

На правах рукописи

Иванченкова Татьяна Александровна

**Разработка технологии продукта из ферментированного мяса птицы,
обезвоженного путем вакуумного испарения и
сублимационной сушки в едином цикле**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» Министерства образования и науки РФ.

Научный руководитель:

академик РАСХН, д.т.н., профессор
Титов Евгений Иванович

Официальные оппоненты:

Кудряшов Леонид Сергеевич,
д.т.н., профессор,
ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова
Россельхозакадемии,
главный научный сотрудник

Красуля Ольга Николаевна,
д.т.н., профессор
ФГБОУ ВПО МГУТУ
им. К.Г. Разумовского
кафедра «Технологии продуктов
питания и экспертизы товаров»,
профессор

Ведущая организация:

**ГНУ Всероссийский научно-
исследовательский институт
консервной и овощесушильной
промышленности РАСХН**

Защита состоится « 30 » _____ мая _____ 2013г в 14.30 часов на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии) по адресу: 109316, Москва, ул. Талалихина, 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии

Автореферат разослан « 23 » _____ апреля _____ 2013 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

А.Н. Захаров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Потребность в разработке физиологически значимых продуктов питания – одна из наиболее актуальных проблем современной науки о питании и пищевой технологии в целом. Степень соответствия питания потребностям организма оказывает влияние на состояние иммунной системы, способность преодоления стрессовых ситуаций, уровень трудоспособности человека.

В настоящее время существует недостаток продуктов питания длительного хранения с повышенным содержанием полноценного белка, позволяющих удовлетворить потребности людей, испытывающих значительные физические и нервно-эмоциональные нагрузки в условиях экстремальных ситуаций, и при этом не требующие специальных условий хранения. Теоретические и практические основы в области создания таких продуктов питания заложены в трудах Бобренёвой И.В., Журавской Н.К., Каухчешвили Э.И., Крашенинина П.Ф., Липатова Н.Н., Митасёвой Л.Ф., Могильного М.П., Покровского А.А., Рогова И.А., Стефановой И.Л., Титова Е.И., Токаева Э.С., Толстогузова В.В., Шахназаровой Л.В., Шендерова Б.А., Gibson G.R., Milner J.A., Richardson D.P. и других.

Для производства этого вида продуктов перспективным видом сырья является мясо птицы, в частности белое куриное мясо. Оно содержит 92% полноценных белков. По своему аминокислотному составу белки белого мяса относятся к высокоценным белкам, содержащим все незаменимые аминокислоты, в сбалансированном для усвоения соотношении.

Вопросы сохранности пищевой ценности продуктов до момента их употребления в пищу являются важными задачами пищевой промышленности. В последнее время получила развитие тенденция здорового питания, предусматривающая производство готовых блюд из, так называемых, «удобных» продуктов, не требующих трудоемкой подготовки к употреблению. В этой связи несомненный интерес представляет использование таких способов технологического воздействия, как сублимационное консервирование, которое обеспечивает максимальное сохранение исходных свойств продукта. Недостатками сублимационной сушки являются длительность процесса сушки и высокие энергозатраты.

Кроме того, мясо сублимационной сушки, несмотря на общую высокую оценку его качества, имеет несколько повышенную жесткость. Это является результатом изменений белковых веществ мышечной ткани при консервировании его методом сублимации. Одним из наиболее перспективных способов улучшения консистенции мяса и мясопродуктов сублимационной сушки является обработка сырья протеолитическими ферментами. Особое значение приобретает изучение протеолитических ферментных препаратов микробного происхождения благодаря большому разнообразию свойств и возможности их получения в значительных количествах.

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является разработка технологии и рецептуры обезвоженного продукта из биомодифицированного белого куриного мяса.

Для достижения поставленной цели решались следующие основные задачи:

– на основе аналитико-экспериментальных данных выявить влияние ряда ферментных препаратов протеолитического действия грибного и бактериально-

го происхождения на функционально-технологические, структурно-механические и органолептические свойства белого мяса;

- определить вид, рациональную концентрацию и условия применения ферментного препарата для обработки сырья;

- изучить влияние трех вариантов вакуумного обезвоживания - традиционную сублимационную сушку, вакуумную сушку и обезвоживания в условиях совмещения этапов вакуумного и сублимационного влагоудаления в рамках единого цикла на функционально-технологические, структурно-механические и органолептические свойства сырья;

- исследовать влияние совокупности воздействия выбранного ферментного препарата и трех вариантов вакуумной сушки на функционально-технологические и структурно-механические характеристики сырья;

- обосновать и разработать рецептуру обезвоженного продукта из белого куриного мяса;

Научная новизна. Выявлена зависимость влияния обработки ферментными препаратами протеолитического действия грибного и бактериального происхождения на органолептические, функционально-технологические и структурно-механические свойства белого мяса птицы. Обоснована целесообразность использования ферментного препарата КФПА-2 для улучшения комплексных показателей качества белого мяса кур, рекомендована его рациональная концентрация (к массе сырья): для мелкоизмельченного мяса – 0,03 %, для крупноизмельченного мяса – 0,05 %.

- На основании критериев оценки свойств характерных для обезвоженного белого мяса птицы предложен эффективный режим вакуумного обезвоживания, предусматривающий удаление на первом этапе 45-50 % влаги вакуумной сушкой при давлениях 900-1200 Па и, на втором этапе, оставшейся части влаги сублимационной сушкой до конечной влажности 1,5–2,0 %. Доказана эффективность использования данного способа для сушки мяса.

- Методом математического моделирования оптимизировано соотношение компонентов рецептуры продукта, учитывающего требования к продуктам, используемым для питания людей с повышенной нервно-эмоциональной нагрузкой.

- Выявлен характер динамики микробиологических, окислительных процессов и органолептических свойств продукта при совмещенном способе вакуумной сушки. Показано, что применение указанного способа обезвоживания обеспечивает срок хранения продукта не менее 12 месяцев с сохранением заданного уровня качества.

Практическая значимость. Выявлена перспективность применения ферментного препарата микробного происхождения КФПА-2 для улучшения структурно-механических, функционально-технологических и органолептических свойств белого мяса птицы.

Разработана технология мясных полуфабрикатов из белого мяса птицы длительного хранения, обладающих высокой пищевой ценностью с использованием совмещенного способа вакуумного обезвоживания.

Разработан и утвержден СТО 23476484-11- 2012 на производство полуфабриката рубленого вакуум-сублимационной сушки из белого куриного мяса, обработанного протеолитическим ферментным препаратом КФПА-2.

Новизна технического решения подтверждена положительным решением на выдачу патента Российской Федерации на изобретение № 2011153247 «Способ вакуумного обезвоживания белого мяса птицы в условиях сочетания процессов вакуумного испарения и сублимации в едином цикле».

Апробация работы. Результаты диссертационной работы доложены на III МНПК «Проблемы современной биологии» (Москва 2012г), МНК студентов и молодых ученых «Живые системы и биологическая безопасность населения» (Москва, 2010, 2011 г), 6 МНПС «Перспективные ферментные препараты и биологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов» (Москва 2012 г).

Публикации. По результатам проведенных исследований опубликовано 7 печатных работ, в том числе 3 – в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ.

Объём и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальных исследований, выводов, списка литературы, содержащего 187 источников, в том числе 43 работы зарубежных авторов. Работа изложена на 198 стр. машинописного текста, содержит 28 таблиц, 45 рисунков и 10 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы и определены основные направления исследований диссертационной работы.

Глава 1. Обзор литературы Проведен анализ литературы о функциональных свойствах мяса птицы, доказана перспективность его использования для производства продуктов с высоким содержанием белка. Обоснована целесообразность использования вакуум-сублимационной сушки для сохранения свойств данного вида сырья. Обоснована целесообразность проведения исследований, направленных на изучение свойств мяса, обезвоженного в условиях сочетания процессов вакуумного испарения и сублимации в едином цикле. Проведен анализ литературных источников, отражающий влияние сублимационной сушки на свойства белого мяса птицы. Показана возможность предотвращения нежелательных изменений консистенции белого мяса в процессе вакуумного обезвоживания с помощью биологических методов обработки сырья, в частности, целенаправленного применения ферментных систем. В заключение обзора литературы сформулированы цель и задачи исследований.

Глава 2. Организация постановки эксперимента и методы исследований Объектами исследования в данной работе служили: ферментные препараты грибного – КФПА-2 (свидетельство о государственной регистрации 77.99.26.9.У.5448.7.07 от 13.07.2007г) и бактериального происхождения – протеаза 3 и протеаза 4, разработанные ГНУ ВНИИПБТ Россельхозакадемии; модельные образцы белого куриного мяса (крупноизмельченного – 8-10 мм и мелкоизмельченного – 2-3 мм), подвергнувшегося ферментативной обработке и необработанные ферментными препаратами до и после вакуумной сушки, обезвоженные фрикадельки из биомодифицированного белого мяса птицы. В качестве контроля служили фрикадельки из мяса птицы, выработанные по рецептуре № 673 из «Сборни-

ка рецептур блюд и кулинарных изделий, для предприятий общественного питания» /Здобнов А.И.// М.: ИКТЦ «Лада», 2009.

Опыты по сушке белого куриного мяса проводили на модельных мясных системах в НИЛЭФМОПП ФГБОУ МГУПП на экспериментальном стенде для вакуумной сублимационной сушки СВП – 036. Крупноизмельченное мясо выдерживали в растворе с добавлением 3% соли и ферментного препарата КФПА-2 концентрацией 0,05% к массе сырья в течение 60 мин при $12\pm 2^\circ\text{C}$. Обработку мелкоизмельченного мяса проводили раствором с добавлением 3% соли и ферментного препарата КФПА-2 концентрацией 0,03% к массе сырья в течение 15 мин при $12\pm 2^\circ\text{C}$. В качестве контрольных служили образцы крупно- и мелкоизмельченного мяса без предварительной обработки ферментным препаратом.

Перед **сублимационной сушкой** образцы предварительно замораживали при температуре -18°C . Затем их помещали в камеру установки, температура сублимации составляла $-20\div -23^\circ\text{C}$, температура досушки $+60^\circ\text{C}$. Сублимацию проводили до достижения конечной влажности продукта 1,5–2,0 %.

