

На правах рукописи

Горбатов Станислав Алексеевич

**«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ
ВАРЕННЫХ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ
С РАСТИТЕЛЬНЫМИ БЕЛКАМИ И
ТРАНСГЛЮТАМИНАЗОЙ»**

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2011

Работа выполнена в Государственном научном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В. М. Горбатова Россельхозакадемии (ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии)

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Семенова Анастасия Артуровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Кудряшов Леонид Сергеевич

кандидат технических наук
Трифонов Михаил Валерьевич

Ведущая организация: ГУ ВНИИ птицеперерабатывающей
промышленности

Защита диссертации состоится «14 » июня 2011г. в 14.30 ч на заседании диссертационного совета ДМ 006.021.01 при ГНУ ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова Россельхозакадемии по адресу: 109316, Москва, ул. Талалихина, д. 26.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИМП.
Автореферат разослан и размещен на сайте www.vniimp.ru «14» мая 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Захаров А.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Проблемой поиска и применения дешевых источников белка, вместе с тем обладающих достаточно высокой пищевой ценностью, в разное время занимались и продолжают заниматься отечественные и зарубежные ученые – Толстогузов В.Б., Салаватулина Р.М., Любченко В.И., Егунов А.Г., Щербаков В.Г., Иваницкий С.Б и др. - так как актуальность этого направления исследований, учитывая повышение стоимости животного сырья, не снижается.

С 60-х годов прошлого века и по настоящее время в мясной промышленности наиболее широко применяются соевые белки, что объясняется рядом их преимуществ: наиболее сбалансированный аминокислотный состав, низкая стоимость и высокие функциональные характеристики, позволяющие скорректировать технологические свойства сырья и качество готовых продуктов. В настоящее время годовой объем соевых белков, перерабатываемых в мясной промышленности, составляет около 100 тыс тонн.

Тем не менее, в связи с некоторыми законодательными аспектами, касающимися контроля и маркировки генетически модифицированных источников и возникшим в этой связи негативным отношением потребителей к продуктам, содержащим сою, актуальным вопросом для мясоперерабатывающих предприятий является переход на применение растительных белковых ингредиентов, являющихся альтернативой соевым.

За последнее время проведено большое количество исследований направленных на изучение и применение разнообразных ингредиентов растительного происхождения для производства мясных и мясосодержащих продуктов. Однако, несмотря на широкий спектр исследованных растительных белков зерновых, масличных и бобовых культур в настоящий момент в силу ряда экономических причин промышленно выпускаются, главным образом, белковые ингредиенты из гороха и пшеницы, не подвергавшихся генетической модификации, но уступающих по ряду характеристик, в том числе функционально-технологических, соевым белкам.

Внесение в мясные и мясосодержащие продукты ингредиентов растительного происхождения не должно приводить к снижению показателей качества готового продукта. Применение растительных белков с более низкими функционально-технологическими характеристиками приводит к изменению консистенции продукции, снижению выхода и экономических показателей, появлению брака. Использование для решения этой проблемы дополнительных вводимых в рецептуры структурообразующих пищевых добавок каррагинанов, альгинатов, камедей, пектинов и др., как правило, ведет к удорожанию готовой продукции и, к необходимости нанесения на маркировку продукта соответствующих используемым добавкам

индексов Е, что, в свою очередь, негативно воспринимается потребителями.

В качестве альтернативы применению структурообразующих пищевых добавок сегодня рассматривается использование нового ферментного препарата – трансглутаминазы (ТГ), участвующей в образовании дополнительных связей в белковых молекулах, приводящих к «сшиванию» белковых молекул. В виду того, что в результате тепловой обработки продукта до температуры готовности, происходит полная инаktivация фермента, его применение в качестве вспомогательных средств не требует какого-либо декларирования.

В связи с этим, разработка технологии вареных колбасных изделий на основе применения альтернативных растительных ингредиентов и технологических приемов ферментативной обработки трансглутаминазой является актуальной.

Целью диссертационной работы является разработка технологии изготовления вареных колбасных изделий на основе применения растительных ингредиентов и ферментативной обработки ТГ, позволяющей расширить ассортимент промышленно выпускаемой продукции.

Для достижения поставленной цели было предусмотрено решение следующих задач:

- провести компьютерное моделирование и оценить изменение показателей пищевой ценности вареных колбас при замене концентрированного соевого белка на пшеничный и гороховый концентрированные белки;
- исследовать микроструктурные характеристики и функционально-технологические свойства растительных белков и их влияние на характеристики фаршевых систем;
- изучить влияние различных доз введения растительных белков на органолептические характеристики готовой продукции;
- изучить влияние различных доз внесения трансглутаминазы (ТГ) на структурно-механические характеристики готового продукта и изучить совместное действие ТГ с основными ингредиентами рецептур вареных колбасных изделий;
- разработать рекомендации по применению фермента ТГ при производстве вареных колбасных изделий с использованием растительных белков;
- оценить экономическую эффективность производства вареных колбасных изделий выработанных с применением альтернативных растительных белков и ТГ;
- разработать техническую документацию на новый ассортимент вареных колбасных изделий.

Научная новизна. Получены сравнительные данные о функционально-технологических свойствах концентрированных растительных белков - соевого и альтернативных ему горохового и пшеничного и об их влиянии на пищевую ценность и потребительские характеристики вареных колбас при различном уровне их введения. На основании микроструктурных исследований установлены гистологические особенности пшеничного белка с целью его идентификации в составе мясных и мясо-содержащих продуктов.

Впервые установлено принципиальное различие влияния поваренной соли на эффективность действия ферментного препарата ТГ в системах, содержащих растительный или животный белок.

Экспериментально установлена возможность регулирования структурно-механических характеристик и потерь при тепловой обработке вареных колбасных изделий на основе мясорастительного фарша за счет комплексного использования поваренной соли, пищевых фосфатов и ТГ.

Выявлено возрастание эффекта действия ТГ при повышенном содержании солерастворимых и щелочерастворимых белков в вареных колбасных изделиях и увеличение переваримости белков *in vitro*.

Практическая ценность работы. Экспериментально подтверждена целесообразность использования пшеничного и горохового белков в качестве замены соевого при производстве вареных колбасных изделий. Установлен оптимальный уровень введения пшеничного и горохового белков в гидратированном виде. Обоснована возможность частичного и/или полного исключения применения влагоудерживающих и структурообразующих пищевых добавок, за счет ферментативной обработки мясорастительного фарша ТГ-ой. На основе анализа и обобщения результатов исследований разработаны рецептуры и технология вареных колбасных изделий с высокими потребительскими свойствами при уровне замены мясного сырья до 20% гидратированным пшеничным белком. Разработана техническая документация ТИ и ТУ 9213-954-00419779-08 «Изделия колбасные вареные».

