

На правах рукописи



Пахомова Ольга Николаевна

**РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
ПИЩЕВОГО ОБОГАТИТЕЛЯ ИЗ ЖМЫХА РАПСОВОГО**

Специальность: 05.18.15 – Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Орел-2014

Работа выполнена на кафедре «Технологии, организации и гигиены питания» ФГБОУ ВПО «Орловский государственный институт экономики и торговли»

Научный руководитель: Большакова Лариса Сергеевна кандидат биологических наук, доцент

Литвинова Елена Викторовна доктор технических наук, профессор, академик РАН

Официальные оппоненты: Антипова Людмила Васильевна доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», профессор кафедры «Технологии продуктов животного происхождения »

Сенькина Татьяна Анатольевна кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орловский государственный аграрный университет", кафедра «Технологии мяса и мясных продуктов»

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский»

Защита состоится «26» июня 2014 г. в 16.30 часов на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.182.08 при ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно - производственный комплекс» по адресу: 302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29, ауд. 212.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК» по адресу: 302020, г. Орел, ул. Наугорское шоссе, 29.

Текст автореферата и объявление о защите диссертации размещены в сети Интернет на сайте Минобрнауки РФ [http:// vak.ed.gov.ru](http://vak.ed.gov.ru) «26» апреля 2014 года на сайте ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК» [http:// gu-unpk.ru](http://gu-unpk.ru).

Автореферат разослан «26» мая 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат технических наук



А.П. Симоненкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное продовольственное положение России характеризуется снижением потребления основных видов продовольствия, так как значительная часть населения из-за низкой покупательной способности не может обеспечить себя продуктами питания, необходимыми для поддержания активной и здоровой жизни. Кроме этого организм современного человека, потребляющего все больше рафинированных и подвергнутых глубокой переработке продуктов, испытывает серьезный дефицит белка, витаминов, макро- и микроэлементов и других веществ.

Одним из путей повышения качества продуктов питания и совершенствования структуры питания населения является введение в рацион новых нетрадиционных видов растительного сырья, содержащих в своем составе сбалансированной комплекс белков, липидов, минеральных веществ, витаминов.

Направление развития производства такой продукции в России на сегодняшний день определяется «Стратегией развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года», основными приоритетами в которой закреплены рациональное использование сырьевых ресурсов и внедрение технологических инноваций.

Потенциальным источником растительных физиологически функциональных ингредиентов для пищевой промышленности служат продукты переработки семян крестоцветных масличных культур, в частности, жмых рапсовый. Интерес к нему связан с достижениями в области семеноводства по созданию низкоэруковых и низкоглюкозинолатных сортов.

В настоящее время жмых рапсовый используется, в основном, в кормопроизводстве в качестве добавки для кормления сельскохозяйственных животных. В то же время жмых рапсовый характеризуется наличием таких пищевых функциональных веществ, как белки с полноценным аминокислотным составом, эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) с преобладающим содержанием линоленовой (ω -3) кислоты, пищевые волокна, в значительном количестве холин, ниацин, рибофлавин, фолиевая кислота и тиамин, минеральные вещества - кальций, фосфор, магний, медь и марганец, что свидетельствует о перспективности его использования в пищевой промышленности.

Однако ограничивающим фактором использования жмыха рапсового в качестве функциональной добавки в пищевых продуктах является наличие большого количества клетчатки, которая придает продукту особую прочность, а также снижает его качество и пищевую ценность. Кроме того, антипитательным фактором жмыха рапсового является наличие фитиновых соединений. Из общего фосфора жмыхов рапсовых от 40 до 70% связано с фитином. Фитиновые кислоты жмыхов связывают не только фосфор, они удерживают кальций, блокируют усвоение наиболее ценных белков и аминокислот, затрудняют доступ пищеварительных ферментов к своим субстратам и тем самым существенно снижают переваримость.

Перспективным направлением переработки жмыха рапсового является его биотрансформация с помощью целлюлолитических ферментных препаратов с фитазной активностью, приводящая к уменьшению и размягчению семенных оболочек, высвобождению свободного фосфора из фитина, с сохранением всех полезных свойств исходного сырья. Полученный продукт будет обладать высокой пищевой и биологической ценностью, что дает возможность использовать его в качестве функционального пищевого обогатителя.

Все выше изложенное послужило основанием для выбора темы диссертационной работы.

Степень разработанности. Вопросам использования биоконверсии растительного сырья, а также жмыхов рапсовых и продуктов их переработки в пищевой технологии посвящены работы Т.В. Рензевой, С.В. Трухмана, И. В. Шульвинской., В.Г. Лобанова, В.Г. Щербакова, И. А. Гловой и других авторов.

Цель и задачи исследования. Целью работы является разработка технологии функционального пищевого обогатителя из жмыха рапсового и обоснование целесообразности его использования в производстве функциональных продуктов питания.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Изучить пищевую и биологическую ценность жмыха рапсового и дать оценку его пищевой безопасности;
2. Определить рациональные режимы ферментативного гидролиза жмыха рапсового ферментным препаратом РовабиоTM Макс AP;
3. Разработать рецептуру и технологию приготовления функционального пищевого обогатителя из жмыха рапсового (далее ФПО) «Крупка рапсовая», установить сроки его хранения;
4. Изучить функциональный и технологический потенциал ФПО в сравнении со жмыхом рапсовым;
5. Экспериментально обосновать целесообразность использования ФПО в технологии функциональных продуктов питания;
6. Разработать нормативную документацию на ФПО «Крупка рапсовая» и паштет рыбо-растительный и провести производственную апробацию.

Научная новизна

1. В работе теоретически обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность использования жмыха рапсового, ферментного препарата РовабиоTM Макс AP при производстве ФПО, определены рациональные режимы ферментативного гидролиза для получения продукта с низким содержанием антипитательных соединений.

2. Впервые установлено влияние ферментативного гидролиза на химический состав, биологическую ценность и перевариваемость белков, показатели безопасности и функционально-технологические свойства жмыха рапсового.

3. На основании комплексного изучения состава и свойств ФПО «Крупка рапсовая» дано научное обоснование его использования в технологии функциональных продуктов питания.

4. Теоретически и экспериментально обоснована эффективность применения ФПО «Крупка рапсовая» в технологии функциональных кулинарных изделий из рыбы.

Практическая значимость работы

Полученный в ходе проведенных исследований материал расширяет область практического применения жмыха рапсового и продукта его ферментативной обработки в технологии функциональных продуктов питания.

Опытно-промышленная апробация, проведенная в учебно-производственном комплексе общественного питания ФБГОУ ВПО «Орловского государственного института экономики и торговли» и ОПО «Союз Орловщины» показала воспроизводимость и эффективность новых технологических решений.

Разработан проект технической документации: ТУ 9146 – 026-02537419-13, ТИ 02537419-026, РЦ 02537419-026 на «Крупку рапсовую» (биомодифицированную из жмыха рапсового), ТТК на «Паштет рыбо-растительный».

Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО «Орловского государственного института экономики и торговли», где используются в ходе преподавания дисциплин «Технология диетического и лечебно-профилактического питания», «Функциональное питание».

Апробация работы. Результаты работы доложены и обсуждены на научных конференциях различного уровня, в т.ч.: международной научно-практической конференции «Управление инновациями в торговле и общественном питании» (Орел, 2010г); VI Международной научно-практической интернет-конференции «Технология и продукты здорового питания» (Саратов, 2011г); VI Международной научно-практической интернет-конференции «Потребительский рынок: качество и безопасность продовольственных товаров (Орел, 2011); II Международной научно-практической конференции «Направления развития технологии, организации и гигиены питания в современных условиях» (Орел, 2012г); I Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности» (Краснодар, 2012г); XVI Всероссийском Конгрессе диетологов и нутрициологов с международным участием «Питание и здоровье» (Москва, 2012г); VI Международной научно-практической конференции «Технология и продукты здорового питания» (Саратов, 2012г); Всероссийской конференции молодых ученых «Наука и инновации XXI века» (Сургут, 2012г); Международной научно-практической конференции «Наука о питании: технологии, оборудование, качество и безопасность пищевых продуктов, посвященная 100- летию "СГАУ им. Н.И. Вавилова"» (Саратов, 2013); III Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 100-летию со дня рождения Н.И.Ковалева «Проблемы и приоритеты направления развития технологии, организации и гигиены

питания» (Орел, 2013г); III Международной научно-практической интернет-конференции «Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России» (Орел, 2013г); Международном Конгрессе «Питание и здоровье» (Москва 2013г).

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 16 работ, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, содержащей результаты исследований, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 162 страницах, включает 35 рисунков, 54 таблицы и 9 приложений. Список литературы содержит 156 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении обоснована актуальность проблемы, сформулирована цель работы, определены задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость проведенных исследований.

В главе 1 «Обзор литературы» рассмотрена характеристика жмыхов масличных культур в аспекте перспективности их использования для нужд пищевой промышленности. Проведен сравнительный анализ химического состава и антипитательных веществ жмыхов масличных культур и способов их удаления. Представлены результаты литературного и патентного поиска, посвященного вопросам получения продуктов из жмыхов масличных культур и их использования в пищевых технологиях. Освещена тема применения ферментных препаратов при биоконверсии продуктов переработки жмыхов масличных культур и актуальность производства рыбного фарша и изделий из него.

Установлено, что в изученной литературе отсутствует информация о совместном использовании жмыха рапсового и ферментного препарата Ровабио™ Макс AP для получения функционального пищевого обогатителя. Это указывает на научный и практический интерес выбранной темы диссертационной работы.

Во главе 2 «Организация работы, объекты и методы исследования» представлена общая схема экспериментальных исследований (рис.1), дано описание объектов и используемых методов. Объектами исследования в работе являлись: жмых рапсовый повышенной масличности производства ОАО «Орелрастмасло» (ТУ 9146-005-00336527-2005); ферментный препарат Ровабио Макс AP (производство – Франция, Endo-1,4- β -xylanase -14000 АХС-ед./г, Endo-1,3(4)- β -glucanase -2000 АGL-ед./г, 6-Phytase-10000 FTU-ед./г); крупка рапсовая (биомодифицированная из жмыха рапсового) по ТУ 9146– 026-02537419-13; контрольный и модельные фарши, готовые изделия из рыбо-растительного сырья.

При проведении экспериментальных исследований использовали следующие методы: массовую долю сырой клетчатки в обезжиренном продукте по ГОСТ Р 52839-2007; общую деформацию сжатия, предельное напряжение сдвига, адгезию определяли на приборе «Структурометр СТ-1»; содержание