При использовании режима **вакуумной сушки** образцы непосредственно после обработки раствором ферментного препарата помещали в камеру установки. Сушка мяса происходит за счет интенсивного испарения влаги в результате непрерывно повышающегося вакуума (1800-2000 Па). Температура сушки составила $+60^\circ\text{C}$.

При сушке **в совмещенном режиме** исследуемое сырье сразу помещали в сушильную камеру. Удаление влаги проводили в два этапа: на первом этапе удаление влаги осуществляли посредством вакуума, на втором – сублимационной сушкой при давлениях 62-63 Па.

В работе определяли массовую долю влаги (1) по ГОСТ 9793-74, белка (2) – методом Кьельдаля по ГОСТ 25011-81, жира (3) – методом Сокслета по ГОСТ 23042-86, золы (4) – по ГОСТ 15113.8-77; величину рН (5) – потенциометрическим методом; ферментативную активность (6) – по модифицированному методу Ансона (субстрат – бычий гемоглобин), разработанному во ВНИИПБТ; напряжение среза и работу резания (7) – на универсальной машине «Инстрон - 1140»; предельное напряжение сдвига (8) коническим пенетрометром ПМДП; растворимость мышечных белков (9) – растворами высокой и низкой ионной силы; фракционный состав белков (10); степень регидратации (11) по методу Журавской Н.К.; молекулярную массу белков (12) – электрофоретическим разделением в полиакриламидном геле; содержание летучих жирных кислот (13); аминокислотный состав (14) – методом ионообменной хроматографии на аминокислотном анализаторе Т 339 М Microtechna-Praha; водоудерживающую способность (15) и жирудерживающую способность (16) – по методу Липатова Н.Н.; влагосвязывающую способность (17) – методом Р. Грау и Р. Хамм в модификации В.П. Воловинской и Б.И. Кельман; кислотное число (18) – по ГОСТ Р 50457; пероксидное число (19) – по ГОСТ Р 8285-91; переваримость белков «*in vitro*» (20) – ферментным гидролизом белка по методу Покровского А.А. и Ертанова И.Д.; микробиологические исследования (21) – по стандартным методикам (ГОСТ Р 52816-2007, ГОСТ Р 52814-2007 (ИСО 6579:2002), ГОСТ Р 52815-2007, ГОСТ 28560-90, ГОСТ 10444.15-94), органолептическую оценку продукта (22) – по ГОСТ 8756.1-79; микроструктуру (23) – по ГОСТ Р 52480-2005; аминокислотный скор белка (24); жирнокислотный состав

(25); статистическую обработку данных (26). Повторность опытов 3–5 кратная. Уровень достоверной вероятности $P \geq 0,95$.

Схема проведения исследований приведена на рисунке 1.

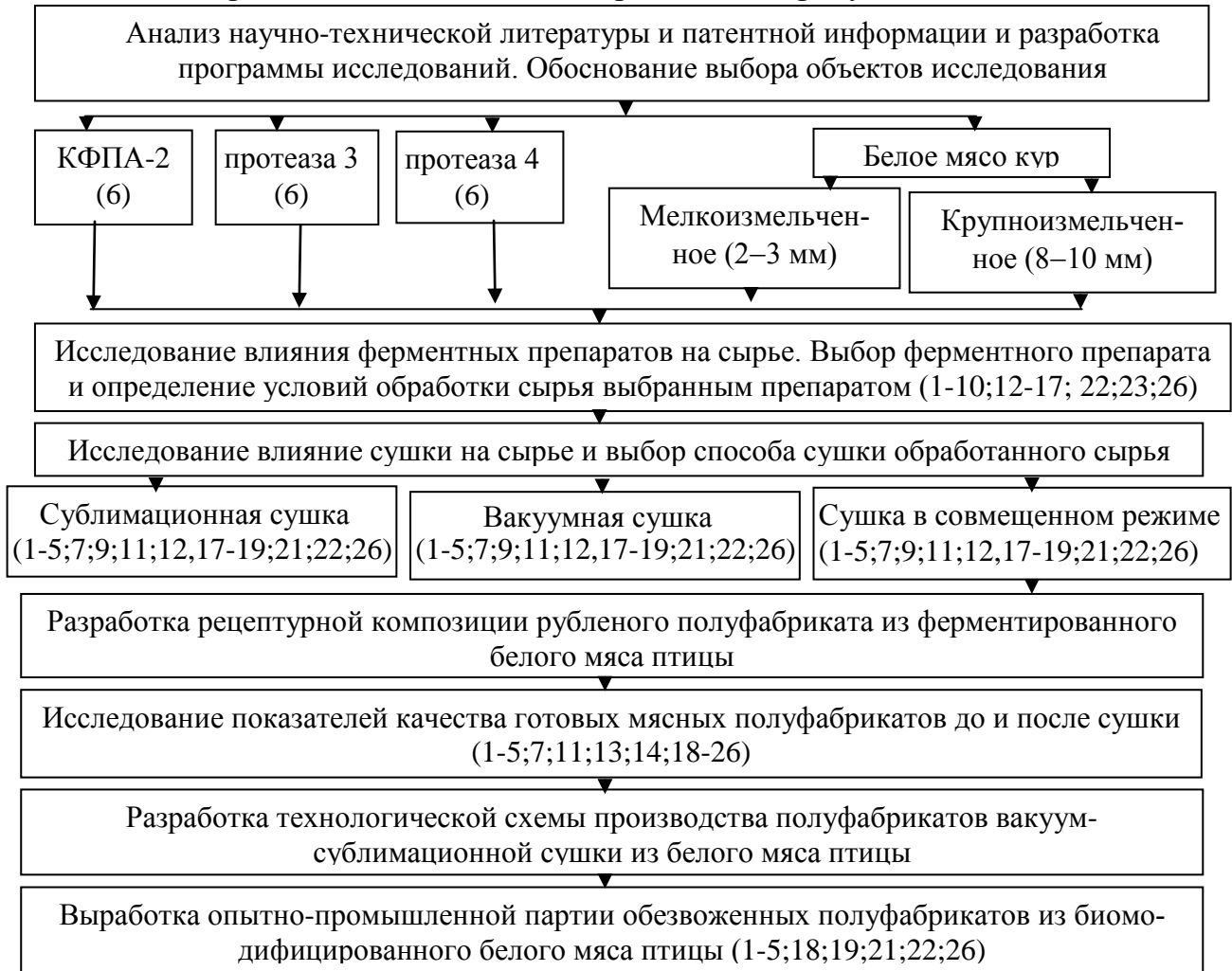


Рис. 1. Схема проведения исследований

Оптимизацию рецептуры продукта проводили с использованием программы для ЭВМ «Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания» (Роспатент № 2005613126 от 30.11.2006 г.), разработанной на кафедре компьютерных технологий и систем МГУПБ.

Выработку опытно-промышленной партии полуфабрикатов осуществляли в условиях ГНУ ВНИИПП Россельхозакадемии.

Глава 3. Исследование влияния ферментной обработки на свойства белого мяса птицы

Выявлено влияние основных технологических факторов (рН среды, температуры, содержание NaCl) на протеолитическую активность исследуемых ферментных препаратов с целью определения возможности их использования в технологии мясных продуктов с применением вакуумной сушки. Проведены исследования по изучению влияния препаратов КФПА-2, протеазы 3 и протеазы 4 на свойства мяса куриной грудки. Осуществлен выбор ферментного препарата целесообразного для обработки белого куриного мяса.

По данным ГНУ ВНИИПБТ Россельхозакадемии препарат КФПА-2 (продуцент *Aspergillus oryzae* sp.) представляет собой комплекс грибных протеаз, содер-

жащий пептидазы экзодействия (амино- и карбоксипептидазы), нейтральную карбоксильную и сериновую протеиназы эндодействия. Препараты протеаза 3 и протеаза 4 (производитель *Bacillus subtilis* sp.) содержат протеиназы эндодействия – нейтральную и сериновую.

При исследовании влияния температуры на активность используемых ферментных препаратов было выявлено, что с увеличением температуры выше 5 °С активность всех трех препаратов растет и достигает своего максимума при температурах 48 – 50 °С для препарата КФПА-2 и 55 – 60 °С для препаратов протеаза 3 и протеаза 4 (рисунок 2). Исследуемые препараты проявляют довольно высокую активность в области пониженных температур (от плюс 5 до плюс 14°С), при этом, активность препарата КФПА-2 выше по сравнению с протеазой 3 и протеазой 4, что позволяет применять его для обработки мяса при $12\pm 2^\circ\text{C}$ с целью предотвращения микробной обсемененности.

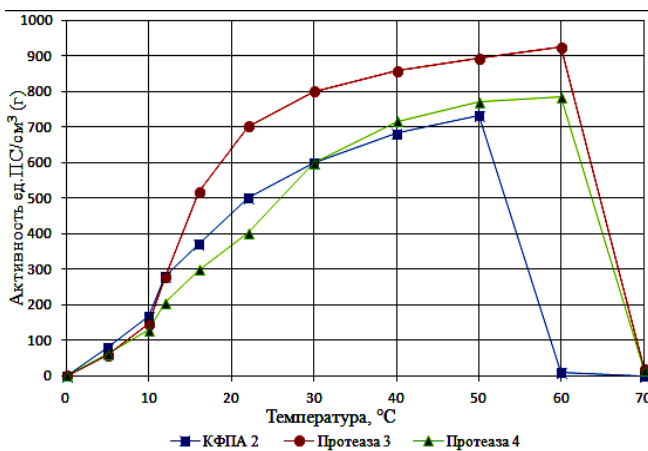


Рис. 2. Влияние температуры на протеолитическую активность ферментных препаратов

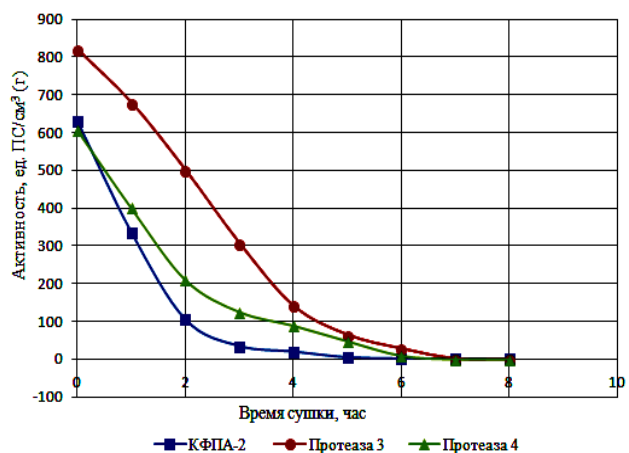


Рис. 3. Активность ферментных препаратов в процессе сушки при 58–60 °С

Исследования изменения протеолитической активности в процессе вакуум-сублимационного обезвоживания с температурой досушки 58–60 °С проводили у препаратов после их регидратации. В результате выявлено постепенное снижение протеолитической активности всех препаратов. Практически полная инактивация препарата КФПА-2 наблюдалась к 6 ч сушки. Активность препарата в указанный момент времени составила 0,56 ед. ПС/см³. Темп снижения протеолитической активности препаратов протеаза 3 и протеаза 4 ниже по сравнению с препаратом КФПА-2 и к 6 часам сушки составил 42,9 % и 20,0%, соответственно (рисунок 3).