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены и доложены на научно-практической конференции «Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов», Углич, 2009; 3-й конференции молодых ученых «Обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса в современных социально-экономических условиях», Москва, 2009; Международной научной конференции «Экологически безопасные ресурсосберегающие технологии и средства переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания», Москва, 2009; 56-м International Congress of Meat Science and Technology, Корея, 2010, Международной

научно-практической конференции «Инновационные пути в разработке ресурсосберегающих технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции», Волгоград, 2010.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе в рекомендованных ВАК изданиях 3 печатные работы.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на ____ страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, ____ глав экспериментальной части с обсуждением результатов исследований, выводов, списка литературы и приложений. Работа содержит ____ таблиц, __ рисунка, библиография включает ____ наименований работ отечественных и зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе «Обзор литературы» приведен обзор научно-технической литературы, направленный на анализ данных о белковых препаратах растительного происхождения, в частности получаемых из пшеницы, сои и гороха. Изложена их общая характеристика и приведены функционально-технологические свойства. Изучен опыт, применения растительных белковых препаратов в мясной промышленности. Определены перспективы использования зерновых и бобовых культур в технологических процессах производства мясных продуктов. Произведена оценка отечественного и зарубежного опыта по применению ферментного препарата ТГ.

Во второй главе «Организация экспериментальных исследований» приведены объекты исследований, схема эксперимента и методы его осуществления.

Объекты исследований представлены: концентрированным пшеничным белком, концентрированным гороховым белком, концентрированным соевым белком, ферментным препаратом ТГ, очищенным каппа-каррагинаном (Е407), пищевыми фосфатами (Е450, Е451, Е452) и их смесями, пищевой поваренной солью, гелями пшеничного, соевого, горохового белка с ТГ, гелями каррагинана с ТГ, модельными образцами вареных колбасных изделий, выработанных с вышеперечисленными пищевыми добавками и ингредиентами.

Исследования проводили в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1, в ГНУ ВНИИМП им. В.М. Горбатова, в испытательном центре «ВНИИМП-Тест».

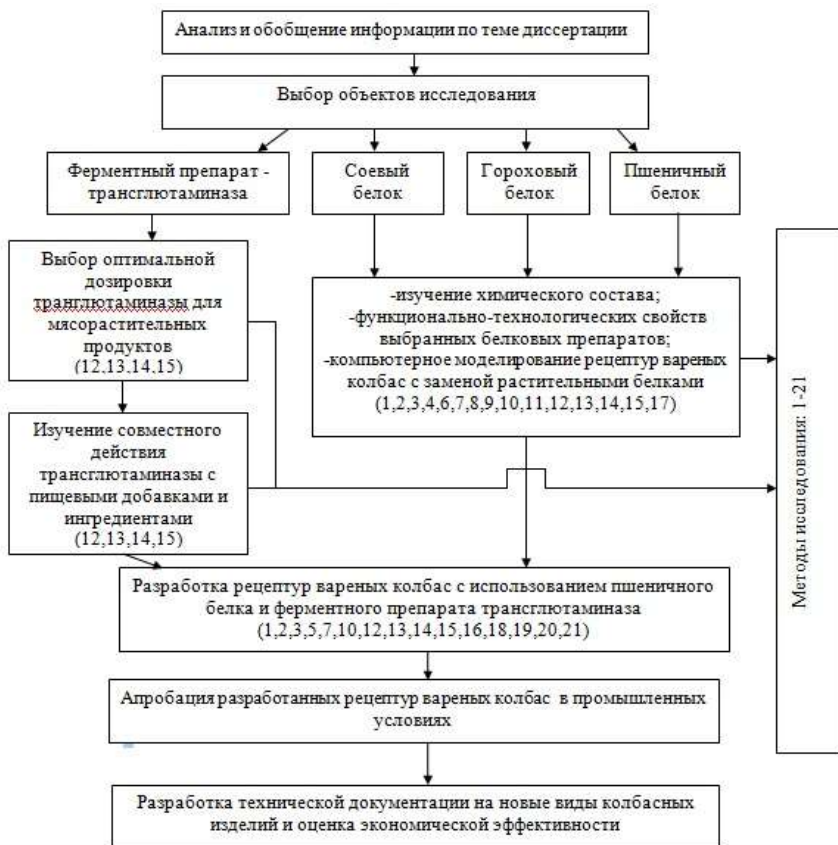


Рисунок 1 Схема проведения исследований

Массовую долю влаги (1), белка (2), жира (3), золы (4), органолептическую оценку (5), микроструктурные показатели (6) определяли по стандартным методикам, влагоудерживающую способность (7) определяли методом прессования по Грау и Хамм в модификации Воловиной, жиросвязывающая (8) и жирозмульгирующая способности (9) – по стандартным методикам, pH (10) - потенциометрическим методом с помощью портативного измерителя «Замер-1», электронный нос «VOCmeter» (11), предельное напряжение разрушения (12), напряжение среза (13), работу начала разрушения (14), среднее напряжение разрушения (15) на универсальной испытательной машине «Инстрон», выход готового продукта (16) – весовым методом, аминокислотный состав (17) – на аминокислотном анализаторе, цветовые характеристики в системе CIELab (18), устойчивость цвета (19) на приборе «Спектротон». Техничес-

экономическую оценку (20) – по методикам определения экономической эффективности в мясной промышленности. Обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики. Повторяемость опытов не менее 3 раз. По всем опытными данным коэффициент вариации ($V=100 \cdot \frac{S}{M}$) не превышал 7%. (где М - среднее значение измеряемой величины; S - среднее квадратичное отклонение) (21).

В третьей главе «Комплексное исследование качества белковых ингредиентов» приведены результаты исследования органолептических, физико-химических, гистологических и функционально-технологических свойств исследуемых концентрированных растительных белков (пшеничного, горохового, соевого).

По органолептическим характеристикам соевый белок по внешнему виду представлял собой мелкие пористые гранулы неправильной формы, цветом от светло-бежевого или светло-кремового до светло-коричневого, без посторонних привкусов и запахов. Гороховый белок представлял собой сыпучий порошок светло-желтого цвета с характерным запахом гороха. Пшеничный белок - мелкие пористые гранулы неправильной формы, кремово-коричневого цвета, в сухом виде – без запаха, а гидратированный – с приятным запахом и вкусом, характерными для термически обработанной пшеницы.

Показатели химического состава концентрированных растительных белков приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели химического состава растительных белков

Наименование характеристики	Значение показателя для концентрированных белков		
	соевого	горохового	пшеничного
Энергетическая ценность, ккал	341,5	358,7	351,1
Массовая доля белка, %	67,0±2,0	82,2±3,0	69,4±1,0
Массовая доля жира, %	1,5±0,07	1,1±0,06	0,3±0,1
Массовая доля влаги, %	10,0±0,3	7,0±0,2	8,7±0,3
Массовая доля золы, %	6,5±0,1	4,7±0,2	3,9±0,2
Массовая доля углеводов, %	15,0±0,3	5,0±0,2	17,7±0,3
Доля белка в энергетической ценности, %	78,5	91,7	79,1

Пищевая ценность растительных ингредиентов как белоксодержащих компонентов в продуктах питания, прежде всего, рассматривалась с точки зрения аминокислотного состава белков и их сбалансиро-

ванности. В табл.2 и на рисунках 2-4 приведены данные по содержанию незаменимых аминокислот и показателям качества белка растительных ингредиентов.