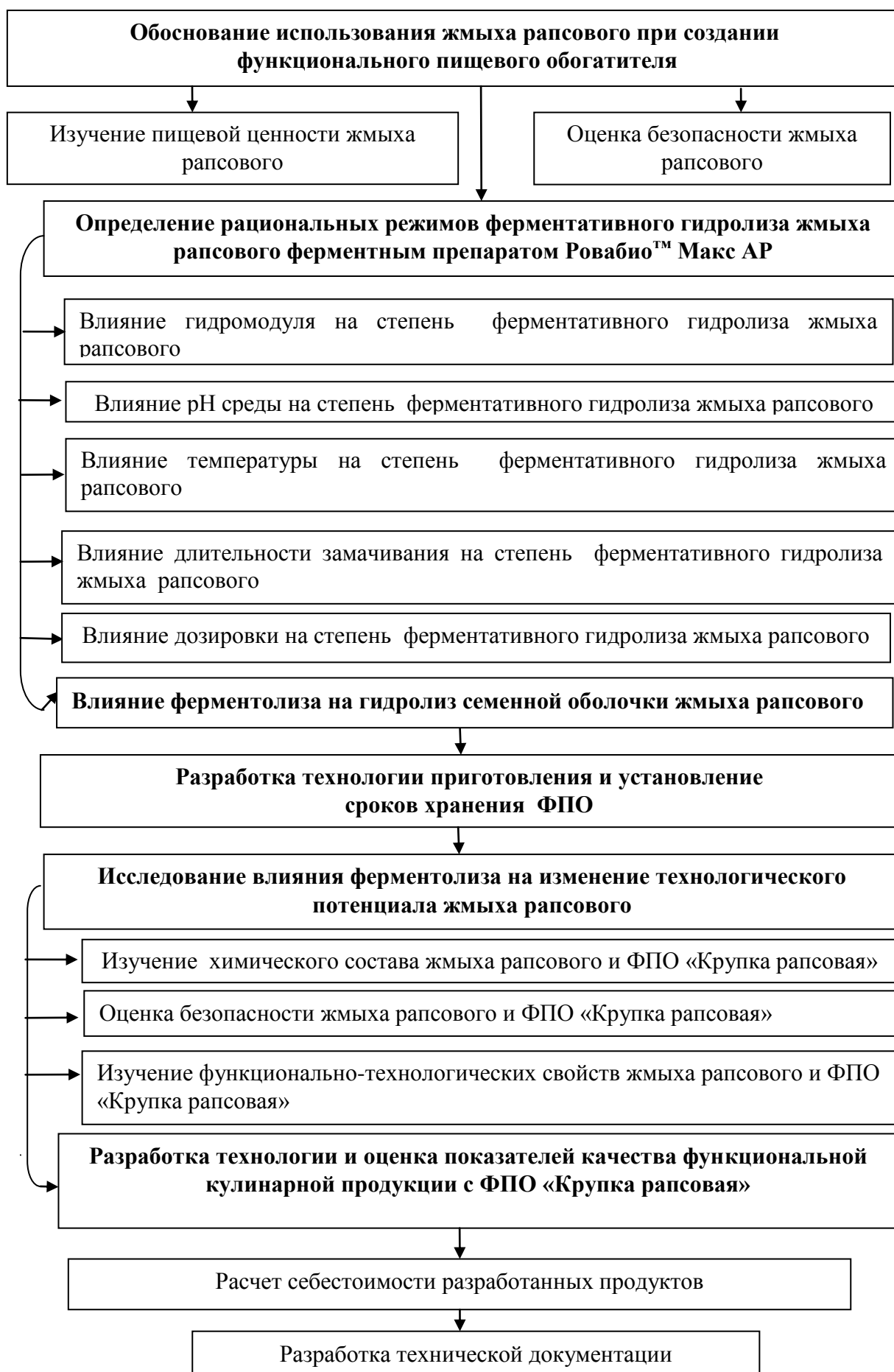


Рисунок 1 -Схема экспериментальных исследований

свободного фосфора по методике Ермакова А.И., изложенной в «Методах биохимического исследования растений»; перевариваемость белков определяли методом Ансона; определение водоудерживающей способности пресс-методом Grau P., Hamm R в модификации Воловинской В.П. и Кельман В.Я.; определение влагосвязывающей, жирудерживающей, эмульгирующей способности и стабильности эмульсий методами, изложенными в работах Антиповой Л.В., Трухмана С.В., Салихова А.Р. Достоверность экспериментальных данных оценивали методами математической статистики с использованием прикладных программ «Microsoft Excel».

Глава 3. Результаты исследования и их анализ. С целью обоснования целесообразности использования жмыха рапсового при создании функционального пищевого обогатителя изучены его пищевая и биологическая ценность, а также дана оценка его безопасности.

Анализ химического состава жмыха рапсового показал, что данное сырье характеризуется высоким содержанием протеина (38,87%), из углеводов - сырой клетчатки (13,7%) и гемицеллюлозы (12,6%), макроэлементов, таких, как кальций (744 мг/100г), фосфор (875 мг/100г, из них 498 мг/100г – свободного фосфора), калий (1240,39 мг/100г), магний (461,04 мг/100г). Из микроэлементов превалирует содержание железа (59714,60 мкг/100г), марганца (4829,86 мкг/100г) и цинка (5280,74 мкг/100г).

Жмых рапсовый содержит природный антиоксидант – токоферол (витамин Е -1,32 мг/100г) и витамины группы В (превалируют В₄- 433,59 мг/100г, В₅-10,81 мг/100г, В₃-1,33 мг/100г, В₆-1,27 мг/100г).

Полученные экспериментальные данные аминокислотного состава жмыха рапсового, свидетельствуют о высокой биологической ценности его белков (77,15%), поскольку в нем идентифицированы все незаменимые аминокислоты. Рапсовый жмых содержит значительные количества таких незаменимых аминокислот как лейцин, лизин, заменимых аминокислот - аспарагиновой и глутаминовой кислоты, пролина, аланина, аргинина и глицина.

Расчет аминокислотного сора жмыха рапсового показал, что лимитирующими аминокислотами являются изолейцин, метионин и цистин.

Основные растворимые фракции белков жмыха рапсового представлены альбуминами и глобулинами, относящимися к перевариваемым организмом человека белкам, общее содержание которых достигает 66%, а также обладающими функционально-технологическими свойствами.

Жмых рапсовый имеет ценный жирно-кислотный состав. Его выгодно отличает низкое содержание насыщенных жирных кислот (прежде всего миристиновой, пальмитиновой, стеариновой, арахиновой и бегеновой) и высокое ненасыщенных жирных кислот, в том числе эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот семейств омега-3 и омега-6 (соотношение 1:3).

С целью анализа пищевой безопасности жмыха рапсового повышенной масличности нами совместно с ФГУ «Орловским референтным центром Россельхознадзора» было исследовано содержание токсичных элементов, микотоксинов, пестицидов, радионуклидов и микробиологические показатели

в соответствии с «Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)». В качестве регламентируемого был выбран индекс 9.1 «Изоляты, концентраты, гидролизаты и текстураты растительных белков; пищевой шрот и мука с различным содержанием жира из семян бобовых, масличных и нетрадиционных культур». Установлено, что жмых рапсовый соответствует предъявляемым требованиям нормативной документации и может быть использован в качестве сырья для пищевой промышленности.

Фактором, ограничивающим использование рапса и продуктов его переработки в пищевой промышленности, является наличие в нем эруковой кислоты и глюкозинолатов. Общее содержание изотиоцианатов и эруковой кислоты в жмыхе рапсовом (табл. 1) говорит о том, что сорта, из которых он получен («Ратник», «Неман», «Хидалго», «Сиеста» «Сальса»), относятся к низкоглюкозинолатным и низкоэруковым, что может гарантировать безопасность исследуемого жмыха рапсового.

Таблица 1 - Содержание антипитательных веществ в жмыхе рапсовом повышенной масличности

Наименование вещества	Значение по ТУ 9146-00336527-2005, не более	Фактическое значение
Массовая доля изотиоцианатов в пересчете на абсолютно сухое и обезжиренное вещество, %	0,8	0,24
Массовая доля эруковой кислоты, %, в жире	5	0,20

Исследования качества жмыха рапсового были дополнены проверкой на токсичность биотестированием на инфузориях стилонихиях (*Stylonychia mytilus*). Она показала, что исследуемый образец жмыха рапсового абсолютно не токсичен, что подтверждается большим процентом выживаемости инфузорий *Stylonychia mytilus* как в ацетоновом (114%), так и в водном (103%) экстрактах.

Как видно из проведенных экспериментальных исследований, жмых рапсовый обладает как функциональным, так и технологическим потенциалом и абсолютно безопасен.

На следующем этапе для снижения содержания в жмыхе рапсовом большого количества клетчатки (13,7%) и фитинового фосфора (до 43%) проводили его ферментативный гидролиз. Целесообразность выбора ферментного препарата РовабиоTM Макс AP для создания ФПО была основана высокой целлюлазной в сочетании с фитазной активностью (Endo-1,4- β -xylanase -14000 АХС-ед./г, Endo-1,3(4)- β -glucanase -2000 АGL-ед./г, 6-Phytase-10000 FTU-ед./г). Его использование позволит частично гидролизовать матрикс клеточных стенок семенных оболочек жмыха рапсового и тем самым размягчить их, перевести в доступное состояние фосфор в конечном продукте. Кроме того этот ферментный препарат доступен на российском рынке.

С целью рационального использования ферментного препарата и установления рациональных режимов ферментации, а также повышения экономичности технологического процесса исследовали влияние параметров ферментализа: гидромодуля, рН, температуры, времени и дозировки на степень гидролиза жмыха рапсового. О степени гидролиза судили по изменению массовой доли сырой клетчатки, общей деформации сжатия и по количеству свободного фосфора.

Исследование влияния гидромодуля проводили при изменении соотношения жмыха рапсового и воды 1:2, 1:3, 1:4 при рН-5,0, температуре замачивания 50°C, длительности замачивания 180 мин и дозировке ферментного препарата 0,05% к массе жмыха рапсового по сухому веществу. В качестве контроля использовали жмых рапсовый, замоченный без ферментного препарата с добавлением цитратного буфера для поддержания требуемого рН раствора. В результате экспериментальных исследований выяснили, что наименьшей массовой доли клетчатки (12,45%) и максимальных значений общей деформации сжатия (1,29 мм) и свободного фосфора (542 мг/100г) жмых рапсовый достигает при гидромодуле 1:3, дальнейшее увеличение гидромодуля считали нецелесообразным.