Степень влияния величины рН на активность используемых препаратов определяли в диапазоне 3,0–9,0. Препарат КФПА-2 проявляет максимальную активность в слабокислой зоне, свойственной мясу, в то время как препараты протеаза 3 и протеаза 4 проявляют наибольшую активность в слабощелочной зоне рН (рисунок 4.а). Дальнейшее смещение рН среды в щелочную зону приводит к уменьшению протеолитической активности всех ферментных препаратов.

Для определения влияния поваренной соли на протеолитическую активность препаратов, нами была определена активность ферментов в диапазоне концентраций NaCl от 0 до 4% (рисунок 4.б).

Активность препаратов возрастает с увеличением концентрации NaCl в растворе и достигает своего максимума при достижении значения 3,0%. Последую-

щее повышение концентрации поваренной соли приводит к резкому снижению протеолитической активности всех трех ферментных препаратов.

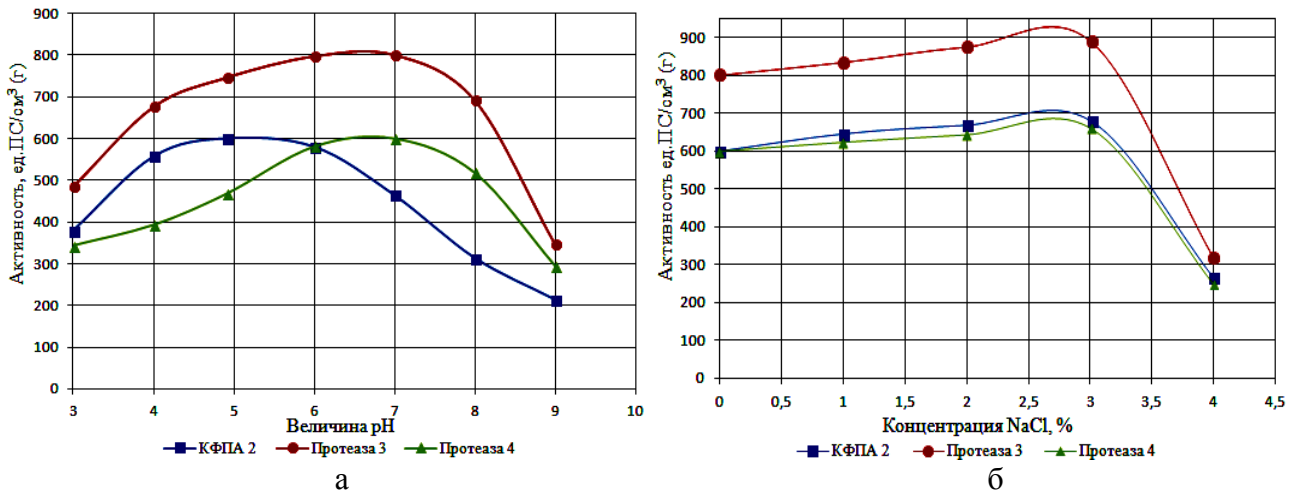


Рис. 4. Влияние pH (а) и концентрации NaCl (б) на протеолитическую активность ферментных препаратов

Рациональную концентрацию ферментных препаратов для обработки мяса птицы выбирали из характеристического ряда (к массе сырья): 0,03; 0,05%, 0,06%; 0,07%; 0,08% и продолжительности гидролиза 30, 60, 90, 120 мин – для крупноизмельченного мяса и 0,01; 0,03; 0,05; 0,07; 0,08% и продолжительности гидролиза 10, 15, 20, 25 мин – для мелкоизмельченного мяса. Обработку проводили при температуре $12 \pm 2^\circ\text{C}$.

С увеличением концентраций исследуемых препаратов происходит снижение показателя предельного напряжения сдвига (ПНС) всех образцов (время обработки 60 мин). Эффект улучшения консистенции наблюдался уже при концентрации препаратов 0,03% (табл. 1). Обработка сырья препаратами КФПА-2 и протеаза 3 концентрациями выше 0,06 %, препаратом протеаза 4 концентрацией 0,08% вызвала глубокие изменения структуры мяса.

Таблица 1. Предельное напряжение сдвига крупноизмельченного мяса

Концентрация препаратов, %	Предельное напряжение сдвига, кПа		
	КФПА-2	протеаза 3	протеаза 4
0	$2,52 \pm 0,01$	$2,52 \pm 0,01$	$2,52 \pm 0,01$
0,03	$2,18 \pm 0,04$	$2,25 \pm 0,01$	$2,31 \pm 0,06$
0,05	$1,08 \pm 0,02$	$1,12 \pm 0,04$	$1,27 \pm 0,02$
0,06	$1,00 \pm 0,04$	$1,02 \pm 0,01$	$1,17 \pm 0,01$
0,07	$0,89 \pm 0,01$	$0,83 \pm 0,02$	$1,08 \pm 0,04$
0,08	$0,78 \pm 0,02$	$0,73 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,02$

Результаты исследований водосвязывающей способности (ВСС) крупноизмельченных образцов мяса показали, что обработка белого куриного мяса ферментными препаратами концентрацией 0,05% сопровождается постепенным увеличением ВСС в течение первых 60 мин (рисунок 5). Так, ВСС образцов, обработанных препаратом КФПА-2 при гидролизе в течение 60 мин, оказалась выше на 18,6 % по сравнению с контролем и на 9,1 % и 12,2 % по сравнению с образцами, обработанными препаратами протеаза 3 и протеаза 4, соответственно.

Последующее снижение влагосвязывающей способности обработанного сы-

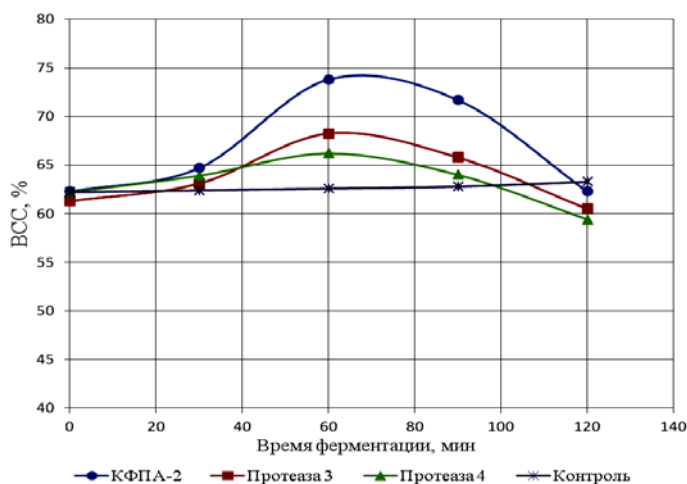
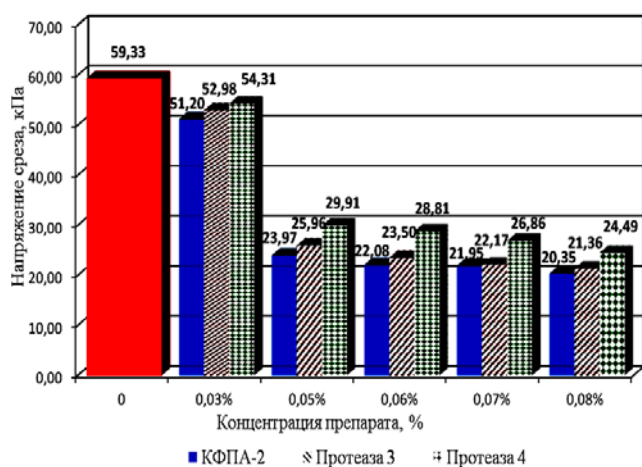


Рис. 5. Влияние ферментных препаратов на водосвязывающую способность крупноизмельченного мяса

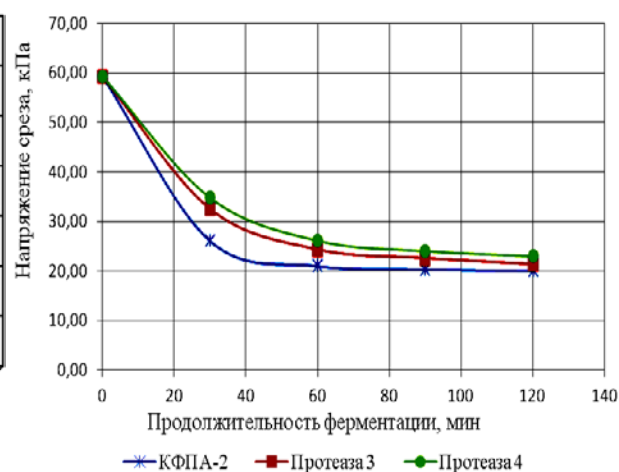
рья объясняется накоплением низкомолекулярных продуктов гидролиза, не способных удерживать влагу.