Таблица 2

Показатели качества белка

Наименование препарата	Содержание белка	Минимальный скор	Коэф. сбалансированности	Коэф. избыточности
Соевый белок	67,0±1,0	0,88	0,77	9,23
Гороховый белок	82,2±2,0	0,63	0,54	19,77
Пшеничный белок	69,4±1,0	0,48	0,51	16,17

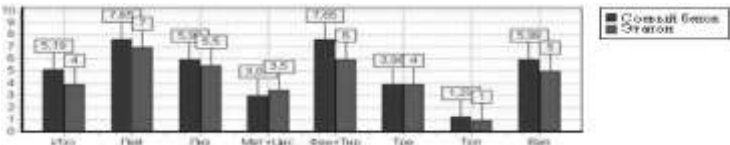


Рисунок 2 Аминокислотный состав соевого белка по сравнению с эталоном по ФАО\ВОЗ

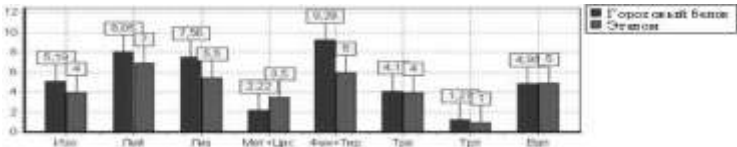


Рисунок 3 Аминокислотный состав горохового белка по сравнению с эталоном по ФАО\ВОЗ

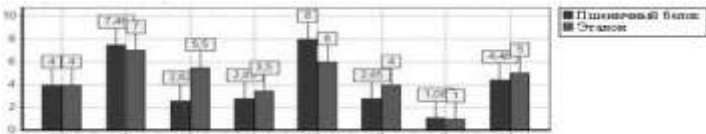


Рисунок 4 Аминокислотный состав пшеничного белка по сравнению с эталоном по ФАО\ВОЗ

Как видно из таблицы 2 и рисунков 2-4, соевый белок характеризовался наиболее сбалансированным аминокислотным составом по сравнению с белком гороха и пшеницы, имевших практически одинаковую сбалансированность. В тоже время было отмечено, что по общему содержанию незаменимых аминокислот лидировал концентрированный гороховый белок.

Сопоставление полученных данных при определении функционально-технологических свойств (таблица 3) растительных белков показало, что наибольшей степенью гидратации, равной 400% или 1:4, обладал соевый белок, тогда как концентрированные пшеничный и гороховый белки имели степень гидратации, равную 350% (1:3,5).

Таблица 3

Функционально-технологические характеристики
концентрированных растительных белков

Наименование показателя	Значение показателя для		
	соевого белка	горохового белка	пшеничного белка
Степень гидратации, %	400	350	350
Жиросвязывающая способность, %	100	100	200
Жироэмульгирующая способность при соотношении «белок:вода:жир», - 1:5:5 - 1:7:7	100 -	100 100	100 -
pH 10%-ной суспензии	6,30±0,02	6,01±0,02	5,81±0,02

При дальнейшем увеличении добавленной воды в гороховый белок, отделения воды и разделения на фазы при центрифугировании не наблюдалось. При этом гидратированный гороховый белок продолжал оставаться однородной системой, консистенция которой становилась более жидкой. По всей видимости, это связано с тем, что содержащиеся в составе концентрированного горохового белка белковые и/или липидоподобные вещества обладают достаточно высокой поверхностной активностью.

Показатель жиросвязывающей способности характеризовался наибольшим значением для пшеничного белка, равной 100 % при соотношении «белок:жир» 1:2, соевый и гороховый белки имели одинаковое значение жиросвязывающей способности, равное 100 % при соотношении «белок:жир» 1:1. Наибольшей жирозэмульгирующей способностью обладал гороховый белок – 100 % при соотношении «белок:вода:жир» 1:7:7. Соевый и пшеничный белок обладали жирозэмульгирующей способностью 100 % при соотношении «белок:вода:жир» 1:5:5.

По степени уменьшения pH исследованные белки располагались следующим образом: соевый белок – 6,3; гороховый белок – 6,01; пшеничный белок – 5,81.

Гистологические исследования растительных белков проводили в гидратированном виде (степень гидратации «препарат:вода» - 1:3,5) и в

виде фаршевой системы (40 % говядины первого сорта, 40% свинины полужирной, 20 % гидратированного белка) (рис. 5 а, б, в).

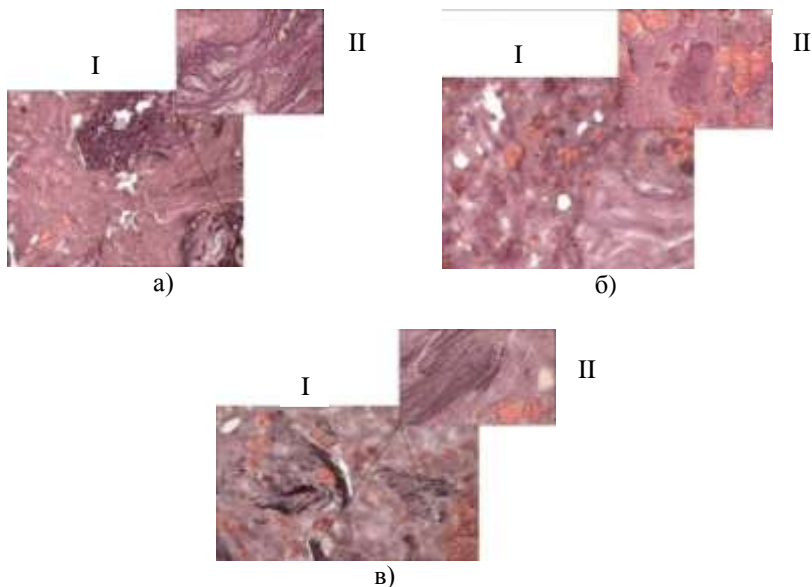


Рисунок 5 Микроструктура концентрированных растительных белков в составе фаршевой системы

а) соевого, б) горохового, в) пшеничного

I - ув. х 240, II – ув. х 300

Частицы концентрированного соевого и пшеничного белка в гидратированном виде характеризовались волокнистой структурой, напоминающей структуру мышечной ткани, в отличие от горохового, который в гидратированном виде представлял собой белковые глобулы размером от 20 до 120 мкм. Частицы концентрированного соевого, горохового и пшеничного белков (рис.5 а, б, в). равномерно распределялись в белковой массе фарша и формировали плотный пространственный белковый каркас. Гистологически в структуре мелкозернистой белковой массы частицы соевого белка выявлялись в виде базофильных частиц с волокнистой структурой размером 200-400 мкм (рис. 5 а), в отличие от горохового белка, который представлял собой эозинофильные частицы неправильной формы. В отдельных случаях гороховый белок имел морфологические особенности, сходные с частицами соевого изолята (рис. 5 б). Частицы пшеничного белка в структуре фарша выявлялись в виде не восприни-

мающих гистологические красители частиц с волокнистой структурой размером от 200 до 500 мкм (рис. 5 в).