Исследование влияния рН среды проводили при значениях рН-4,5, 5,0 и 5,5, гидромодуле 1:3, температуре замачивания 50°C, длительности замачивания 180 мин и дозировке ферментного препарата 0,05% по отношению к сухому веществу жмыха рапсового. Активную кислотность изменяли с помощью лимонной кислоты, а поддерживали цитратным буфером. В результате экспериментальных исследований определили, что наибольшую активность ферментный препарат Ровабио™ Макс АР проявляет при рН-5,5, так при данной активности наблюдается максимальное снижение массовой доли сырой клетчатки на 9,56%, увеличение общей деформации сжатия на 37,89% и содержания свободного фосфора на 11,04%, соответственно.

Исследование влияния температуры на степень гидролиза жмыха рапсового проводили при температуре воды 45, 50 и 55°C, гидромодуле 1:3, рН-5,5, длительности замачивания 180 мин и дозировке ферментного препарата 0,05% по отношению к сухому веществу жмыха рапсового. По результатам исследований установили оптимальную температуру гидролиза жмыха рапсового 40°C.

Исследование влияния длительности гидролиза проводили при длительности замачивания 120, 180 и 240 мин при гидромодуле 1:3, рН-5,5, температуре замачивания 40°C, дозировке ферментного препарата 0,05% по отношению к сухому веществу жмыха рапсового. Результаты эксперимента показали, что минимальную массовую долю сырой клетчатки (11,7%) и максимальные значения общей деформации сжатия (1,33мм) и содержания свободного фосфора (706 мг/100г) жмых рапсовый достигает через 180 мин с ферментным препаратом Ровабио™ Макс АР.

Исследование влияния дозировки проводили при содержании ферментного препарата 0,025%, 0,05% и 0,075% к массе сухого вещества жмыха, гидромодуле 1:3, рН-5,5, температуре замачивания 40°C, длительности

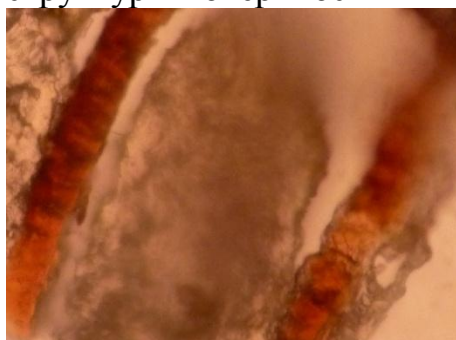
замачивания 180 мин. По результатам исследований рациональной выбрали дозировку 0,05% к массе сухого вещества сырья.

На основании проведенных исследований и математической обработки экспериментальных результатов были определены оптимальные параметры ферментативного гидролиза жмыха рапсового ферментным препаратом Ровабио™ Макс АР (табл. 2), при которых по сравнению с контролем максимально уменьшается массовая доля сырой клетчатки на 14,60% и составляет (11,72г/100г) и увеличиваются значения общей деформации сжатия на 40% (1,33мм) и содержание свободного фосфора на 41,77% (706 мг/100г) соответственно.

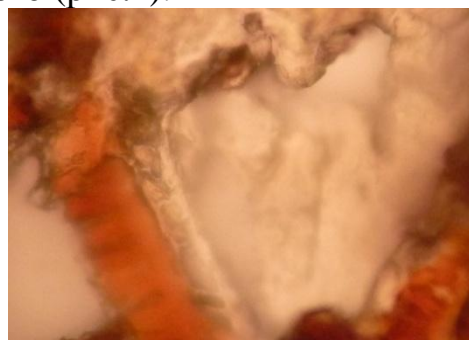
Таблица 2 - Рациональные параметры ферментативного гидролиза жмыха рапсового

Параметры гидролиза	Режимы гидролиза
Гидромодуль	1:3
рН, ед. прибора	5,5
Температура замачивания, °С	40
Длительность замачивания, мин	180
Дозировка, %	0,05

С помощью информационно-измерительной системы, состоящей из светооптического микроскопа (Olympus CX41), компьютера и цифровой фотокамеры были получены изображения срезов жмыха рапсового до и после ферментативной обработки, дающие представление о характере изменения структуры поверхности жмыха рапсового (рис.2).



а) до ферментативного гидролиза (x40)



б) после ферментации ферментным препаратом Ровабио™ Макс АР (x40)

Рисунок 2 - Микрофотографии среза жмыха рапсового

Как видно из рис.2, вносимый при замачивании жмыха рапсового ферментный препарат Ровабио™ Макс АР воздействует на компоненты периферических слоев семенной оболочки жмыха рапсового, осуществляет мягкий гидролиз гемицеллюлоз и изменяет структуру целлюлозы, которая переходит из кристаллического состояния в аморфное, при этом способствует более быстрому движению влаги за счет диффузионного переноса. Разрыхляется структура жмыха рапсового, образуются микротрещины, что подтверждается увеличением общей деформации сжатия на 40%.

В связи со снижением прочности жмыха рапсового в процессе ферментализации, считали целесообразным изучить изменение затрат мощности оборудования при диспергировании продуктов. В результате полученных данных можно утверждать, что нагрузка на электродвигатель при измельчении продукта ферментативного гидролиза жмыха рапсового снижается на 43,14% по сравнению с исходным сырьем, а следовательно усилие на диспергирование происходит с наименьшей затратой энергии и снижением потерь биологически значимых веществ.

На основании научно-обоснованных экспериментальных данных были разработаны рецептура (табл. 3) и технология приготовления ФПО (рис. 3), получившего торговое название «Крупка рапсовая» (ТУ 9146– 026-02537419-13).

Таблица 3- Рецептура БПЖР «Крупка рапсовая»

Наименование	Содержание сухих веществ, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг	
		в натуре	в пересчете на сухое вещество
1	2	3	4
Жмых рапсовый	91,17	1000,0	911,7
Ферментный препарат «Ровабио™ Макс АР»	97,0	0,47	0,46
Лимонная кислота	92,5	81,07	74,99
Цитрат натрия	99,00	99,49	98,5
Итого		1181,03	1085,65
Выход	91	1000,0	910,0