После тепловой обработки, ввиду особенности морфологического состава, белое мясо птицы становится сухим и приобретает плотную консистенцию. Поэтому концентрацию исследуемых ферментных препаратов определяли посредством исследования изменения напряжения среза и органолептических показателей ферментированного сырья после его термообработки. Для проведения испытаний ферментированное мясное сы-

рье подвергали тепловой обработке при температуре плюс 98 °С. Увеличение концентрации исследуемых ферментных препаратов приводит к снижению напряжения среза образцов мяса (рисунок 6.а). Так, напряжение среза образцов, обработанных препаратами КФПА-2, протеаза 3 и протеаза 4 максимальной концентрацией 0,08 %, снизилось по сравнению с контролем, значение которого составило 59,33 кПа, на 21,05 %, 20,06 % и 21,99 %, соответственно. Наилучшие структурно-механические характеристики зафиксированы при концентрации препаратов 0,05 %. В конкретном случае напряжение среза опытных образцов снизилось по сравнению с контролем в 2,3; 2,2 и 2,0 раза для препаратов КФПА-2, протеаза 3 и протеаза 4, соответственно. Снижение наблюдалось также при увеличении продолжительности ферментации (рисунок 6.б).



а)



б)

Рис. 6. Зависимость напряжения среза термообработанного крупноизмельченного мяса от концентрации препаратов и продолжительности ферментации

Исходя из полученных данных, наиболее целесообразной является продолжительность ферментации не более 60 мин для всех исследуемых препаратов концентрацией 0,05%. При этом, наибольшее снижение напряжения среза в течение вышеуказанного времени зафиксировано для образцов, обработанных препаратом КФПА-2, и составило 59,6% по сравнению с контролем. Результаты структурно-механического анализа образцов подтверждает их органолептическая оценка, которая показала, что наивысшую оценку консистенции и сочности имели образцы, обработанные КФПА-2 с указанными условиями обработки.

Ферментативный гидролиз мелкоизмельченного мяса имел аналогичный характер изменения исследуемых показателей, как и при исследовании крупноизмельченного сырья. Значение ПНС образцов, обработанных максимальной концентрацией препаратов в течение 15 мин снизилось по сравнению с необработанными образцами в 2,5; 2,7 и 2 раза для КФПА-2, протеазы 3 и протеазы 4 соответственно (табл. 2). Наилучшими реологическими свойствами обладало мясное сырье, обработанное препаратами КФПА-2 и протеаза 3 с концентрациями 0,03% и 0,05% соответственно, а препаратом протеаза 4 – 0,08%. Увеличение концентраций препаратов КФПА-2 и протеазы 3 выше 0,05% приводило к изменениям структуры, характеризовавшимся образованием вязкой кашеобразной массы, что свидетельствует о глубоком гидролизе белковых веществ.

Результаты изменения показателя ВСС биомодифицированного мелкоизмельченного сырья указывают на его увеличение для всех исследуемых образцов мяса в течение первых 15 мин экспозиции. Наибольшее значение ВСС при этом наблюдалось для сырья обработанного препаратом КФПА-2. Так, влагосвязывающая способность при концентрации 0,03% и продолжительности ферментации 15 мин составила 80,9%, что выше на 14,5% по сравнению с контрольными образцами и на 7,1% и на 8,9% по сравнению с образцами, обработанными препаратами протеаза 3 и протеаза 4, соответственно.

Таблица 2. Предельное напряжение сдвига мелкоизмельченного мяса

Концентрация фермента, %	Предельное напряжение сдвига, кПа		
	КФПА-2	протеаза 3	протеаза 4
0	1,66±0,04	1,66±0,04	1,66±0,04
0,01	1,18±0,06	1,23±0,01	1,29±0,02
0,03	0,98±0,01	1,06±0,02	1,12±0,04
0,05	0,87±0,06	0,91±0,04	1,02±0,01
0,07	0,72±0,02	0,79±0,06	0,94±0,04
0,08	0,65±0,04	0,61±0,01	0,82±0,02

Для определения показателя напряжения среза обработанное сырье подвергали тепловой обработке при $t=+98$ °С. Напряжение среза образцов мяса, обработанных препаратом КФПА-2 концентрацией 0,01% снизилось по сравнению с контролем (39,01 кПа) на 34,60%, концентрацией 0,03% – на 40,86%; для препарата протеаза 3 снижение напряжения среза при данных концентрациях составило 28,27% и 37,56%, соответственно; для препарата протеаза 4 – 27,4% и 38,45%, соответственно. Дальнейшее увеличение концентрации препаратов приводит к сильному гидролизу белковых молекул, а, следовательно, к более глубоким изменениям структуры сырья.

Исходя из полученных данных, дальнейшие исследования проводились с препаратом КФПА-2, взятым в концентрации 0,05% к массе сырья при продолжительности ферментации 60 мин – для крупноизмельченного мяса и 0,03% в течение 15 мин для мелкоизмельченного мяса.

Качественные показатели мяса во многом определяются состоянием саркоплазматических и миофибриллярных белков. Для оценки их изменения в процессе ферментации определяли фракционный состав и электрофоретические характеристики белков мяса птицы. Исследования состояния белковых фракций образцов, обработанных КФПА-2, показали, что в процессе ферментации происходит увеличение содержания фракции водорастворимого белка по сравнению с контролем, в среднем, на 17,04% и снижение фракции солерастворимых белков, в среднем, на 35,4% (табл. 3.).

Таблица 3. Фракционный состав белков белого мяса птицы

Наименование образца	Белок, % M±S	Водорастворимый белок, %, M±S	Солерастворимый белок, %, M±S	Щелочерастворимый белок, % M±S
Контроль	23,8±0,57	6,62±0,12	11,29±0,26	5,89±0,34
Опыт	22,6±0,62	7,98±0,20	8,34±0,32	6,28±0,42

Это объясняется тем, что в процессе протеолиза происходит перераспределение белковых фракций, и часть белка переходит в растворимую форму.

Анализ результатов электрофоретического разделения белков показал, что обработка мясного сырья препаратом КФПА-2 приводит к увеличению доли низкомолекулярных фракций белков. В результате обработки сырья ферментным препаратом происходит снижение фракций белков с высокой молекулярной массой и увеличивается содержание фракций с молекулярной массой - 70 кДа, 56 кДа, 35 – 38 кДа, 23 - 25 кДа и менее, что соответствует продуктам распада крупных белковых молекул. Известно, что белки с низкой молекулярной массой способны, вследствие недостаточной проницаемости клеточных мембран кишечника для больших молекул белка, быстрее усваиваться организмом и характеризуются высокой скоростью и степенью усвоения по сравнению с высокомолекулярными белками.

О глубине протеолиза белков под воздействием препарата КФПА-2 позволяют судить результаты исследования качественного и количественного состава свободных аминокислот контрольных и опытных образцов белого мяса кур (табл. 4). Гидролиз белков мяса препаратом КФПА-2 приводит к накоплению свободных аминокислот, в частности, отмечается увеличение аспарагиновой и глутаминовой кислот, а также, серосодержащих аминокислот, таких как, гистидин, лейцин, метионин, способных улучшать органолептические характеристики продукта.

В процессе исследования влаго- и жиरोудерживающей способности мясной системы выявлено увеличение ВУС ферментированного мяса, в среднем, на 10% по сравнению с необработанным мясом, для которого исходное значение показателя составило 145,9% к сухому веществу. Повышение ВУС биомодифицированного мяса можно объяснить увеличением степени гидрофильности белков в результате частичной деструкции мышечных волокон при ферментативной обработке. В процессе исследования также отмечено увеличение ЖУС в результате обра-

ботки мяса птицы препаратом КФПА-2. Показатель ЖУС опытных образцов мясного сырья оказался выше значения показателя ЖУС контрольных образцов в среднем на 8,1% и составил 92,2%.

Таблица 4. Содержание свободных аминокислот в мясе птицы

Содержание свободных аминокислот, г/100 г белка					
Наименование аминокислоты	Контроль	Опыт	Наименование аминокислоты	Контроль	Опыт
1	2	3	1	2	3
Незаменимые аминокислоты			Гистидин	5,36	5,97
Валин	4,42	3,88	Глутаминовая кислота	14,31	16,64
Метионин	2,56	4,11	Аргинин	7,77	5,77
Изолейцин	3,01	3,10	Пролин	3,93	3,40
Лейцин	6,77	8,07	Аспарагиновая кислота	9,24	10,28
Фенилаланин	4,70	5,47	Цистеин	1,67	1,40
Лизин	7,46	6,50	Глицин	6,10	5,80
Треонин	6,35	5,60	Аланин	6,08	4,19
Сумма НАК	35,27	36,72	Тирозин	4,95	4,84
Заменимые аминокислоты			Сумма ЗАК	64,73	63,28
Серин	5,33	5,18			

Для выявления влияния ферментного препарата на структуру мышечных волокон белого куриного мяса проводили гистологические исследования. После ферментной обработки в течение 30 и 60 мин мышечная ткань характеризовалась заметным набуханием мышечных волокон, разрыхлением и набуханием миофибрилл. С увеличением времени обработки продольная исчерченность усиливалась и возрастало количество поперечных трещин с разрывами миофибрилл. После 90 мин экспозиции происходило еще большее набухание мышечных волокон. Деструктивные изменения выявлялись в виде множественных поперечных трещин, охватывающих одновременно пучки волокон. Миофибриллы резко разрыхлены. При увеличении экспозиции до 120 мин деструктивные изменения выявлены в виде множественных поперечно-щелевидных нарушений целостности волокон с образованием мелкозернистой белковой массы.

Деструктивные изменения мышечной ткани, подвергшейся обработке препаратом КФПА-2, согласуются с результатами структурно-механических и функционально-технологических исследований, еще раз подтверждая эффективность использования этого протеолитического комплекса для обработки белого куриного мяса при указанных выше параметрах.

Глава 4. Исследование влияния вакуумной сушки на свойства мяса

Были проведены исследования влияния трех вариантов вакуумного обезвоживания на свойства мяса. Определено целесообразное соотношение этапов вакуумной и сублимационной сушки совмещенного режима обезвоживания (45-50%:45%), обеспечивающее сохранение качественных свойств мяса. Таким образом, при сушке в совмещенном режиме удаление влаги проводили в два этапа: на первом этапе, по достижении в камере рабочего давления 900–1200 Па осуществляли теплоподвод к продукту до достижения температуры в центре продукта 58-60 °С, при этом удаляется 45–50 % влаги из продукта, после чего осуществляли само-

замораживание продукта путем резкого сброса давления до 62-63 Па. На втором этапе удаление влаги из продукта осуществляли сублимацией при $t=-28\div -30$ °С и последующей досушке при $t=+60$ °С.