Микроструктурные исследования показали, что в гидратированном и эмульгированном виде концентрированные пшеничный и соевый белки имели характерные различия. Выявленные идентификационные признаки позволили сделать предположение о возможности их микроструктурного определения в составе мясных продуктов.

В четвертой главе представлены результаты исследований опытных образцов вареных колбас, выработанных с заменой мясного сырья концентрированными растительными белками.

Опытные образцы вареных колбас вырабатывали из мясного фарша (контроль) и мясного фарша с частичной заменой мясного сырья гидратированным гороховым белком, степень гидратации белок:вода = 1:3,5, в количестве 10% (опыт №1), 20 % (опыт №2), и 30 % (опыт №3) и с добавлением 2% поваренной соли во все образцы. Фарш формовали и подвергали тепловой обработке при температуре 75-78 °С до достижения температуры 72 °С в центре образца. После чего модельные образцы охлаждали при температуре 2-4 °С до температуры 4 °С, и выдерживали 12 ч при температуре 12 °С.

Результаты органолептической оценки модельных образцов вареных колбас показали, что внесение горохового белка до 20% взамен мясного сырья не влияло на внешний вид, цвет, запах и консистенцию готового продукта. При замене 30 % мясного сырья происходит ухудшение качества готового продукта.

Поскольку визуальное определение цвета очень субъективно, а экспертные оценки зависят не только от исходного цвета продукта, но и от его способности сохранять цвет в нарезанном виде, были проведены исследования по инструментальной оценке цветовых характеристик и их устойчивости.

Полученные результаты показали, что увеличение количества вносимого в рецептуру вареных колбас концентрированного горохового белка способствовало незначительному повышению устойчивости цвета.

Данные по определению pH и влагосвязывающей способности приведены в таблице 4, из них следует, что существенных отличий между опытными и контрольными образцами не было выявлено.

В результате выполненных исследований структурно-механических характеристик (рис. б) установлено, что замена 10 % мясного сырья гороховым белком (опыт №1), практически не повлияла на структурно-механические характеристики готового продукта по сравнению с контрольным образцом. Замена 20 % мясного сырья (опыт №2), снижала прочностные характеристики на 16 %.

Таблица 4

Физико-химические показатели образцов вареных колбас с гидратированным гороховым белком

Наименование образца	pH	Содержание влаги, %	ВСС, %
Контрольный (0%)	6,10±0,02	63,2±2,0	77,1±2,0
№1 (10%)	6,10±0,02	66,4±2,0	75,5±2,0
№2 (20%)	6,10±0,02	67,6±2,0	77,3±2,0
№3 (30%)	6,10±0,02	67,0±2,0	77,1±2,0

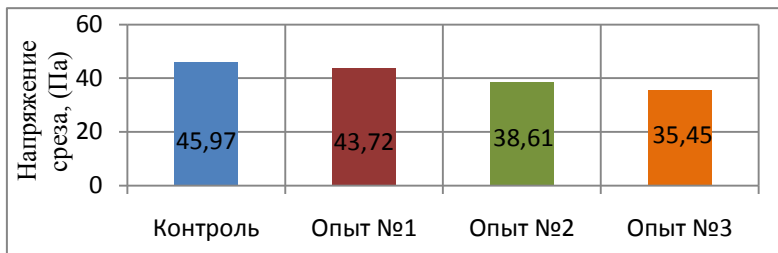


Рисунок 6 Напряжение среза контрольного и опытных образцов вареных колбас с гидратированным гороховым белком

Замена 30 % мясного сырья гороховым белком (опыт №3) приво-
дил к снижению показателя напряжения среза по сравнению с контроль-
ным образцом на 23 % и видимым ухудшением органолептических харак-
теристик, таких как, внешний вид и консистенция готового продукта.

Полученные результаты наглядно показали, что внесение концен-
трированного горохового белка в количестве 10%, 20% и 30% взамен
мясного сырья снижало структурно-механические характеристики образ-
цов вареных колбас на 5, 16 и 23 %, соответственно, и, как следствие, тре-
бовало для сохранения консистенции введения в комплексе с гороховым
белком структурообразователей.

Известно, что применение продуктов переработки гороха при
производстве вареных колбасных изделий часто сопряжено с проблемой
появления постороннего вкуса и запаха. Для получения объективных дан-
ных по влиянию горохового белка на запах готового продукта были про-
ведены исследования на приборе «электронный нос».

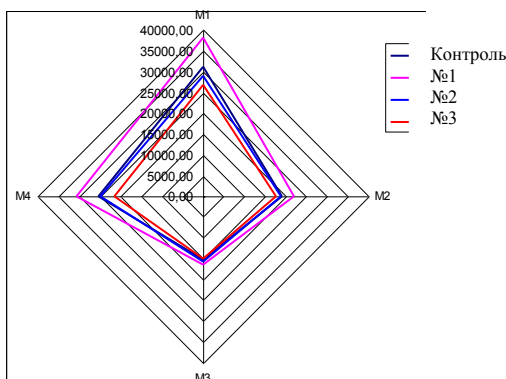


Рисунок 7 «Визуальные отпечатки» запаха, контрольного и опытных образцов вареных колбас с концентрированным гороховым белком

По степени уменьшения площади «визуальных отпечатков» запаха образцы располагались следующим образом: контрольный образец - 119,23, образец №1 – 102,23, образец №2 – 97,71, образец №3 – 81,62. Как показали результаты инструментального определения запаха (рис. 7), введение в рецептуру продукта концентрированного горохового белка приводило к снижению интенсивности аромата готового продукта, о чем свидетельствовало уменьшение площадей «визуальных отпечатков» запаха. Повышение его содержания в рецептуре вареных колбас приводило к изменению профиля аромата продукта в результате снижения в его летучей газовой фазе содержания альдегидов, летучих жирных кислот, кетон и др. веществ, присутствующих в мясных ингредиентах и участвующих в формировании аромата готовой продукции. Причем, замена мясного сырья до 20 % незначительно влияла на интенсивность аромата готового продукта, а замена 30 % мясного сырья снижала интенсивность аромата более, чем на 30 %.

Таким образом, проведенный комплекс исследований показал, что применение концентрированного горохового белка в количестве свыше 20 % приводило к существенному снижению показателей качества вареных колбас.

На следующем этапе изучали влияние степени замены мясного сырья концентрированным пшеничным белком на качественные характеристики готового продукта.

Выработку опытных образцов проводили аналогично изготовлению образцов с гороховым белком. Образцы вырабатывали из мясного фарша (контроль) и мясного фарша с частичной заменой мясного сырья гидратированным пшеничным белком, степень гидратации «белок:вода» = 1:3, в количестве 10% (опытный образец №1), 15 % (опытный образец

№2), 20 % (опытный образец №3) и 30% (опытный образец №4) с добавлением 2% поваренной соли во все образцы.