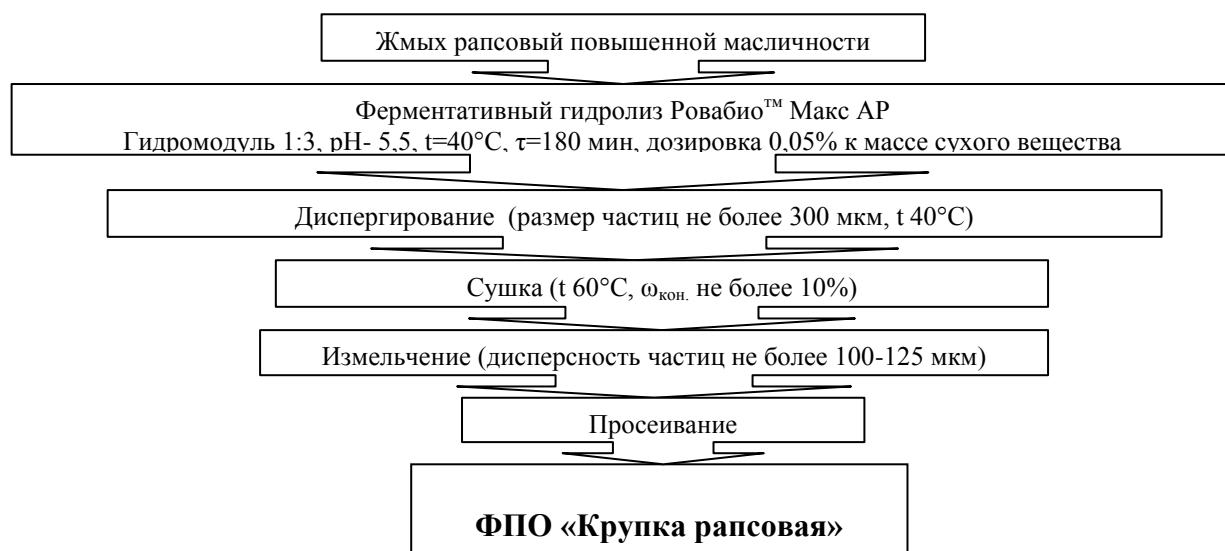


Рисунок 3– Технологическая схема производства ФПО «Крупка рапсовая»

Проводимые исследования потребительских свойств показали, что разработанная «Крупка рапсовая» по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует всем требованиям нормативной документации. Срок хранения ФПО «Крупка рапсовая» составляет 4 месяца при температуре 20°C и относительной влажности воздуха не более 70%.

Поскольку температурное, ферментативное и механическое воздействие могут привести к изменению состава жмыха рапсового, на следующем этапе считали целесообразным изучить химический состав, фракционный состав и перевариваемость белков, а также функционально-технологические свойства ФПО «Крупка рапсовая». По полученным экспериментальным данным можно утверждать, что в процессе ферментализации количество белка снизилось для «Крупки рапсовой» на 7,05%, целлюлозы – на 14,45%, гемицеллюлозы – на 15%, количество жира увеличилось на 22,15%, содержание усвояемого фосфора – на 41,77%, по сравнению с исходным сырьем – жмыхом рапсовым. Витаминный и минеральный состав «Крупки рапсовой» практически не отличается от жмыха рапсового.

На фоне общего снижения белка в результате ферментализации параметры аминокислотной сбалансированности белков изменяются незначительно: биологическая ценность «Крупки рапсовой» повышается на 1,34% и достигает 78,18%, происходит незначительное снижение количества водорастворимой фракции белка на 5,5%, солерастворимой фракции белка на 4,1%, щелочерастворимой фракции белка на 9,95%, нерастворимого остатка на 12,33%. За счет увеличения количества свободного жира в «Крупке рапсовой», количественное содержание жирных кислот возрастает.

Результаты исследования (рис.4) позволяют говорить о том, что ферментативный гидролиз жмыха рапсового способствует увеличению перевариваемости белков «Крупки рапсовой».

Изучив влияние ферментализации на функционально-технологические свойства жмыха рапсового и «Крупки рапсовой», было выявлено небольшое снижение влагоудерживающей и влагосвязывающей способности (ВУС и ВСС соответственно), увеличение жироудерживающей способности (ЖУС) (рис.5) и жирозэмульгирующей способности (ЖЭС) «Крупки рапсовой» по сравнению с исходным сырьем.

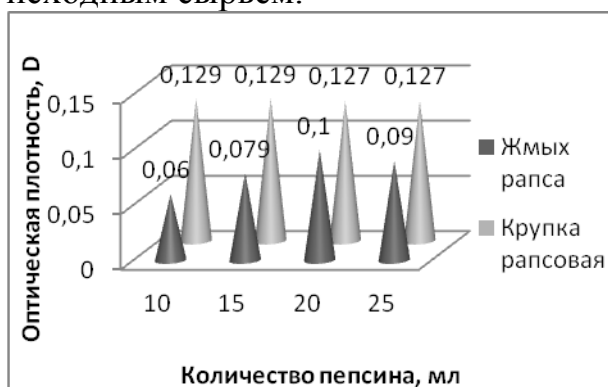


Рисунок 4 - Влияние ферментативного гидролиза на перевариваемость белков жмыха рапсового

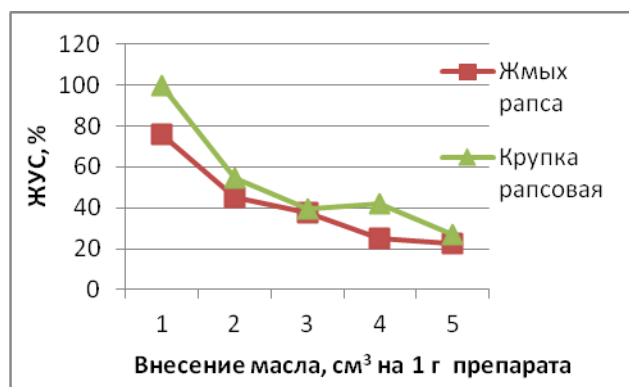


Рисунок 5 - Жироудерживающая способность жмыха рапсового и «Крупки рапсовой»

Эмульгирующая способность и стабильность эмульсии разработанного продукта практически не изменилась по сравнению со жмыхом рапсовым.

Таким образом, анализ химического состава и функционально-технологических свойств «Крупки рапсовой» позволяет рекомендовать использовать ее в технологии функциональных продуктов питания.

Как следует из обзора литературы, жмыхи масличных культур и продукты их переработки используются в технологии хлебобулочных, кондитерских изделий, но не нашли пока применения в технологии мясных и рыбных продуктов. Поэтому было решено изучить возможность использования «Крупки рапсовой» в технологии рыбных кулинарных изделий. Как известно, рыба является источником полноценных, легкоусвояемых белков, кальция, фосфора, витаминов. Однако в рыбе отсутствуют пищевые волокна, некоторые витамины, микроэлементы, которые содержатся, к примеру, в растительном сырье. Это позволяет путем комбинирования создать продукт, способствующий оптимизации рецептуры по основным ингредиентам и удовлетворяющий дифференцированным требованиям функционального питания. Введение «Крупки рапсовой», обладающей разнообразным химическим составом и высокими функционально-технологическими свойствами, в рецептуру рыбных фаршей позволит изменить не только пищевую ценность, но и улучшить структуру и консистенцию готовых кулинарных изделий, а также снизить их себестоимость.

В качестве объектов исследования из рыбного сырья была выбрана пикша, которая постоянно представлена в торговых сетях и имеет относительно невысокую стоимость.

