдыкин, А.С.** Безопасность и качество мясных продуктов для детей раннего возраста: гарантировано ГОСТ / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В., Асланова М.А. // Стандарты и качество. 2013. № 11. С. 31-35.

103. **Дыдыкин, А.С.** Перспективы применения йодсодержащих добавок в мясных продуктах детского питания / **Дыдыкин А.С.** и др. // Все о мясе. 2013. № 4. С. 28-32.
104. Барышев, М.Г. Применение воды с модифицированным изотопным составом и pH в мясной промышленности / Барышев М.Г., Джимак С.С., Долгов М.А., **Дыдыкин А.С.**, Касьянов Г.И. // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 2-3 (326-327). С. 42-44.
105. **Дыдыкин, А.С.** Йодсодержащие препараты в мясных продуктах детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Федулова Л.В. и др. // Мясная индустрия. 2012. № 12. С. 14-17.
106. Устинова, А.В. Топинамбур и продукты его переработки в функциональнх мясных продуктах / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2012. № 2. С. 19-21.
107. **Дыдыкин, А.С.** Мясные кусковые бескостные полуфабрикаты для детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В. и др. // Мясная индустрия. 2012. № 8. С. 38-41.
108. **Дыдыкин, А.С.** Теоретические основы и практическое применение электрохимической активации воды / **Дыдыкин А.С.**, Афанасьев П.А., Богатырев А.Н., Стехин А.А. // Мясная индустрия. 2012. № 1. С. 44-46.
109. Асланова, М.А. Функциональные мясорастительные продукты с использованием обогащенных овощей / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С. //** Пищевая промышленность. 2011. № 8.
110. Белякина, Н.Е. Обогащенный картофель, выращенный в биоконтейнерах / Белякина Н.Е., **Дыдыкин А.С.** и др. // Пищевая промышленность. 2011. № 2. С. 18-19.
111. **Дыдыкин, А.С.** Функциональные мясорастительные продукты с использованием обогащенных овощей / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В., Деревицкая О.К., Асланова М.А., Воловик Е.Л. // Пищевая промышленность. 2011. № 8. С. 26-27.
112. Устинова, А.В. Комплексные биологически активные добавки для профилактики остеопороза в составе мясных продуктов / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Попова А.П., Сурнин Е.В. // Все о мясе. 2011. № 5. С. 26-28.
113. Асланова, М.А. Разработка межгосударственного стандарта на консервы мясные и мясосодержащие для детей раннего возраста / Асланова М.А., Устинова А.В., **Дыдыкин А.С. //** Все о мясе. 2011. № 4. С. 50-52.
114. Крылова, В.Б. Конкурс-дегустация «Мясная индустрия» - путь к высокому качеству / Крылова В.Б., Густова Т.В., **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К. // Все о мясе. 2011. № 3. С. 53-55.
115. **Дыдыкин, А.С.** Межгосударственный стандарт на консервы для детей раннего возраста / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В., Асланова М.А. // Мясная индустрия. 2011. № 8. С. 10-12.
116. Устинова, А.В. Национальный стандарт на вареную ветчину в оболочке для детского питания / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Мясная индустрия. 2011. № 8.С. 13-15.
117. Устинова, А.В. Колбасные изделия для геродиетического питания / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Сурнин Е.В., Попова А.П. // Пищевая промышленность. 2010. № 8. С. 24-25.
118. Устинова, А.В. Экологически чистое мясное сырье для продуктов детского питания / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Кузнецова Т.К., Тимошенко Н.В. // Пищевая промышленность. 2010. № 2. С. 25-27.
119. Чернуха, И.М. Совет молодых ученых - сообщество нового поколения / Чернуха И.М., **Дыдыкин А.С. //** Все о мясе. 2010. № 5. С. 65-66.
120. **Дыдыкин, А.С.** Колбасные изделия для пожилых людей, снижающие риск заболеваний опорно-двигательного аппарата / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В., Сурнин Е.В., Попова А.П. // Все о мясе. 2010. № 3. С. 8-10.
121. Сурнин, Е.В. Свиные ножки - источник биологически активных ингредиентов для пожилых людей / Сурнин Е.В., Устинова А.В., Иванкин А.Н., **Дыдыкин А.С.**, Попова А.П. // Мясная индустрия. 2010. № 8. С. 22-24.
122. Устинова, А.В. Халяльные мясные продукты для питания детей / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.** и др. // Мясная индустрия. 2010. № 11. С. 29-32.
123. Асланова, М.А. Функциональные продукты на мясной основе, обогащенные растительным сырьем / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Воловик Е.Л. // Мясная индустрия. 2010. № 6. С. 45-47.
124. **Дыдыкин, А.С.** Конференция молодых ученых и специалистов российской академии сельскохозяйственных наук / **Дыдыкин А.С.** // Мясная индустрия. 2010. № 1. С. 71-72.
125. **Дыдыкин, А.С.** III Конференция молодых ученых и специалистов российской академии сельскохозяйственных наук / **Дыдыкин А.С.** // Все о мясе. 2009. № 6. С. 8-9.
126. Устинова, А.В. Экологическое мясное сырье и национальные стандарты / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.** // Пищевая промышленность. 2008. № 3. С. 44-46.