При термической обработке были зафиксированы следующие потери массы опытных образцов относительно сырого фарша: контроль – 10%, опытный образец №1 – 12%, опытный образец №2 – 10%, опытный образец №3 – 9%, опытный образец №4 – 14%.

По органолептическим показателям все образцы имели приятный запах мяса без посторонних примесей, цвет образцов был характерным для данного вида продукта, различия были отмечены лишь в структурно-механических характеристиках: опытный образец №3 имел рыхловатую консистенцию, опытный образец №4 имел рыхлую консистенцию, в отличие от контроля и опытных образцов №1 и №2, имевших плотную консистенцию.

Результаты определения структурно-механических характеристик представлены на рисунке 8.

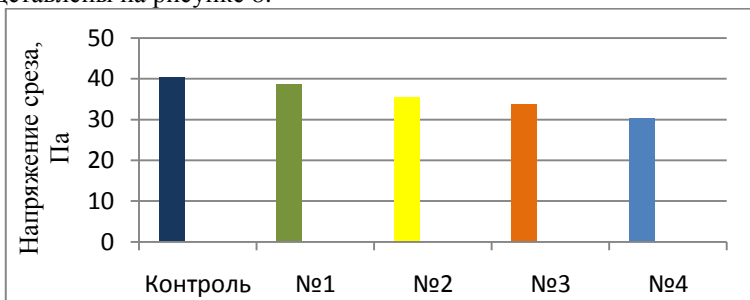


Рисунок 8 Напряжение среза контрольного и опытных образцов вареных колбас с гидратированным пшеничным белком

По результатам структурно-механических характеристик сделаны следующие выводы: добавление 10 % гидратированного пшеничного белка практически не повлияло на напряжение среза и качество готового продукта. Включение в рецептуру 15 % и 20 % пшеничного белка привело к снижению данного параметра на 13 и 17 %, соответственно, что незначительно сказывалось на качественных характеристиках продукта. Образец с заменой 30 % мясного сырья имел наименьшее значение напряжения среза и уступал контролю на 25 %, что и было подтверждено результатами органолептической оценки.

Инструментальная оценка цветовых характеристик опытных образцов показала, что замена мясного сырья на пшеничный белок не влияла на устойчивость цвета.

На последнем этапе для изучения влияния различных дозировок концентрированного соевого белка были выработаны образцы вареных колбас с внесением его в гидратированном виде.

Выработку опытных образцов проводили аналогично выработке с гороховым и пшеничным белком, степень гидратации соевого белка - 1:3,5, доза внесения гидратированного соевого белка - 10% (опыт №1), 20 % (опыт №2), 30 % (опыт №3), так же вносили 2% поваренной соли во все образцы.

По органолептическим показателям все образцы имели приятный запах мяса без посторонних нот, вкус характерный для продукта данного класса, цвет был характерен данному виду продукта. Контроль, опыт №1 и №2 имели плотную консистенцию, опыт №3 характеризовался рыхлой консистенцией.

Определение цветовых характеристик контрольного и опытных образцов показало, что введение соевого белка даже в количестве 30 % практически не оказало влияния на общую устойчивость цвета готового продукта.

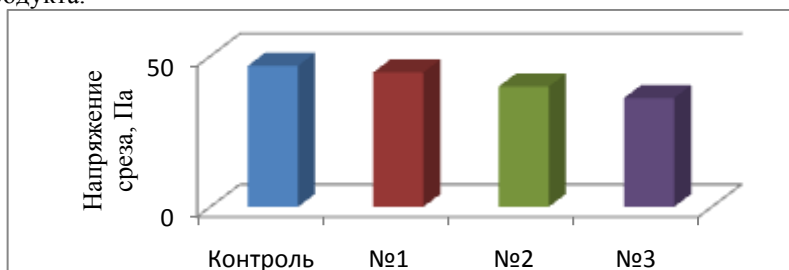


Рисунок 9 Напряжение среза контрольного и опытных образцов вареных колбас с концентрированным соевым белком

Результаты инструментальной оценки (рис. 9) структурно-механических характеристик опытных образцов с гидратированным соевым белком аналогичны результатам, полученным для горохового и пшеничного белков, увеличение дозы внесения растительного белка приводило к снижению прочностных характеристик продукта. Опытный образец №1 имел значение напряжения среза ниже контрольного на 5 %, опытный образец №2 на 12 %, а опытный образец №3 почти на 20 %.

Итоги исследования модельных образцов с внесением соевого белка показали, что доза его внесения, равная 20 % взамен мясного сырья, не ухудшала органолептическую оценку продукта и не оказывала влияния на цвет. Однако снижение прочностных свойств продукта также требовало дополнительного внесения структурообразователей при использовании соевых белков.

Было показано, что растительные белки имели различную сбалансированность по аминокислотному составу, показатели которой могли снизить аналогичные характеристики колбасных изделий. В связи с этим

было проведено компьютерное моделирование сбалансированности аминокислотного состава рецептур вареных колбас с заменой мясного сырья 10, 20 и 30 % гидратированными соевым, гороховым и пшеничным белками. Результаты компьютерного моделирования представлены в таблице 5.

Из представленных в таблице 5 данных следует, что при 30 % замене мясного сырья растительными ингредиентами наблюдали нежелательное (ниже значения в рецептуре контрольного образца) снижение коэффициента утилитарности и возрастание коэффициента избыточности по сравнению с контрольным образцом.

Таблица 5

Показатели сбалансированности аминокислотного состава колбас с внесением гидратированных концентрированных соевого, горохового и пшеничного белков

Наименование образца	Показатели (г на 100 белка)				
	Массовая доля белка	Сумма НАК	Мин. скор	Коэф. утилитарности	Коэф. избыточности
Эталон ФАО/ВОЗ	-	36,0	-	1,0	0,0
Контрольный	12,4±0,5	43,8±1,0	1,07	0,88	5,06
Замена мяса гидратированным соевым белком					
- 10 %	12,3±0,5	43,5±1,0	1,06	0,87	5,49
- 20 %	12,2±0,5	41,8±1,0	1,05	0,87	5,68
- 30%	12,0±0,5	42,9±1,0	1,02	0,85	6,25
Замена мяса гидратированным гороховым белком					
- 10 %	12,9±0,5	43,7±1,0	1,01	0,84	7,08
- 20 %	13,4±0,5	43,6±1,0	0,98	0,81	8,11
- 30%	13,0±0,5	43,4±1,0	0,92	0,76	10,26
Замена мяса гидратированным пшеничным белком					
- 10 %	12,6±0,5	42,4±1,0	1,04	0,88	4,91
- 20 %	12,8±0,5	41,8±1,0	1,02	0,88	4,84
- 30%	13,0±0,5	40,7±1,0	0,99	0,87	4,92

Из результатов компьютерного моделирования следует, что оптимальная доза внесения концентрированных растительных белков составляет 20 %, однако такая степень замены мясного сырья приводила к снижению органолептических (главным образом, консистенции) и структурно-механических характеристик продукта. Для решения данной про-

блемы в рецептуры мясорастительных продуктов вносили ферментный препарат ТГ, выполняющий роль структурообразователя.