При исследовании химического состава и рН модельных образцов мяса, обезвоженного сублимацией и в совмещенном режиме сушки, не выявлено изменений, как в опытных, так и в контрольных образцах (табл. 5). Однако для мяса вакуумной сушки отмечается незначительное снижение содержание белка, что можно объяснить частичной денатурацией белковых веществ в процессе такого способа обезвоживания.

Таблица 5. Физико-химические показатели сухого крупноизмельченного мяса

Образец	Вода	Белок	Жир	Зола	рН
Сублимационная сушка					
Контроль	1,75±0,07	87,50±0,45	6,01±0,54	4,74±0,27	6,13±0,17
Опыт	1,79±0,05	87,93±0,32	6,03±0,67	4,25±0,38	6,15±0,15
Совмещенный режим					
Контроль	1,72±0,02	86,59±0,56	6,1±0,59	5,5±0,73	6,26±0,13
Опыт	1,69±0,01	87,83±0,51	6,05±0,68	4,32±0,69	6,24±0,17
Вакуумная сушка					
Контроль	1,87±0,06	86,29±0,58	6,31±0,47	5,53±0,28	6,21±0,16
Опыт	1,80±0,04	86,33±0,39	6,13±0,51	5,74±0,49	6,18±0,20

В процессе сушки возможны денатурационные изменения белковых веществ мышечной ткани, которые оценивали на основании результатов определения показателей растворимости и электрофоретической подвижности белковых фракций.

Сопоставляя результаты изменения белковых веществ, отмечена схожесть показателей растворимости саркоплазматических и миофибриллярных белков образцов мяса сублимационной сушки и обезвоженных в совмещенном режиме. Наиболее значительные изменения белковых веществ мелкоизмельченного мяса, также как и мяса в крупном измельчении, вызывает вакуумное обезвоживание (табл. 6). Снижение экстрагируемости саркоплазматических белков крупноизмельченного мяса вакуумной сушки составило 29,26%, миофибриллярных – 32,52%; мелкоизмельченного – 28,41% и 31,42%, соответственно. Показатели экстрагируемости саркоплазматических и миофибриллярных белков мяса, обезвоженного в совмещенном режиме, практически не отличались от таковых для белого мяса сублимационной сушки: разница между ними составила менее 1% (в пределах ошибки опыта) для крупно - и мелкоизмельченных образцов мяса.

Таблица 6. Экстрагируемость белков обезвоженного крупноизмельченного мяса

Способ сушки	Экстрагируемость белка			
	раствором низкой ионной силы (саркоплазматические белки)		раствором высокой ионной силы (миофибриллярные белки)	
	г/100мл экстракта	% к исходному	г/100мл экстракта	% к исходному
Сублимационная	6,84±0,68	97,16	4,15±0,57	91,81
Совмещенный режим	6,77±0,65	96,16	4,11±0,49	90,93
Вакуумная	4,98±0,60	70,74	3,05±0,51	67,48

Экстрагируемость белков растворами низкой и высокой ионной силы образцов мяса птицы, подвергнутого предварительной обработке ферментным препаратом КФПА-2 оказалась несколько выше по сравнению с контрольными образцами. Увеличение показателя растворимости саркоплазматических белков для образцов биомодифицированного крупноизмельченного мяса вакуумной сушки составило 1,42%, миофибриллярных – 2,43%; мяса сублимационной сушки – 1,28% и 1,33% соответственно; мяса, обезвоженного в совмещенном режиме – 1,14% и 1,79%, соответственно. Для образцов мелкоизмельченного мяса сублимационной сушки экстрагируемость белков раствором низкой ионной силы увеличилась на 1,56%; для мяса, обезвоженного в совмещенном режиме – 1,42%; для мяса вакуумной сушки – 1,14%.

В ходе исследования электрофоретической подвижности белковых фракций было выявлено, что образцы, обезвоженные с использованием сублимационной сушки и в совмещенном режиме, имеют аналогичные электрофореграммы разделения с образцами сырого мяса. В этих образцах выделены белки с молекулярной массой 90–80 кДа и 100 кДа. В образцах, обработанных ферментным препаратом, после вышеуказанных способов сушки остаются фракции белков с низким молекулярным весом. Отмечается наличие белков с молекулярной массой около 23 – 25 кДа. Дальнейший анализ электрофоретической подвижности фракций показал схожесть разделения белковых фракций во всех исследуемых образцах. На электрофореграмме биомодифицированных образцов после обезвоживания представлены белковые фракции с молекулярной массой 70 кДа, 56 кДа, 35 – 38 кДа, 14 кДа и менее. Таким образом, обезвоживание белого мяса птицы совмещенным методом позволяет сохранить белковые фракции в нативном состоянии, в процессе же вакуумного обезвоживания, вследствие частичной денатурации происходит снижение содержания фракций низкомолекулярных белков и увеличение фракций белков с более высоким молекулярным весом.

Коэффициент регидратации образцов крупноизмельченного белого мяса, обезвоженного совмещенным методом, на 4,22% отличается от значения этого показателя для мяса сублимационной сушки (рисунок 8.а). Способность к регидратации образцов, высушенных в условиях вакуума ниже по сравнению с образцами сублимационной сушки на 49,35%, а по сравнению с мясом, обезвоженным совмещенным методом, на 47,12%. В то же время мясо, подвергнутое предварительной обработке ферментным препаратом, легче связывает влагу по сравнению с необработанными образцами. Увеличение исследуемого показателя для мяса сублимационной, вакуумной сушки и сушки в совмещенном режиме составило 11,74%, 8,8% и 10,06%, соответственно.

Как и в случае обезвоживания крупноизмельченного мяса, коэффициент регидратации мелкоизмельченного мяса (рисунок 8.б), обезвоженного в совмещенном режиме аналогичен значению коэффициента мяса сублимационной сушки. Разница между значениями составляет 3,91%, тогда как коэффициент регидратации мяса, обезвоженного с использованием вакуума, на 48,26% ниже по сравнению с сублимированным мясом. В то же время, исследования образцов, предварительно обработанных препаратом КФПА-2, выявили увеличение значения коэффициента регидратации мяса всех способов сушки.

Увеличение исследуемого показателя для мяса сублимационной сушки по сравнению с контролем составило 9,37%; для мяса, обезвоженного в совмещенном режиме – 11,11%; для мяса вакуумной сушки – 11,4%. Очевидно, что предварительная обработка белого мяса птицы ферментным препаратом КФПА-2 приводит к разрыхлению мышечных волокон, тем самым, способствуя более быстрому проникновению влаги в толщу продукта при его восстановлении.

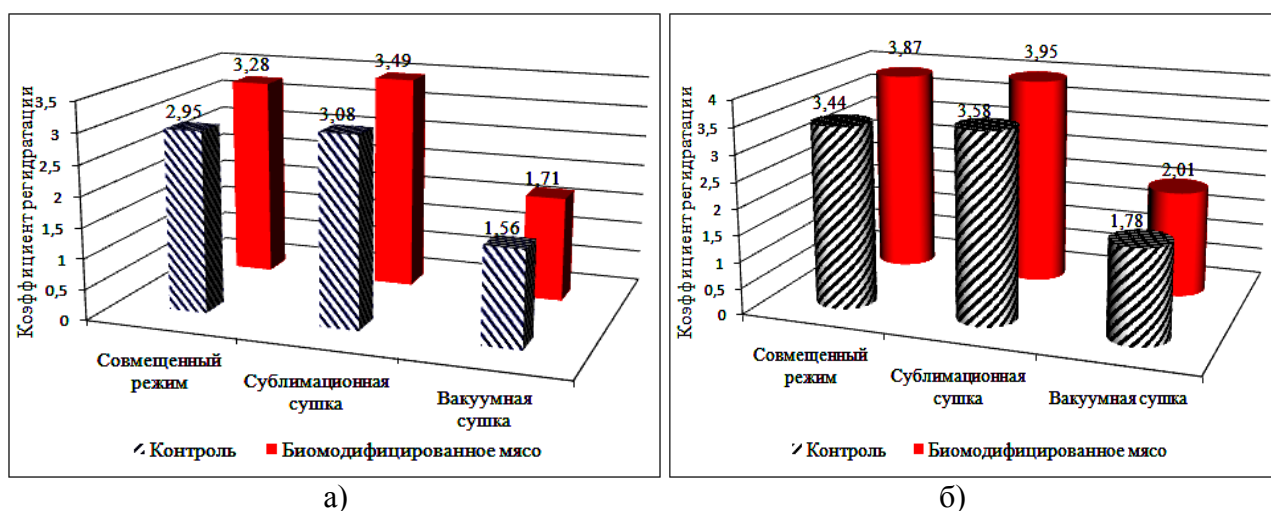


Рис. 8. Изменение коэффициента регидратации мяса в зависимости от способа вакуумного обезвоживания: а) крупноизмельченного; б) мелкоизмельченного

Исследования ВСС мяса проводили после его восстановления. Значения этого показателя согласуются с показателями коэффициента регидратации – образцы с более низким показателем коэффициента регидратации имели и низкую водосвязывающую способность. Наименьшим значением ВСС обладало мясо, обезвоженное методом вакуумной сушки. ВСС контрольных образцов крупноизмельченного мяса, обезвоженного совмещенным методом, составила 60,77%; мяса, обезвоженного методом сублимации – 64,8% (рисунок 9.а).