127. **Дыдыкин, А.С.** Оборудование для тонкого измельчения мясного сырья в продуктах детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Кузьмин Е.С. // Мясная индустрия. 2007. № 8. С. 27-29.
128. **Дыдыкин, А.С.** Международный форум по детскому, школьному и оптимальному питанию / **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К. // Мясная индустрия. 2007. № 5. С. 70-72.
129. Конь, И.Я. Теоретические и практические аспекты создания продуктов на мясной основе для энтерального питания детей / Конь И.Я., Углицких А.К., Смирнов В.Ф., Устинова А.В., **Дыдыкин А.С.**, Стенина О.И. // Вопросы детской диетологии. 2007. Т. 5. № 5. С. 5-8.
130. Устинова, А.В. Говядина и телятина для производства продуктов детского питания (национальный стандарт России) / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С**., Тимошенко Н.В., Кобозев А.М. // Все о мясе. 2006. № 3. С. 32-34.
131. Устинова, А.В. Национальные стандарты на экологически безопасное мясное сырье / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С**., Номероцкая Н.Ф., Тимошенко Н.В., Верхососова А.В. // Мясная индустрия. 2006. № 7. С. 22.
132. Устинова, А.В., Система управления качеством ХАССП при производстве продуктов детского питания / Устинова А.В., **Дыдыкин А.С. //** Мясная индустрия. 2006. № 7. С. 26.

Статьи, индексируемые в РИНЦ, опубликованные в материалах конференций

133. Архипова, К.А. Мясосодержащее кулинарное изделие для профилактики новообразований / Архипова К.А., **Дыдыкин А.С.** // В книге: Пищевые инновации и биотехнологии. Сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». Кемерово, 2021. С. 289-291.
134. Асланова, М.А. Применение радиационной обработки для сохранения качества и микробной безопасности мясного фарша / Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К., Беро А.Л. // Мясные технологии. 2021. № 6 (222). С. 22-25.
135. **Дыдыкин, А.С.** Особенности потребительской маркировки специализированной мясной продукции / **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К. // Мясные технологии. 2021. № 8 (224). С. 6-11.
136. Асланова, М.А. Функциональные мясные продукты геродиетической направленности / Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Лисицын А.Б., Деревицкая О.К. // В сборнике: Сборник докладов XIV Международного биотехнологического форума «Росбиотех-2020». 2020. С. 100-103.
137. Асланова, М.А. Медико-биологические требования к пищевым продуктам для профилактики злокачественных новообразований / Асланова М.А., Деревицкая О.К., Солдатова Н.Е., **Дыдыкин А.С.** и др. // Мясные технологии. 2020. № 8 (212). С. 30-33.
138. **Дыдыкин, А.С.** Функциональные продукты - современный вектор развития пищевой индустрии / **Дыдыкин А.С.**, Лисицын А.Б., Асланова М.А. // В сборнике: Функциональные продукты питания: научные основы разработки, производства и потребления. 2019. С. 24-32.
139. Семёнова, А.А. Влияние ионизирующего излучения на безопасность мясного фарша / Семёнова А.А., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** и др.// В сборнике: Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии. Обнинск, 2019. С. 290-294.
140. Саруханов, В.Я. Радиационная обработка пищевой продукции животного происхождения / Саруханов В.Я., Кобялко В.О., Полякова И.В., Лауринавичюс К.С., **Дыдыкин А.С.** // В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологии. 2019. С. 370-372.
141. Драгунская, Е.И. Влияние режимов тепловой обработки мясных детских консервов на изменения аминокислотного состава / Драгунская Е.И., **Дыдыкин А.С.**, Гордиенко И.М. // В сборнике: Научные и практические основы в области товароведения, технологии, организации коммерческой деятельности и экологии. 2019. С. 41-46.
142. **Dydykin, A.S.** Study on acrylamide accumulation in the model system based on animal raw materials depending on thermal treatment regimes **/ Dydykin A.S.**, Derevitskaya O.K., Ivankin A.N., Kulikovskii A.V., Dragunskaya E.I. **//** Food Systems. 2019. Т. 2. № 1. С. 4-8.
143. Гордиенко, И.М. Сравнительный анализ аминокислотного состава в мясосодержащих консервах для питания детей раннего возраста / Гордиенко И.М., **Дыдыкин А.С.**, Драгунская Е.И. // В сборнике: Товароведение, технология и экспертиза: инновационные решения и перспективы развития. 2018. С. 139-143.
144. Семенова, А.А. Влияние радиационной обработки на микробиологические показатели мясных полуфабрикатов / Семенова А.А., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Деревицкая О.К., Кобялко В.О. // В сборнике: Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. 2018. С. 228-231.