В пятой главе исследовали действие ферментного препарата ТГ. Ввиду отсутствия практического опыта применения ТГ в мясной промышленности и разнящихся литературных данных касательно взаимодействия ТГ с другими ингредиентами рецептуры, представляло интерес исследование совместного использования ТГ с такими ингредиентами, как поваренная соль, пищевые фосфаты, каррагинаны, животный белок.

Первоначальный интерес представляло определение рациональной дозировки внесения ТГ, с целью получения оптимального технологического и экономического эффекта. На основании предварительных опытов были выбраны следующие дозировки ТГ: 0,05, 0,1 и 0,15 %. Для решения поставленной задачи использовали модельные системы, представляющие собой мясной фарш с внесением в него, для образцов № 1-3 - 20% гидратированного соевого белка и выбранных дозировок ТГ, для образцов № 4-6 – 20 % гидратированного горохового белка и выбранных дозировок ТГ, для образцов № 7-9 - 20 % гидратированного пшеничного белка и выбранных дозировок ТГ, также во все модельные образцы вносили 15 % воды. Далее образцы подвергали испытаниям для определения структурно-механических характеристик (рис. 10).

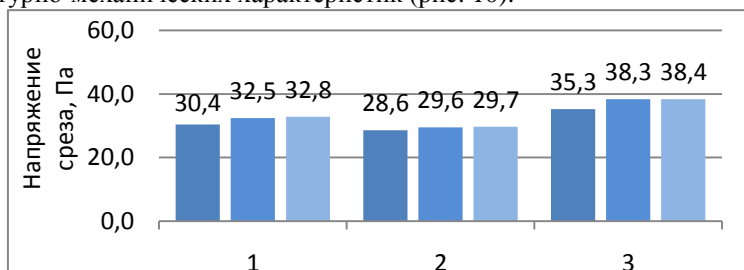


Рисунок 10 Напряжение среза контрольного и опытных образцов с концентрированным: №1 – соевым белком, №2 – гороховым белком, №3 – пшеничным белком.

Анализ полученных результатов показал, что внесение транsgлютаминазы в количестве 0,1 % приводило к увеличению на 7-9 % напряжения среза по сравнению с внесением 0,05 % фермента. Увеличение дозы внесения ТГ до 0,15 % практически не влияло на изменение величины напряжения среза. Основываясь на незначительном приросте технологического эффекта при увеличении дозировки более 0,1 % ТГ и ввиду большой стоимости ферментного препарата, а, соответственно, из экономических показателей, была выбрана доза внесения ферментного препарата ТГ, равная 0,1 % к массе фарша.

На следующем этапе исследовали совместное действие ТГ с пищевыми ингредиентами рецептуры вареных колбасных изделий, такими как поваренная соль.

Для проведения исследований структурно-механических характеристик (рис. 11) растительных белков готовили гели соевого, пшеничного и горохового белков с и без добавления 2 % поваренной соли, а также с и без добавления 0,1 % ТГ.

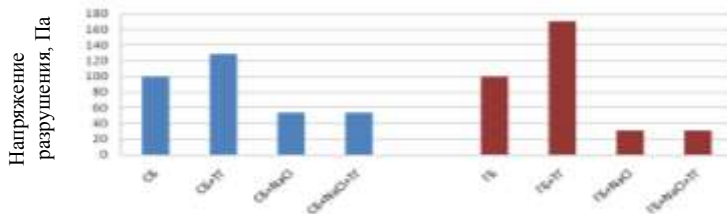


Рисунок 11 Изменение напряжения разрушения гелей с внесением поваренной соли и трансглютаминазы

Как видно из рисунка 11, действие ТГ в гелях растительных белков в присутствии поваренной соли угнеталось, что согласовывалось с литературными данными: для соевого белка – в 2,4 раза, для горохового белка – в 5,5 раз.

Аналогичная картина ингибирования действия ТГ визуально наблюдалась и в геле пшеничного белка с добавлением поваренной соли, однако из-за его слабых гелеобразующих свойств не было получено достоверных различий между образцами.

Дальнейший интерес представляло исследование модельных мясных систем и гелей животного белка в присутствии поваренной соли с и без добавления ТГ (рис. 12-13).

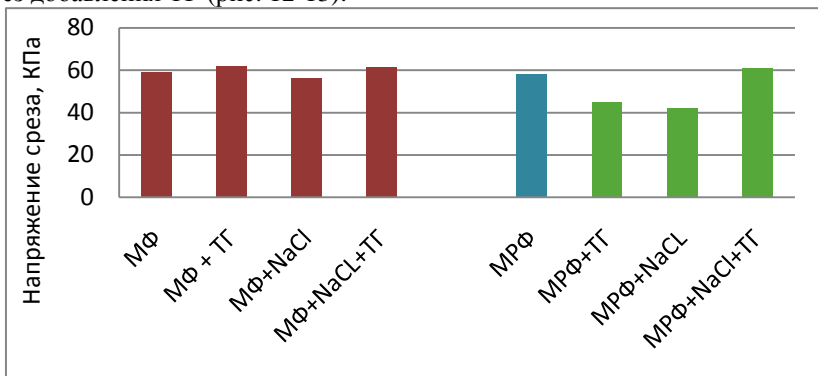


Рисунок 12 Напряжение среза модельных образцов.

МФ – мясной фарш, МРФ - мясорастительный фарш

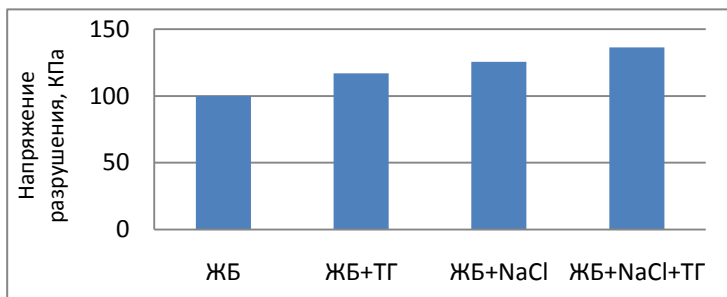


Рисунок 13 Напряжение разрушения гелей животного белка (ЖБ)

Напряжение среза модельных образцов мясного и мясорастительного фарша (рис. 12) при добавлении поваренной соли значительно снижалось (особенно в мясорастительном фарше) за счет более высокого содержания влаги (при добавлении поваренной соли потери при тепловой обработке сокращались в 2 раза). Добавление ТГ позволяло компенсировать полностью (даже с небольшим превышением) снижение структурно-механической характеристики, при этом присутствие поваренной соли в фарше не угнетало действие ТГ. Очевидно, выход солерастворимых белков под влиянием поваренной соли делал их более доступными для обработки трансклутаминазой.