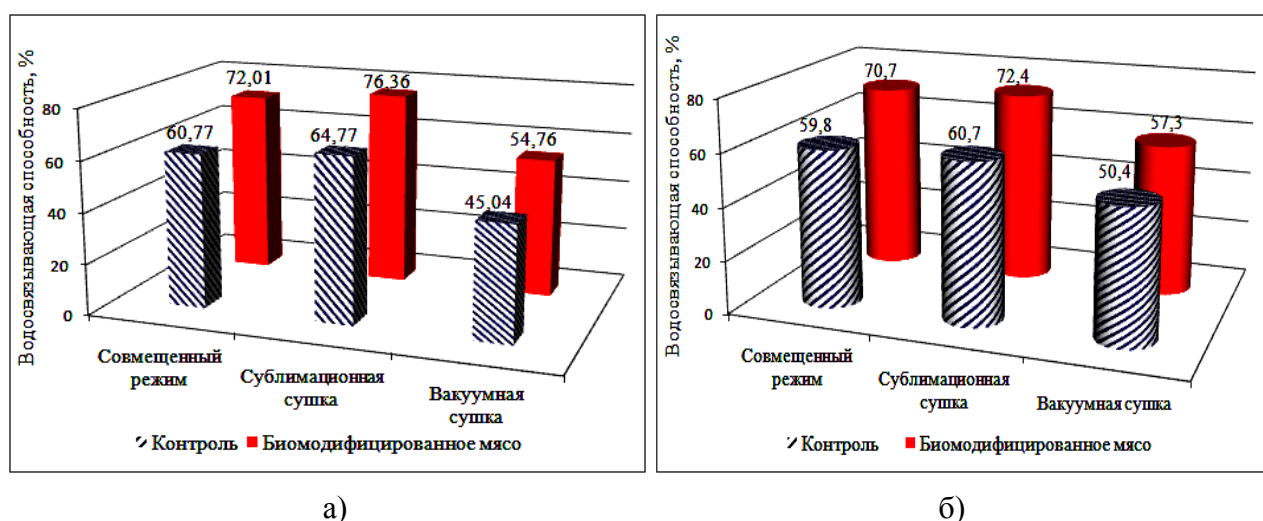


Рис. 9. Изменение ВСС мяса птицы в зависимости от способа вакуумного обезвоживания: а) крупноизмельченного; б) мелкоизмельченного

Наименьшим значением ВСС обладало мясо, обезвоженное методом вакуумной сушки. Предварительная обработка ферментным препаратом КФПА-2 позволяет получить более высокие значения ВСС белого мяса всех способов сушки

по сравнению с контрольными образцами. Так, для ферментированного мяса, высушенного совмещенным методом, данный показатель оказался на 15,6% выше по сравнению с контролем. Для мяса сублимационной и вакуумной сушки превышение данного показателя опытных образцов над контрольными образцами составило 15,2% и 17,7%, соответственно.

Также как и для крупноизмельченного мяса, наименьшее значение ВСС было отмечено для образцов мелкоизмельченного мяса, обезвоженного с использованием вакуумной сушки (рисунок 9.б). В то время как образцы мяса, обезвоженного в совмещенном режиме и мяса сублимационной сушки, обладают довольно высокими значениями показателя ВСС и составляют 59,8% и 60,7% соответственно. После ферментативной обработки отмечено увеличение показателя ВСС всех образцов мелкоизмельченного мяса птицы. ВСС ферментированного мяса увеличилась для мяса сублимационной сушки на 15,42% по сравнению с контролем, для мяса вакуумной сушки и обезвоженного в совмещенном режиме на 12,04% и 16,16%, соответственно.

Результаты структурно-механического анализа регидратированного мяса после его тепловой обработки указывают на отсутствие заметных различий между образцами мяса сублимационной сушки и образцами, обезвоженными в совмещенном режиме (рисунок 10). При этом мясо вакуумной сушки отличается гораздо большей жесткостью и плотностью структуры. Значение показателя напряжения среза для образцов мяса вакуумной сушки оказалось выше по сравнению с мясом сублимационной сушки на 39,62%, а с мясом, обезвоженным совмещенным способом - на 36,17%.

Для образцов мелкоизмельченного мяса, обезвоженных в совмещенном режиме и сублимационной сушкой, значение данного показателя составило 84,25 кПа и 81,13кПа, соответственно. Значение показателя напряжения среза для мяса вакуумной сушки оказалось выше на 19,47% по сравнению с сублимированным мясом и на 16,37% по сравнению с мясом, обезвоженным в совмещенном режиме. Результаты исследования напряжения среза биомодифицированного мяса, указывают на понижение значений напряжения среза опытных образцов белого мяса всех способов сушки.

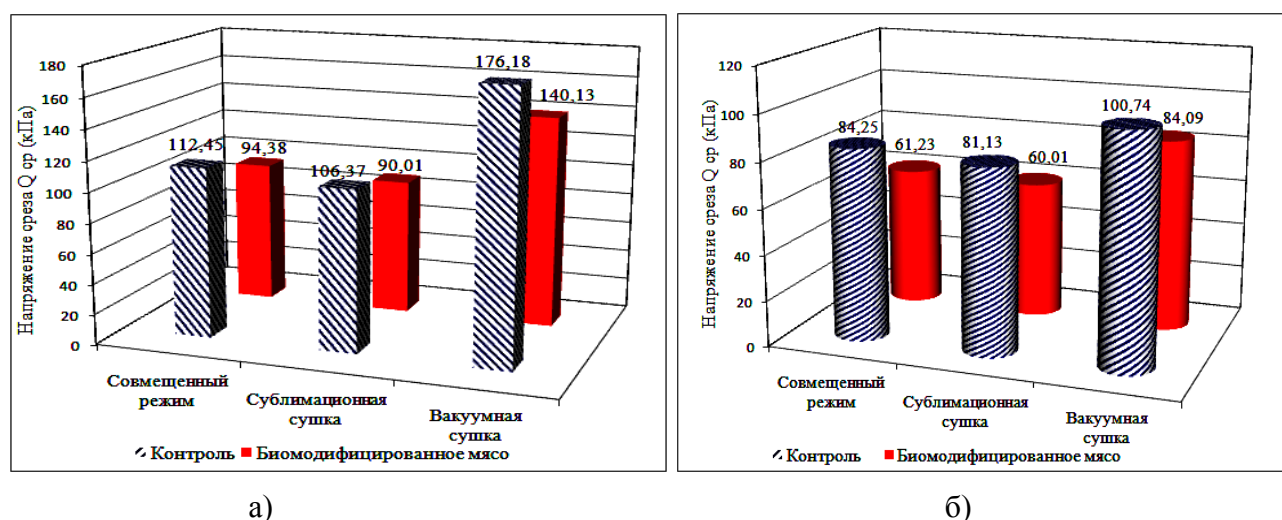


Рис. 10. Изменение напряжения среза мяса птицы в зависимости от способа вакуумного обезвоживания. а) крупноизмельченного; б) мелкоизмельченного

Для образцов крупноизмельченного мяса сублимационной сушки снижение данного показателя по сравнению с контролем составило 13,76%, для мяса, обезвоженного совмещенным методом – 12,51%, для мяса вакуумной сушки – 9,11%. Для образцов мелкоизмельченного мяса, обезвоженных в совмещенном режиме, снижение данного показателя по сравнению с контролем в среднем составило 27,32%, для мяса сублимационной и вакуумной сушки – 26,03% и 11,56% соответственно.

Изучение изменения липидных фракций модельных образцов мяса показало схожие результаты роста кислотного и перекисного чисел в контрольных и опытных образцах обезвоженного мяса в крупном и мелком измельчении. Мясо хранили в герметично запаянных газо- и паронепроницаемых фольгированных пакетах в течение 14 месяцев (с учетом коэффициента резерва для нескоропортящихся продуктов 1,15) в соответствии с МУК № 4.2.1847-04. В процессе хранения наблюдается медленное повышение кислотного (в среднем для крупноизмельченного мяса от 0,085 до 0,75 мг КОН/г, для мелкоизмельченного – от 0,077 до 0,74 мг КОН/г – контроль, для опытных образцов крупноизмельченного мяса - от 0,081 до 0,77 мг КОН/г, мелкоизмельченного – от 0,085 до 0,733 мг КОН/г) и перекисного чисел (в среднем для крупноизмельченного мяса от 0,17 до 0,66 ммоль $^{1/2}O_2$ /кг, для мелкоизмельченного – от 0,16 до 0,65 ммоль $^{1/2}O_2$ /кг – контроль, для опытных образцов крупноизмельченного мяса - от 0,18 до 0,65 ммоль $^{1/2}O_2$ /кг, мелкоизмельченного – от 0,16 до 0,64 ммоль $^{1/2}O_2$ /кг). Низкая скорость окисления жиров всех образцов белого мяса может быть связана с довольно низким содержанием жира, входящего в состав структуры мышечной ткани.

Микробиологическую обсемененность модельных образцов определяли до и после сушки, а также в процессе хранения. В результате исследований было отмечено снижение общего количества микроорганизмов в контрольных и опытных образцах после всех способов сушки в среднем с $(2,4 \pm 0,6) \times 10^3$ до $(0,8 \pm 0,4) \times 10^2$. В процессе хранения наблюдалось некоторое увеличение микробной обсемененности, однако через 14 месяцев КМАФАнМ не превышало $(1,6 \pm 0,4) \times 10^2$. В процессе исследования сразу после сушки и через 14 месяца хранения не было обнаружено бактерий группы кишечной палочки, патогенных микроорганизмов, бактерий рода *Proteus*, стафилококков в контрольных и опытных образцах всех способов сушки.

Для сравнения энергоемкости рассмотренных способов сушки рассчитаны энергозатраты на 1 кг удаленной влаги (табл. 7).

Таблица 7. Энергозатраты исследуемых способов обезвоживания

Способы сушки	Время сушки, час	Энергозатраты на 1 кг удаленной влаги, кВт
Вакуумная сушка	7,8	2,3
Сублимационная сушка	10,5	2,7
Совмещенный режим	8,5	2,4

Из таблицы видно, что наименее длительна – вакуумная сушка мяса, но она приводит к значительным ухудшениям свойств мяса птицы. Сушка белого мяса птицы в условиях сочетания процессов вакуумного испарения и сублимации в едином цикле позволила на 19% сократить продолжительность процесса и снизить затраты энергии на 10,5%.

Глава 5. Разработка технологии продукта из ферментированного мяса птицы, обезвоженного путем вакуумного испарения и сублимационной сушки в едином цикле

Модельные композиции на основе обезвоженного крупно- и мелкоизмельченного белого мяса птицы целесообразно использовать в качестве полуфабрикатов длительного хранения для приготовления многокомпонентных блюд: из полуфабрикатов на основе крупноизмельченного мяса – супов, рагу, запеканок и т.д., из полуфабрикатов на основе мелкоизмельченного мяса – рубленых полуфабрикатов.