Для определения оптимальных технологических параметров производства рыбо-растительного фарша были изучены условия предварительной подготовки «Крупки рапсовой», предполагающей ее замачивание в воде. Результаты влияния гидромодуля и времени замачивания на влагосвязывающую способность «Крупки рапсовой» представлены на рис.6. Данные эксперимента по изучению зависимости коэффициента набухания «Крупки рапсовой» от времени представлены на рис.7. Наиболее интенсивно набухание происходит в первую минуту, при этом коэффициент набухания достигает значения 1,1. При увеличении времени контакта «Крупки рапсовой» с водой с 5 до 10 минут набухание достигает максимального значения 1,11 и в дальнейшем не изменяется, то есть «Крупка рапсовая» перестает увеличиваться в объеме. Таким образом, оптимальными параметрами подготовки «Крупки рапсовой» были выбраны: гидромодуль - 1:2, время набухания - 10 мин.

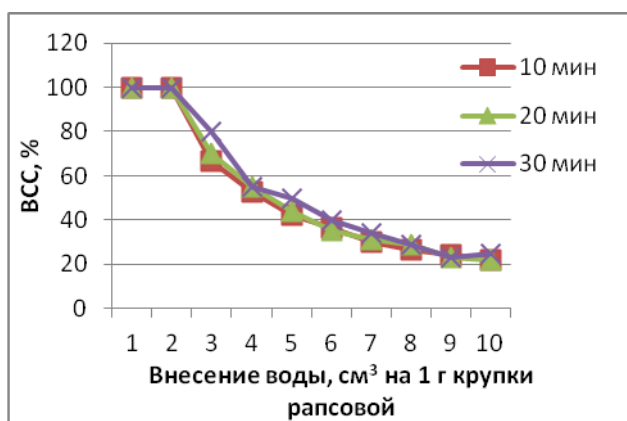


Рисунок 6 – Влияние гидромодуля и времени замачивания на влагосвязывающую способность «Крупки рапсовой»

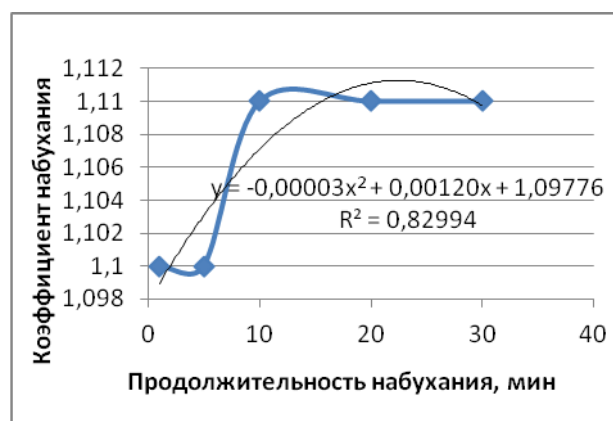


Рисунок 7 - Зависимость коэффициента набухания от продолжительности замачивания «Крупки рапсовой»

Для определения оптимального рецептурного количества гидратированной «Крупки рапсовой» изучали влияние дозировки последней на влагоудерживающую и влагосвязывающую способность модельных фаршей, характеристика которых приведена в табл. 4. Результаты исследования функционально-технологические свойства рыбных фаршей представлены на рисунках 8, 9.

Таблица 4 - Характеристика образцов фаршей

Название образца	Характеристика образца
Контроль	Рыбный фарш из пикши
Образец 1	20% набухшей «Крупки рапсовой»
Образец 2	25% набухшей «Крупки рапсовой»
Образец 3	30% набухшей «Крупки рапсовой»
Образец 4	35% набухшей «Крупки рапсовой»

Как видно из представленных экспериментальных данных максимальные значения ВУС (78,71%), ВСС (97,64%) достигаются при введении в рыбный фарш 30% гидратированной «Крупки рапсовой». Это позволяет прогнозировать меньшие потери массы полуфабрикатов при тепловой обработке.

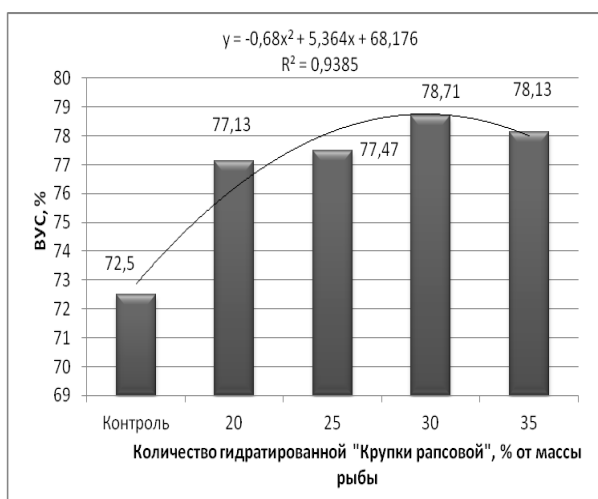


Рисунок 8- Влияние количества гидратированной «Крупки рапсовой» на ВУС рыбного фарша

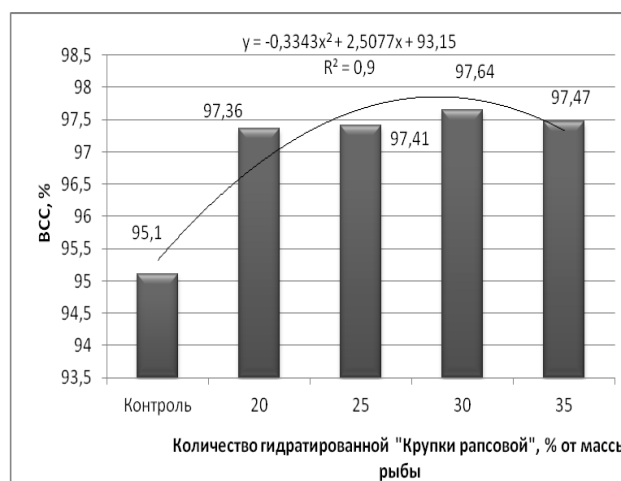


Рисунок 9 - Влияние количества гидратированной «Крупки рапсовой» на ВСС рыбного фарша

Далее проводили сравнительную органолептическую оценку кулинарных изделий из модельных фаршей, которая позволила в комплексе с изученными функционально-технологическими свойствами выбрать в качестве объекта для дальнейших исследований оптимальный образец модельного рыбо-растительного фарша с 30% гидратированной «Крупкой рапсовой».

Для разработки рецептуры паштета определяли потери при тепловой обработке рыбных фаршей в пароконвектомате UNOX XB/XV. Установлено, что введение в рыбный фарш «Крупки рапсовой» способствует уменьшению потерь массы при тепловой обработке на 4% по сравнению с контролем (рецептура №92 «Паштет рыбный»). С учетом определенных потерь при

тепловой обработке рассчитана рецептура «Паштета рыбо-растительного», приведенная в табл.5., также разработана технология приготовления паштета.