Эффект действия ТГ в присутствии поваренной соли на системы, содержащие мясные компоненты, в отличие от систем, содержащих только растительные компоненты, позволил предположить, что животные белки в присутствии поваренной соли более доступны обработке трансклутаминазой. В связи с этим, было также проведено испытание гелей животного белка (рис. 13).

Как видно из полученных результатов, ТГ была одинаково эффективна при обработке модельных систем животного белка без и с добавлением поваренной соли. При этом действие поваренной соли и ТГ приводило к суммарному возрастанию напряжения разрушения гелей животного белка после тепловой обработки.

Опираясь на полученные данные, научный интерес представляло исследование разных дозировок поваренной соли совместно с использованием ТГ в мясорастительной системе. Для этого были выработаны модельные образцы вареных колбас с 20% заменой гидратированным соевым, гороховым и пшеничным белками и двумя концентрациями поваренной соли 1 и 2% (табл. 6).

Функционально-технологические показатели фарша и образцов с внесением 1 % поваренной соли после тепловой обработки были несколько выше или не уступали, чем при внесении 2 % поваренной соли. Однако снижение концентрации поваренной соли приводило к возраста-

нию потерь при тепловой обработке. И по своим вкусовым характеристикам образец с 2 % поваренной соли более соответствовал сложившемуся стереотипу потребителя.

С целью исследования совместного действия ТГ и пищевых фосфатов, повсеместно применяемых для производства вареных колбас, были выработаны образцы вареных колбас с дозой внесения ТГ 0,1 % и пищевых фосфатов 0,15; 0,3 и 0,5 % (рис. 14).

Таблица 6

Результаты исследований мясных систем с внесением гидратированных растительных белков при добавлении 1 и 2 % поваренной соли

Образцы	ВУС фарш, %	ВУС готового прод., %	Напряжение среза, (Па)	рН готового продукта	Потери при тепловой обработке, %
При уровне внесения поваренной соли 1%					
№1 (контроль)	94,0±4,0	60,3±2,0	71,3±3,0	6,39±0,02	11,2±0,5
№2 (20% СБ)	87,4±3,0	56,0±2,0	60,5±2,0	6,62±0,02	13,1±0,6
№3 (20% ГБ)	82,7±3,0	58,6±2,0	58,6±2,0	6,53±0,02	10,2±0,5
№4 (20% ПБ)	84,7±3,0	60,1±2,0	63,7±2,0	6,46±0,02	13,7±0,5
При уровне внесения поваренной соли 2%					
№5 (контроль)	90,9±4,0	62,8±2,0	64,9±2,0	6,42±0,02	9,3±0,4
№6 (20% СБ)	80,7±3,0	44,5±2,0	50,6±2,0	6,46±0,02	9,3±0,4
№7 (20% ГБ)	83,0±3,0	53,6±2,0	49,4±2,0	6,49±0,02	8,4±0,4
№8 (20% ПБ)	91,3±4,0	54,9±2,0	59,3±2,0	6,45±0,02	9,6±0,4

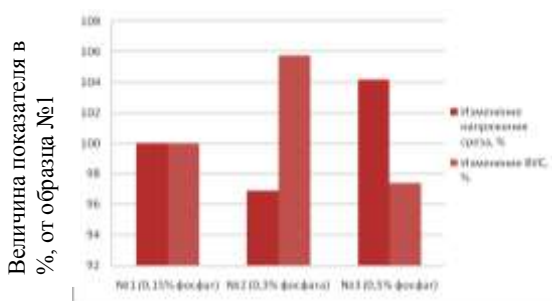


Рисунок 14 Изменение величины напряжения среза и ВУС от образца №1

Анализ полученных результатов показал, что фосфаты и ТГ «работают» в мясной системе независимо друг от друга. Увеличение дозы введения фосфата до 0,3 % улучшало ВУС, при этом удержанная фосфатами влага оказывала незначительное влияние на величину напряжения среза. При дальнейшем увеличении концентрации фосфата происходило

снижение технологического эффекта от их воздействия на фарш (что согласуется с литературными данными), и за счет этого наблюдалось увеличение напряжения среза (а не за счет действия трансглутаминазы). Учитывая, технологическую практику применения фосфатов и медико-биологические рекомендации по снижению уровня содержания пищевых фосфатов в колбасных изделиях был сделан вывод о нецелесообразности использования фосфатов в количестве более 0,3%.

По итогам исследований была разработана рецептура и технологическая схема производства вареных колбас, проведена опытно-промышленная выработка вареной колбасы «Ретро» с использованием 20% гидратированного пшеничного белка. Контрольный образец выработывали с добавлением 1 % каррагинана в качестве структурообразователя, в опытный образец вместо каррагинана вносили 100 г ТГ, содержание пищевых фосфатов было снижено до 0,15%. Рецептура представлена в таблице 7.

Таблица 7

Рецептура контрольного и опытного образцов вареных колбас

Наименование сырья и материалов	Норма для вареных колбас:	
	Образец №1 (опыт)	Образец №2 (контроль)
Сырье, кг		
Говядина жилованная первого сорта	35	35
Свинина жилованная полужирная	45	45
Пшеничный белок гидратированный	20	20
Пищевые добавки, пряности и вода (лед), на 100 кг несоленого сырья		
Соль поваренная пищевая, г	2000	2000
Фосфат пищевой, г	150	300
Трансглутаминаза	100	-
Каррагинан, г	-	1000
Нитрит натрия, г	7,0	7,0
Сахар-песок, г	100	100
Аскорбинат натрия, г	50	50
Перец черный молотый, г	100	100
Мускатный орех молотый, г	70	70
Кориандр или тмин молотый, г	30	30
Вода (лед), л	30	30

В процессе тепловой обработки отбирали батоны контрольного и опытного образцов колбасы по достижению в центре продукта темпе-

ратур 50, 60 и 72 °С. Опытный образец дополнительно подвергали тепловой обработке до 80 °С с целью установления дальнейшего влияния температуры на действие ТГ. Как видно из таблицы 8, потери массы и общий химический состав контрольного и опытного образцов не имели значительных различий.

Таблица 8

Потери массы и изменение общего химического состава образцов колбас

Образцы колбасы	Температура в центре батона при отборе, °С	Потери массы батонов, %	Белок, %	Жир, %	Влага, %
№1 (опыт)	50	10,0±0,5	12,2±0,5	14,2±0,5	69,7±3,0
№1 (опыт)	60	12,0±0,5	12,4±0,5	14,5±0,5	69,2±3,0
№1 (опыт)	72	14,0±0,5	12,6±0,5	14,7±0,5	68,7±3,0
№1 (опыт)	80	16,0±0,6	12,8±0,5	15,0±0,5	68,2±3,0
№2 (конт)	50	11,0±0,5	12,2±0,5	14,2±0,5	69,0±3,0
№2 (конт)	60	12,0±0,5	12,3±0,5	14,4±0,5	68,7±3,0
№2 (конт)	72	15,0±0,6	12,6±0,5	14,7±0,5	67,9±3,0

Инструментальное исследование всех образцов показало, что опытные образцы имели лучшие прочностные характеристики, чем контрольные образцы (таблица 9).