Разработку рецептуры рубленого полуфабриката из белого мяса птицы, обеспечивающую достаточно высокую биологическую ценность продукта и максимально удовлетворяющую потребностям организма, испытывающего значительные нервно-эмоциональные нагрузки в условиях экстремальных ситуаций, производили с использованием программы «Экспертная система оптимизации состава продуктов и рационов питания». Рецептуру продукта разрабатывали на основе требований суточного потребления белка, необходимого для людей с повышенной нервно-эмоциональной нагрузкой, и составляющем не менее 100 г в сутки. На основе проведенных исследований была разработана рецептура, включающая в себя биомодифицированное белое мясо птицы, жир сырец куриный, хлеб пшеничный, молоко цельное, соль поваренную, чеснок свежий и перец молотый. Выработана опытно-промышленная партия фрикаделек из биомодифицированного белого мяса птицы «Полевые» и изучены их свойства в сравнении с контрольными образцами рубленых полуфабрикатов – фрикаделек из цыплят-бройлеров, выработанных по рецептуре № 673 «Сборника рецептов блюд и кулинарных изделий, для предприятий общественного питания». Схема изготовления контрольной и опытной партии полуфабрикатов приведена на рисунке 11.

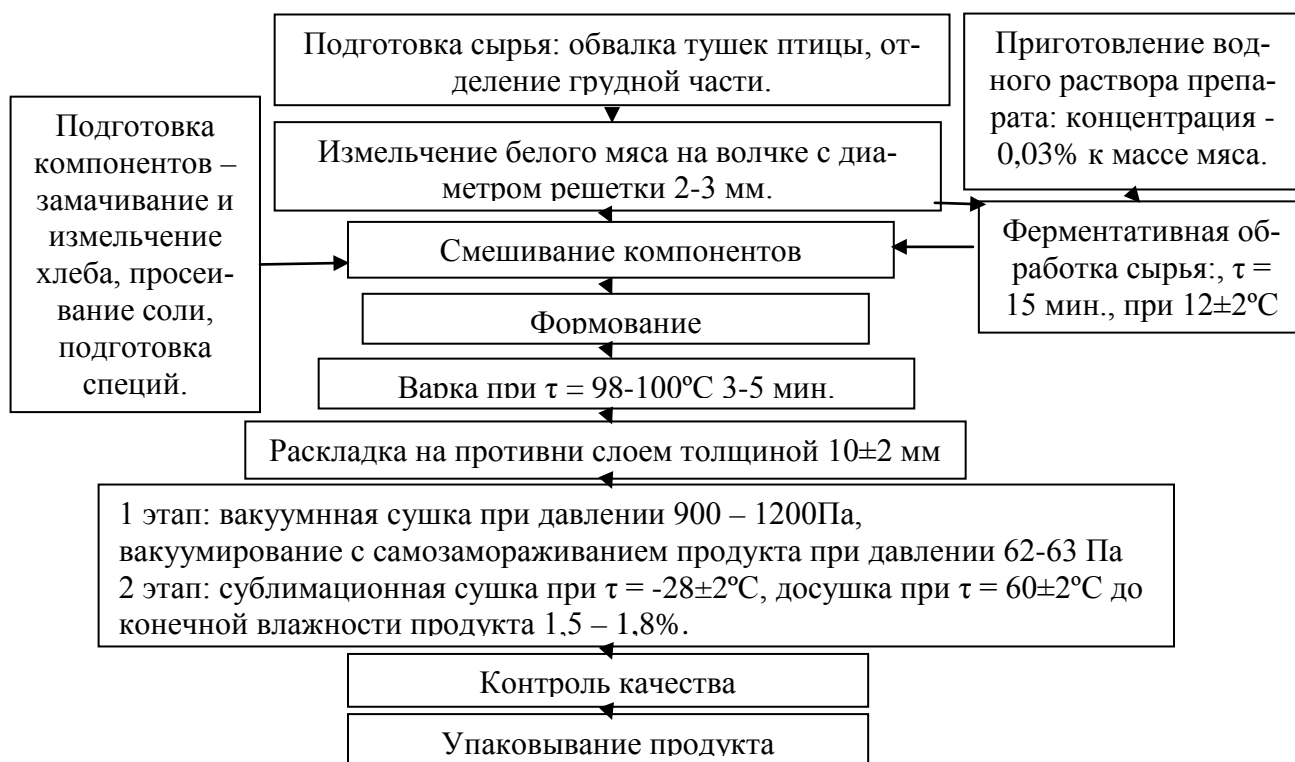


Рис. 11. Технологическая схема производства полуфабрикатов

Результаты исследования общего химического состава позволяют сделать вывод о хорошей пищевой и биологической ценности полученного продукта (табл. 8).

Таблица 8. Химический состав полуфабрикатов после регидратации

Исследуемые образцы	Вода, % M±S	Белок, % M±S	Жир, % M±S	Зола, % M±S	Углеводы*
Контроль	63,5±0,3	14,3±0,6	16,5±0,8	2,3±0,1	3,6
Опыт	65,7±0,4	15,6±0,6	8,7±0,8	2,2±0,2	7,8

*количество углеводов определено расчетным путем.

Результаты дегустационной оценки приготовленных полуфабрикатов свидетельствуют об их высоких органолептических достоинствах (табл. 9). Разработанный продукт характеризовался нежной и сочной консистенцией, имел приятный вкус с выраженным ароматом пряностей без постороннего привкуса и запаха.

Таблица 9. Органолептическая оценка регидратированных полуфабрикатов, балл

Исследуемые образцы	Запах	Вкус	Консистенция	Сочность	Общая оценка
Контроль	4,6±0,05	4,6±0,11	4,5±0,13	4,5±0,08	4,58±0,1
Опыт	4,8±0,09	4,8±0,09	4,9±0,19	4,8±0,09	4,8±0,13

Аминокислотный скор определяли на основании медико-биологических требований ФАО/ВОЗ к эталонному белку, сбалансированному по незаменимым аминокислотам и в наивысшей степени отвечающему потребностям организма (табл. 10).

Таблица 10. Аминокислотный состав суммарного белка полуфабрикатов

Наименование аминокислоты	Контроль, г/100 г белка M±S	Опыт, г/100 г белка M±S	Белок по шкале ФАО/ВОЗ г/100 г	Аминокислотный скор, %	
				Контроль	Опыт
Треонин	5,21±0,11	6,69 ±0,38	4,0	130,3	167,3
Валин	5,17±0,24	5,93 ± 0,29	5,0	103,4	118,6
Метионин + Цистеин	3,15±0,31	4,18 ±0,38	3,5	90,0	119,4
Изолейцин	4,7±0,36	4,71 ±0,24	4,0	117,5	117,8
Лейцин	8,37±0,17	8,45 ±0,36	7,0	119,6	120,7
Фенилаланин + Тирозин	5,79±0,28	7,32 ±0,39	6,0	96,5	122,0
Лизин	8,19±0,34	8,45 ±0,19	5,5	148,9	153,6
Триптофан	1,44±0,26	1,65±0,21	1,0	144,0	165,0
ΣНАК	44,93±0,19	51,33±0,23			

Сумма незаменимых аминокислот опытного образца оказалась выше на 16,05%, аминокислотный скор опытного образца в отличие от контрольного выше 100% по всем аминокислотам. В контрольном образце фрикадедек наблюдается лимитирование по таким аминокислотам как метионин и цистеин на уровне 90,0%, а также по фенилаланину и тирозину на уровне 96,5%.

При оценке биологической ценности контрольных и опытных образцов, помимо вышеуказанных показателей, проводили определение степени гидролиза белков пищеварительными ферментами «*in vitro*» (табл. 11).

Таблица 11. Переваримость «*in vitro*» образцов полуфабриката

Исследуемые образцы	Количество продуктов гидролиза мг тирозина / г белка М±S		
	трипсином	пепсином	суммарное
Контроль	8,14±0,17	5,01±0,24	13,15±0,31
Опыт	9,76±0,20	6,52±0,21	16,28±0,39

Предварительная ферментативная обработка мясного сырья приводит к повышению доступности белковых веществ продукта действию пищеварительных ферментов за счет частичного гидролиза белков. Уровень переваримости трипсином опытных образцов по сравнению с контрольными увеличился на 19,9%, пепсином – на 30,14%.

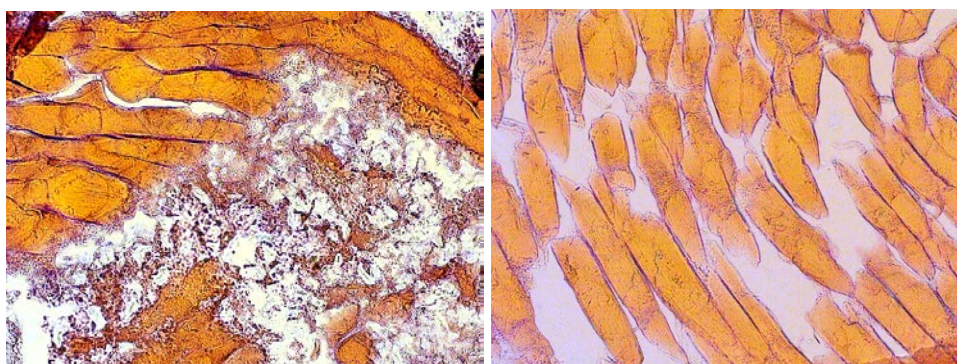
Результаты проведенных структурно-механических исследований согласуются с результатами органолептической оценки и степени переваримости контрольных и опытных образцов полуфабрикатов (табл. 12). Опытные образцы отличались пониженными значениями напряжения среза и работы резания по сравнению с контролем.

Таблица 12. Структурно-механические характеристики образцов полуфабриката

Исследуемые образцы	Показатели	
	Напряжение среза кПа М±S	Работа резания, Дж/м ² М±S
Контроль	41,18±5,97	215,01±10,28
Опыт	32,84±1,20	169,24±5,76

По микробиологическим показателям контрольные и опытные образцы полуфабрикатов отвечали требованиям СанПиН 2.3.2.1078, индекс 1.1.14.