Таблица 5. - Паштет рыбо-растительный

Продукты	Масса	
	Брутто, г	Нетто, г
Пикша потрошенная обезглавленная	123	90 ¹
Вода	18	18
Крупка рапсовая	9	9
Масло сливочное		-
Масса полуфабриката		117
Выход, г		100

Примечания: ¹ - масса филе с кожей без реберных костей (отходы и потери при холодной обработке пикши на филе с кожей без реберных костей составляют 27% к массе брутто)

Сравнительная оценка предельного напряжения сдвига и адгезионной способности контрольного и разработанного рыбо –растительного паштетов (рис.10), показала, что замена масла сливочного на гидратированную «Крупку рапсовую» практически не влияет на структурно-механические свойства паштета.

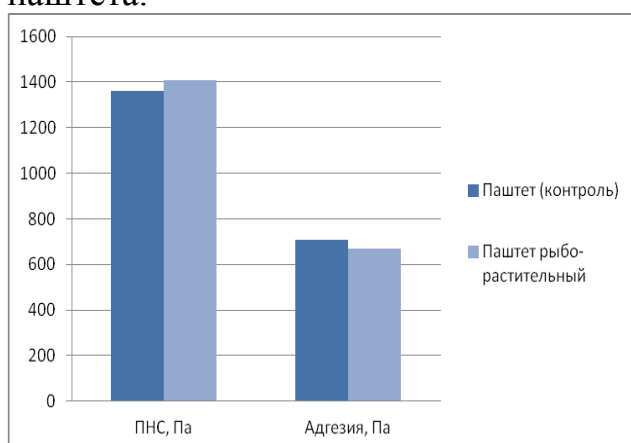


Рисунок 10 –Структурно-механические свойства паштетов

По результатам органолептической оценки паштетов по ГОСТ Р ИСО 8588-2008 по методу «А» не «А» установили, что разработанный «Паштет рыбо-растительный» по вкусу и консистенции не уступает традиционному пашкету рыбному.

На следующем этапе изучали показатели качества «Паштета рыбо-растительного».

Расчет химического состава и интегрального сора (табл.6) показал, что за счет 100 г «Паштета рыбо-растительного» удовлетворение потребности в белке достигает 24%, калии – 10%, магнии -17%, фосфоре -20%, железе –41%, йоде -38%.

Кроме того, замена сливочного масла на гидратированную «Крупку рапсовую» позволяет исключить из продукта холестерин и дополнительно обогатить его пищевыми волокнами (15% суточной потребности).

Таким образом, добавление в рецептуру рыбного паштета «Крупки рапсовой» привело к обогащению его функциональными пищевыми ингредиентами в количестве, обеспечивающем восполнение имеющегося в организме человека дефицита питательных веществ (не менее 15% от суточной потребности), что позволяет рекомендовать применение «Паштета рыбо-растительного» в функциональном питании.

Таблица 6 - Интегральный скор паштетов рыбных (100 г готового паштета)

Пищевые вещества	Суточная потребность (МР 2.3.1.2432-08)	Интегральный скор, %	
		Рецептура №92 «Паштет рыбный (контроль)»	Паштет рыбо-растительный
Белки, г	73	16,83	24,12
Жиры, г	83	16,59	0,85
Углеводы, г	365	0,06	0,94
Пищевые волокна, г	20	0	15
Na, мг	2400	5,78	4,36
K, мг	3500	6,27	10,35
Ca, мг	1000	1,83	1,70
Mg, мг	400	6,34	17,15
P, мг	1000	13,15	20,98
Fe, мг	14	3,69	41,18
J, мкг/100г	150	31,8	38,68
A, мг	0,9	12,5	0,3
B ₁ , мг	1,5	3,6	6,67
B ₂ , мг	1,8	7	8,64
PP, мг	18	11,37	13,5
Энергетическая ценность, ккал	2800	6,93	3,13

В таблице 7 представлена характеристика расчетных показателей биологической ценности белка паштетов рыбных. Значение биологической ценности разработанного «Паштета рыбо-растительного» выше на 5% по сравнению с контролем. Это позволяет отнести его к кулинарной продукции с повышенной (по сравнению с традиционной рецептурой) биологической ценностью.

Таблица 7 - Показатели качества белка паштетов рыбных

Показатель	Рецептура №92 «Паштет рыбный (контроль)»	Паштет рыбо-растительный
Коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), %	17,69	12,42
Биологическая ценность белков (БЦ), %	82,31	87,58
Коэффициент утилитарности аминокислотного состава (U)	0,84	0,89
Показатель «сопоставимой избыточности), г/100 г белка (σn)	-35,57	-35,59

По показателям безопасности и микробиологическим показателям «Паштет рыбо-растительный» отвечает «Единым санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)» для индекса 3.3.9 «Кулинарные изделия с термической обработкой: паштеты отварные».

Результаты расчета себестоимости показали, что себестоимость разработанного «Паштета рыбо-растительного» уменьшилась на 33% по сравнению с контролем. Это объясняется заменой в традиционном рыбном

паштете более дорогостоящего сырья - масла сливочного (219 руб/кг) на более дешевое - «Крупку рапсовую» (22,02 руб/кг) и указывает на экономическую целесообразность их производства.

ВЫВОДЫ

1. Изучены пищевая и биологическая ценность жмыха рапсового. Определено, что данное сырье характеризуется значительным содержанием протеина, пищевых волокон, микроэлементов, витаминов (токоферол и витамины группы В). Белки жмыха рапсового обладают высокой биологической ценностью (77,15%), поскольку в нем идентифицированы все незаменимые аминокислоты. Жмых рапсовый имеет ценный жирно-кислотный состав с преобладанием ненасыщенных жирных кислот, в том числе эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот семейств омега-3 и омега-6 (соотношение 1:3). Установлено, что по показателям безопасности жмых рапсовый соответствует предъявляемым требованиям нормативной документации и может быть использован в качестве сырья для пищевой промышленности.

2. На основании проведенных исследований и математической обработки результатов определены рациональные режимы ферментативного гидролиза жмыха рапсового ферментным препаратом РовабиоTM Макс AP. Процесс следует проводить при следующих условиях: температура раствора - 40°C; гидромодуль - 1:3; время выдерживания - 180 минут; pH раствора - 5,5; дозировка ферментного препарата - 0,05% к массе сухого вещества жмыха рапсового.

3. Разработаны рецептура и технология приготовления функционального пищевого обогатителя из жмыха рапсового «Крупка рапсовая». Срок хранения ФПО «Крупка рапсовая» составляет 4 месяцев при температуре 20°C и относительной влажности воздуха не более 70%.

4. В процессе ферментализации в ФПО «Крупка рапсовая» снизилось количество белка на 7,05%, целлюлозы – на 14,45%, количество жира увеличилось на 22,15%, содержание усвояемого фосфора – на 41,77%, витаминный и минеральный состав практически не изменился по сравнению с исходным сырьем – жмыхом рапсовым. Биологическая ценность «Крупки рапсовой» повысилась на 1,34% и достигла 78,18%. Ферментативный гидролиз жмыха рапсового способствовал увеличению перевариваемости белков. Выявлено небольшое снижение влагоудерживающей и влагосвязывающей способности, увеличение жиродерживающей способности и жироземмульгирующей способности «Крупки рапсовой» по сравнению с исходным сырьем.