145. Борщева, Ю.А. Основы биокаталитического воздействия на структуру и свойства аллергенных белков в продуктах питания животного и растительного происхождения/Борщева Ю.А., Курбатова Е.И., Соколова Е.Н., Фурсова Н.А., Римарева Л.В., **Дыдыкин А.С.** // Биотехнология: Состояние и перспективы развития. Материалы международного форума.2018.С. 638-640.
146. Асланова, М.А. Влияние радиационной обработки на показатели окислительной порчи мясного фарша / Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** и др. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2018. № 1. С. 24-26.
147. Деревицкая, О.К. Научно-методические подходы к созданию мясных продуктов здорового питания / Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2018. № 1. С. 72-75.
148. **Дыдыкин, А.С.** Современные тенденции в производстве функциональных пищевых продуктов / **Дыдыкин А.С**., Асланова М.А. // В сборнике: Биотехнология: состояние и перспективы развития. 2017. С. 283-284.
149. Асланова, М.А. Специализированные продукты для геродиетического питания / Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.** // Мясные технологии. 2017. № 7 (175). С. 22-24.
150. **Дыдыкин, А.С.** Акриламид - как показатель безопасности мясосодержащих консервов для детского питания / **Дыдыкин А.С.** и др. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2017. № 1. С. 107-108.
151. Асланова, М.А. Разработка биологически активных добавок для обогащения специализированных мясных продуктов / Асланова М.А., Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2017. № 1. С. 21-23.
152. **Дыдыкин, А.С.** Применение биокатализа для получения коллагеновых гидролизатов / **Дыдыкин А.С.**, Устинова А.В., Асланова М.А. // В сборнике: Перспективные ферментные препараты и биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. ВНИИПБТ. 2016. С. 326-331.
153. **Дыдыкин, А.С.** Витаминно-минеральные смеси в колбасных изделиях для детского питания / **Дыдыкин А.С.** и др. // Мясные технологии. 2016. № 6 (162). С. 30-33.
154. **Дыдыкин, А.С.** Функциональное питание - новая концепция здорового образа жизни / **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А. // Агротехника и технологии. 2016. № 3. С. 116.
155. Деревицкая, О.К. Разработка смесей для энтерального питания на мясной основе / Деревицкая О.К., **Дыдыкин А.С.** // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2016. № 1. С. 117-118.
156. **Дыдыкин, А.С.** Применение физических методов обработки мясного сырья с целью интенсификации технологических процессов / **Дыдыкин А.С.**, Асланова М.А., Лисицын А.Б. // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В. М. Горбатова. 2016. № 1. С. 121.
157. Семенова, А.А. Витаминно-минеральные смеси в технологиях колбасных изделий для детского питания / Семенова А.А., **Дыдыкин А.С.** и др. // В книге: Инновационные технологии АПК России - 2015. Ассоциация «ТППП АПК». 2015. С. 42-45.
158. **Дыдыкин, А.С.** Гипоаллергенные продукты на мясной основе для детей раннего возраста / **Дыдыкин А.С.** и др. // Мясные технологии. 2015. № 6 (150). С. 38-41.
159. Устинова, А.В. Продукты пониженной калорийности на мясной основе для здорового питания детей и взрослых / Устинова А.В., Деревицкая О.К., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С.**, Солдатова Н.Е. // Мясные технологии. 2015. № 3 (147). С. 44-48.
160. **Дыдыкин, А.С.** Подбор фермента специфичного к бычьему сывороточному альбумину с целью создания гипоаллергенных мясных продуктов детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Губина А.А., Курбатова Е.И. // В сборнике: Перспективные биотехнологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов. VII Международный научно-практический симпозиум. Под редакцией В.А. Полякова, Л.В. Римаревой. 2014. С. 159-164.
161. **Дыдыкин, А.С.** Электроактивация воды для производства мясных продуктов / **Дыдыкин А.С.**, Афанасьев П.А. // Мясные технологии. 2014. № 7 (139). С. 12-15.
162. **Дыдыкин, А.С.** Использование специально подготовленной воды в консервах для детского питания / **Дыдыкин А.С.**, Федулова Л.В., Афанасьев П.А. // Мясные технологии. 2014. № 8 (140). С. 36-40.
163. Федулова, Л.В. Изучение влияния мясных продуктов, содержащих экстракт сычуга в лечении гастрита у крыс / Федулова Л.В., Асланова М.А., **Дыдыкин А.С. //** Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. 2014. № 1. С. 219-221.