При гистологическом анализе опытных образцов (рисунок 12) выявлена более однородная, достаточно измельченная фаршевая масса по сравнению с контролем. Микроструктурные изменения мышечной ткани характерны для термической обработки. Мышечная ткань представлена фрагментами пучков мышечных волокон. Как в контрольных, так и в опытных образцах полуфабрикатов можно обнаружить пустоты, образованные кристаллами вымороженной воды.



а

б

Рис. 12. Микроструктура опытного образца полуфабриката. Об. 20х. а – контроль, б – опыт

С целью выяснения сроков хранения обезвоженных полуфабрикатов определяли изменение качественных показателей фрикаделек, упакованных в герметично запаянные фольгированные пакеты, в процессе хранения при температуре $23 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 14 месяцев в соответствии с МУК № 4.2.1847-04. В результате исследования химического состава обезвоженных полуфабрикатов не было выявлено значительных изменений в содержании белка, жира и влаги как опытных, так и контрольных образцов фрикаделек в течение всего срока их хранения.

Анализ микробиологических показателей позволяют сделать вывод о безопасности исследуемых полуфабрикатов в течение всего срока хранения. В процессе хранения наблюдается незначительное увеличение колониеобразующих единиц КМАФАнМ, количество которых через 14 месяцев хранения соответствовало допустимому уровню $1,0 \cdot 10^4$ КОЕ/г, установленному СанПиН 2.3.2.1078-01, и составило $5,8 \cdot 10^2$ КОЕ/г – для опытных и $5,6 \cdot 10^2$ КОЕ/г – для контрольных образцов фрикаделек. Бактерий группы кишечных палочек, патогенных микроорганизмов, бактерий рода *Proteus*, стафилококков в исследуемых контрольных и опытных образцах полуфабрикатов в процессе их хранения не обнаружено.

Исследование липидных фракций показало, что в процессе хранения наблюдается постепенное накопление свободных жирных кислот и первичных продуктов окисления, характеризующих кислотное и перекисное число, как в опытных, так и в контрольных образцах полуфабрикатов (рисунок 13). Тем не менее, показатели кислотного и перекисного чисел оставались достаточно низкими и после 14 месяцев хранения и составили: кислотное число – 0,534 и 0,552 мг КОН/г и перекисное число – 0,645 и 0,624 ммоль $1/2\text{O}_2$ /кг для контрольных и опытных образцов соответственно.

Органолептическая оценка полуфабрикатов в течение всего срока хранения оказалась довольно высокой. Контрольные и опытные образцы, восстановленные после 14 месяцев хранения, обладали приятным вкусом и ароматом, нежной консистенцией и сочностью, свойственной свежеприготовленным полуфабрикатам.

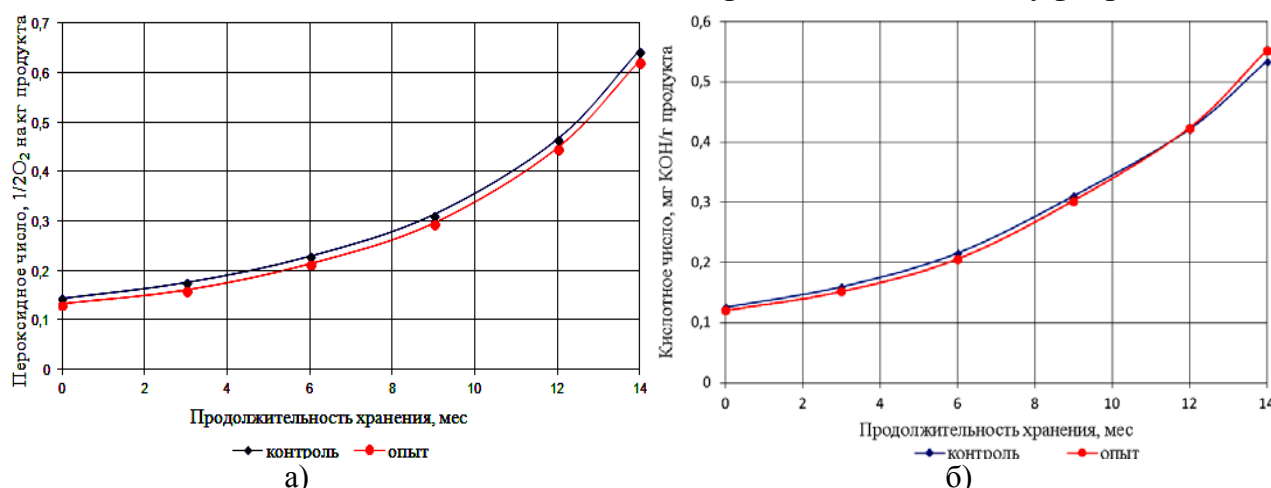


Рис.13. Динамика накопления перекисных соединений (а) и увеличения кислотных чисел (б) в процессе хранения

На основании результатов проведенных физико-химических, микробиологических и органолептических исследований можно сделать вывод, что разработанные полуфабрикаты не утрачивают своих качественных свойств в течение всего срока исследований. Полученные результаты позволяют установить срок год-

ности для фрикаделек вакуум-сублимационной сушки из биомодифицированного белого мяса птицы равный 12 месяцам при хранении их в герметичной фольгированной упаковке при температуре $23\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Выводы и основные результаты

1. Разработаны технологические решения по созданию специализированного мясного продукта из биомодифицированного белого куриного мяса с использованием совмещенного режима вакуумного обезвоживания.

2. Обоснована целесообразность использования для улучшения свойств белого мяса птицы ферментного препарата КФПА-2, который проявляет более высокую активность при низких температурах ($10-14^{\circ}\text{C}$) и в слабокислой зоне рН (4,5-5,5), по сравнению с препаратами бактериального происхождения протеаза 3 и протеаза 4.

3. Определены параметры ферментной обработки белого мяса птицы, обеспечивающие улучшение структурно-механических и функционально-технологических свойств: для крупноизмельченного мяса (8-10мм): эффективная концентрация препарата – 0,05% к массе сырья, температура – $12\pm 2^{\circ}\text{C}$, продолжительность 60 мин.; для мелкоизмельченного мяса (2-3 мм): концентрация препарата 0,03%, температура – $12\pm 2^{\circ}\text{C}$, продолжительность 15 мин.

4. Показано, что использование препарата КФПА-2 обеспечивает увеличение функционально-технологических показателей (в частности, показатель ВСС крупноизмельченного мясного сырья увеличился на 18,6%; мелкоизмельченного сырья – на 14,5%); улучшение структурно-механических (снижение напряжения среза термообработанного крупноизмельченного мясного сырья на 59,6%, мелкоизмельченного – на 40,86%) и органолептических показателей.

5. По результатам комплексных исследований модельных образцов крупно – и мелкоизмельченного белого мяса птицы, обезвоженного тремя способами вакуумной сушки: классической сублимационной сушки, вакуумного обезвоживания и сушки в совмещенном режиме, установлено, что сушка белого мяса птицы в условиях сочетания процессов вакуумного испарения и сублимации в едином цикле позволяет получить продукт длительного хранения высокого качества без существенного изменения его свойств и сократить продолжительность процесса в среднем на 19%. Разработанный режим предусматривает на первом этапе удаление 45 – 50% влаги при давлении 900 – 1200 Па. На втором этапе влагоудаление из продукта осуществляется методом сублимационной сушки за 8,5 часов до достижения конечной влажности продукта 1,5 – 1,8%.

6. На основании результатов исследований функционально-технологических и структурно-механических характеристик обезвоженного белого куриного мяса выявлено, что предварительная ферментная обработка мяса препаратом КФПА 2 приводит к улучшению регидратации (в среднем на 10,2% для крупноизмельченного мяса и на 10,64% - для мелкоизмельченного), увеличению водосвязывающей способности (в среднем на 16,2% и 14,54% для крупно- и мелкоизмельченного мяса, соответственно), а также к снижению прочностных характеристик.

7. С использованием методов математического моделирования оптимизировано соотношение компонентов продукта, отвечающего требованиям питания

людей с повышенной нервно-эмоциональной нагрузкой. Разработана техническая документация – СТО 23476484-11-2012 на производство полуфабриката рубленого вакуум-сублимационной сушки из белого мяса птицы, обработанного протеолитическим ферментным препаратом КФПА-2.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Иванченкова Т.А. Влияние ферментативной обработки на органолептические и структурные показатели белого куриного мяса высушенного с использованием вакуума / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов, Г.В. Семенов // Птица и птицепродукты. – 2011. - №3. – С. 63-66.
2. Иванченкова Т.А. Использование ферментных препаратов для улучшения качественных характеристик белого мяса птицы / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, В.Н. Писменская // Мясная индустрия. – 2012. - №1. – С. 46-48.
3. Иванченкова Т.А. Влияние режимов сушки на качественные характеристики белого мяса птицы / Е.И. Титов, Г.В. Семенов, Т.А. Иванченкова, М.С. Булкин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. - №7. – С. 27-29.

Материалы конференций:

4. Иванченкова Т.А. Выбор концентрации фермента КФС и оценка его влияния на органолептические и физико-химические показатели белого куриного мяса сублимационной сушки / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов // Живые системы и биологическая безопасность населения: Материалы IX МНК студентов и молодых ученых. – М., 2010.
5. Иванченкова Т.А. Влияние ферментативной обработки на свойства белого мяса птицы / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов // Живые системы и биологическая безопасность населения: Материалы X МНК студентов и молодых ученых. – М., 2011.
6. Иванченкова Т.А. Использование прогрессивных технологий переработки сырья как один из способов решения проблем современной биологии / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов // Проблемы современной биологии: Материалы III МНПК. – М.: Издательство «Спутник +», 2012. – С. 43-45.
7. Иванченкова Т.А. Перспектива использования современных ферментных препаратов в технологии продуктов функционального питания / Т.А. Иванченкова, Е.И. Титов, Л.Ф. Митасева, М.Б. Оверченко // Перспективные ферментные препараты и биологические процессы в технологиях продуктов питания и кормов: Сборник научных трудов 6 МНПС. – М.: 2012 г.

Автор выражает благодарность за ценные предложения и методическую помощь, оказанную в подготовке диссертации д.т.н., проф. Семенову Г.В., к.т.н. Митасевой Л.Ф.