5. Установлено, что использование ФПО «Крупка рапсовая» в технологии кулинарной продукции из рыбы позволяет получить продукт по органолептическим показателям не уступающий контрольному образцу, по показателям безопасности соответствующий допустимым нормам, имеющий более низкую себестоимость, чем контрольный образец. Высокая пищевая и биологическая ценность разработанного рыбо-растительного паштета дает возможность отнести его к функциональным продуктам питания. В качестве физиологически функциональных ингредиентов паштет содержит, % от

суточной потребности: белок (24%), пищевые волокна (15%), калий (10%), магний (17%), фосфор (20%), железо (41%), йод (38%).

6. На основании проведенных исследований разработана техническая документация: ТУ 9146 – 026-02537419-13, ТИ 02537419-026, РЦ 02537419-026 на «Крупку рапсовую» (биомодифицированную из жмыха рапсового), ТТК на «Паштет рыбо-растительный».

Список опубликованных работ по теме диссертации:

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Пахомова, О.Н. Применение ферментативного гидролиза при получении биомодифицированного продукта жмыха рапсового с низким содержанием антипитательных соединений [Текст] / О.Н. Пахомова, С.Ю. Кобзева, Е.В. Литвинова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов.- 2014. - №2(8).- С.14-20.
2. Пахомова, О.Н. Использование продукта ферментативного гидролиза жмыха рапсового в технологии функциональных кулинарных изделий [Текст] / О.Н. Пахомова, Л. С. Большакова, В.В. Румянцева// Вестник ОрелГИЭТ.-2014. - №1(27). - С.
3. Литвинова, Е.В. Влияние различных способов и режимов подготовки сырья на технологические свойства рыборастворительных фаршей [Текст] / Е.В. Литвинова, Р.С. Музалевская, С.Ю. Кобзева, О.Н. Пахомова // Хранение и переработка сельхозсырья.- 2011.- №3.- С. 43-44.
4. Литвинова, Е.В. Компьютерная оптимизация ингредиентного состава рыборастворительных композиций [Текст] / Е.В. Литвинова, С.Ю. Кобзева, О.Н. Пахомова // Известия вузов. Пищевая технология.- 2011. - №1(319). - С.32-33.

Статьи в сборниках научных работ

1. Литвинова, Е.В. Характеристика жмыхов масличных культур в аспекте их возможности использования в пищевой промышленности [Текст] / Е.В. Литвинова, О.Н. Пахомова // Направления развития технологии, организации и гигиены питания в современных условиях: сборник материалов II Международной научно-практической конференции, 21-22 мая 2012г. – Орел: Орел ГИЭТ, 2012.- С. 233-236.
2. Пахомова, О.Н. Исследование токсичности жмыха рапсового повышенной масличности [Текст] / О.Н. Пахомова, Е.И. Бурцева, В.Н. Рыжих // Технология и продукты здорового питания: материалы VI международной научно-практической конференции, 22-28 ноября 2012г.- Саратов.- С. 141-142.
3. Пахомова, О.Н. Жмых рапсовый повышенной масличности - потенциальное сырье для расширения сырьевой базы пищевой промышленности [Текст] / О.Н. Пахомова, О.А. Зайцева, В.Н. Рыжих // Питание и здоровье: XVI Всероссийский Конгресс диетологов и нутрициологов с международным участием, 3-5 декабря 2012г. - Москва, 2012.– С.108.
4. Пахомова, О.Н. Оценка показателей безопасности жмыха рапсового повышенной масличности [Текст] / О.Н. Пахомова, Н.М. Ковач, Е.Л. Гущина, Н.В. Михалева // Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей

промышленности: мат. I международной научно-практической конференции, 20-22 ноября 2012г.- Краснодар: Изд. КубГТУ, 2013. – С.709-713.

5. Пахомова, О.Н. Анализ безопасности жмыха рапсового как сырья для пищевой промышленности [Текст] / О.Н. Пахомова, Н.Д. Жмурина // Проблемы и приоритеты направления развития технологии, организации и гигиены питания: сборник материалов III Международ. научно-практич. конференции молодых ученых, посвященной 100-летию со дня рождения Н.И.Ковалева: 8 апреля 2013г. - Орел ГИЭТ, 2013.- С.

6. Пахомова, О.Н. Характеристика показателей безопасности жмыха рапсового повышенной масличности [Текст] / О.Н. Пахомова // Наука о питании: технологии, оборудование и безопасность пищевых продуктов: материалы международ. научно-практич. конференции, 13-14 марта 2013 г. - Саратов, 2013.–С.150-151.

7. Литвинова, Е.В. Оценка безопасности продукта ферментативной обработки жмыха рапсового [Текст] / Е.В. Литвинова, О.Н. Пахомова // Приоритеты и научное обеспечение реализации государственной политики здорового питания в России: III Международ. научно-практич. интернет-конференция, 15 ноября – 15 декабря 2013 г.- Орел, Госуниверситет-УНПК, 2013. –С.57-59.

8. Пахомова, О.Н. Влияние ферментолиза на параметры аминокислотной сбалансированности белков жмыха рапсового [Текст] / О.Н. Пахомова, Е.В. Литвинова, В.В. Румянцева // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы Международ. научно-технич. конференции, 3-4 декабря 2013 г.- Воронеж, 2013. –С. 644-646.

9. Литвинова, Е.В. Обоснование использования жмыха рапсового для создания гидролизата с низким содержанием антипитательных соединений [Текст] / Е.В. Литвинова, О.Н. Пахомова, В.В. Румянцева // Питание и здоровье: материалы Международного Конгресса, 13-15 декабря 2013г.- Москва, 2013.– С.78.

10. Пахомова, О.Н. Технологические характеристики комбинированных фаршевых кулинарных изделий [Текст] / О.Н. Пахомова, С.Ю. Кобзева, Е.В. Литвинова, Л.С. Большакова // Управление инновациями в торговле и общественном питании: материалы международ. научно-практич. конференции, 25-28 ноября 2010г.- Орел: ОрелГИЭТ, 2010. - С.197-200.

11. Литвинова, Е.В. Технологическое обоснование разработки рыбо-растительных композиций со сбалансированным аминокислотным составом [Текст] / Е.В. Литвинова, Л.С. Большакова, С.Ю. Гавриченко, О.Н. Пахомова // Инновационные технологии и оборудование для пищевой промышленности: материалы III-й международ. научно-технич. конференции Т.1. -Воронеж: ВГТА, - 2009. - С.440-446.

12. Пахомова, О.Н. Фаршевые кулинарные изделия со сбалансированным аминокислотным составом [Текст] / О.Н. Пахомова, С.Ю. Кобзева, Т.В. Пугачева, Н.Ю. Мрыхин // Управление инновациями в торговле и общественном питании: материалы международ. научно-практич. конференции, 25-28 ноября 2010г. - Орел: ОрелГИЭТ, 2010.-234с.