Таблица 9

Изменение структурно-механических характеристик образцов колбас при тепловой обработке

Образцы	Тем-ра в центре батона при отборе, °С	Среднее напряжение среза, Па	Макс. напряжение сдвига, кПа
№1 (опыт)	50	15,2±0,6	127,1±6,0
№1 (опыт)	60	13,9±0,6	114,5±5,0
№1 (опыт)	72	14,8±0,6	118,0±5,0
№1 (опыт)	80	15,4±0,6	123,4±5,0
№2 (конт)	50	11,5±0,5	101,3±5,0
№2 (конт)	60	11,5±0,5	113,1±5,0
№2 (конт)	72	12,9±0,5	117,6±5,0

Исследование фракционного состава белка, показало, что в опытном образце, содержащем ТГ, увеличилось содержание соле-раство-

римых белков, но уменьшилось количество щелочерастворимых белков. Противоположная тенденция наблюдалась в контрольном образце (таблица 10).

Таблица 10

Результаты исследования фракционного состава белка образцов колбас

Образцы	Температура в центре батона при отборе, °C	Водорастворимый белок, %	Соле-растворимый белок, %	Щелочерастворимый белок, %
№1 (опыт)	50	2,4±0,1	3,7±0,2	5,9±0,3
№1 (опыт)	60	2,2±0,1	4,4±0,2	5,6±0,3
№1 (опыт)	72	2,2±0,1	4,7±0,2	5,6±0,3
№1 (опыт)	80	2,2±0,1	4,9±0,2	5,8±0,3
№2 (конт)	50	2,3±0,1	3,5±0,2	6,3±0,3
№2 (конт)	60	2,3±0,1	3,6±0,2	6,3±0,3
№2 (конт)	72	2,2±0,1	4,0±0,2	6,4±0,3

Результаты исследования переваримости *in vitro* показали, что внесение ТГ, несмотря на увеличение доли высокомолекулярных соле-растворимых белков, не повлияло на доступность белка пищеварительным ферментам. Общая переваримость увеличивалась с возрастанием температуры, до которой образец подвергался тепловой обработке.

Данные органолептической оценки батонов контрольного и опытного образцов, отобранных при температуре 72 и 80 °C, были подтверждены результатами структурно-механических исследований и устойчивости цвета. По консистенции опытные образцы получили более высокие оценки, чем контрольные. Членами дегустационной комиссии было отмечено, что опытные образцы обладали более привлекательным внешним видом, за счет более стабильного цвета.

ВЫВОДЫ

1. На основании компьютерного моделирования проведена оценка изменения показателей пищевой ценности вареных колбас при замене концентрированного соевого белка на пшеничный и гороховый. Показано, что при 20%-ом уровне введения гидратированного растительного белка замена соевого белка на альтернативные (пшеничный и гороховый) не приводила к существенному изменению сбалансированности аминокислотного состава вареных колбасных изделий, а коэффициент утилитарности белка сохранялся на уровне выше 0,80. При этом наиболее высокое значение коэффициента утилитарности было получено при моделирова-

нии аминокислотного состава вареных колбас с 20% введения гидратированного пшеничного белка (0,88).

2. Исследования показателей химического состава и функционально-технологических свойств альтернативных растительных белков показало, что пшеничный и гороховый белки не уступали соевому белку по массовой доле белка, энергетической ценности, вкладу общего содержания белка в энергетическую ценность, жиросвязывающей и жирозэмульгирующей способностям. Однако практически полное отсутствие гелеобразующей способности пшеничного белка вызывало снижение структурно-механических характеристик вареных колбас на 14-17% при одинаковом уровне введения растительного белка.

3. Изучение влияния различных доз введения растительных белков на органолептические и структурно-механические характеристики готовой продукции, а также полученные данные об изменении пищевой ценности позволили рекомендовать рациональную дозу введения гидратированного пшеничного и горохового белка при изготовлении вареных колбасных изделий в количестве 20%.

4. На основании исследований структурно-механических характеристик модельных белковых систем различного состава разработаны технологические рекомендации по применению фермента ТГ. Обоснована доза внесения ТГ в количестве 0,10% к массе фарша. Показано, что в присутствии 2 % поваренной соли в системах, содержащих животные и растительные белки, эффективность действия ТГ возрастала на 48%. И, напротив, в системах, содержащих только растительные белки, эффективность действия трансклотаминазы в присутствии 2 % поваренной соли снижалась на 57-83 %.

5. Опытнo-промышленная апробация и сравнительные комплексные исследования показателей качества вареных колбас, содержащих ТГ и каррагинан, показали, что в процессе тепловой обработки и достижения температуры 72 °С в центре продукта, колбасы с ТГ обладали более высокими показателями переваримости и устойчивости цвета.

6. На основании проведенных исследований разработана техническая документация на новый ассортимент вареных колбас с пшеничным белком ТИ и ТУ 9213-954-00419779-08 «Изделия колбасные вареные».

7. Расчет экономической эффективности показал, что при годовом объеме производства вареных колбас с применением ферментного препарата ТГ в размере 150 тыс. тонн, может быть получена дополнительная масса прибыли в размере 120 тысяч рублей.

Опубликованные работы по теме диссертации.

1. Горбатов С. А., Семенова А. А. Исследования функционально-технологических свойств концентрированных пшеничных белков// Конференция-конкурс научно-инновационных работ молодых ученых и специалистов отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии. - М., 2008. - с.38-40.
2. Горбатов С. А., Семенова А. А. Исследование и сравнительные характеристики аминокислотного состава пшеничных концентратов// Современные биотехнологии переработки сельскохозяйственного сырья и вторичных ресурсов. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. - Углич, 2009. - с.42-44.
3. Горбатов С.А. Изучение особенностей функциональных характеристик и аминокислотного состава пшеничных концентратов // Обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса в современных социально-экономических условиях. Сборник докладов 3-й конференции молодых ученых и специалистов институтов Отделения "Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции" Россельхозакадемии. - М.: ВНИИМП, 2009. - с.107-108.
4. Семенова А.А., Кузнецова Т.Г., Насонова В.В., Горбатов С.А. Влияние трансглутаминазы на качественные характеристики колбас// Мясная Индустрия – М., 05-2010.
5. Semenova A.A., Kuznetsova T.G., Nasonova V.V., Gorbатов S.A. Evalution of the influence of enzymic preparation on quality traits of cooked sausage products // International Congress of Meat Science and Technology. – 2010.
6. Семенова А.А., Насонова В.В., Горбатов С.А. Изучение влияния поваренной соли на эффективность действия трансглутаминазы // Мясная Индустрия – М., 12-2010.
7. Семенова А.А., Туниева Е.К., Горбатов С.А. Перспективы использования трансглутаминазы для производства мясных продуктов// Все о мясе – М., 02-2011.