

**Матюнина Александра Владимировна**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЁННОГО ПЕЧЕНЬЯ БЕЗ  
ГЛЮТЕНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПОВ ПИЩЕВОЙ  
КОМБИНАТОРИКИ**

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте кондитерской промышленности – филиале Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

**Научный руководитель:** **Зайцева Лариса Валентиновна,**  
доктор технических наук, доцент, заведующий технологическим отделом ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

**Официальные оппоненты:** **Рыжакова Алла Владимировна,** доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»

**Парахина Ольга Ивановна,**  
кандидат технических наук, директор Санкт-Петербургского филиала ФГАНУ «НИИ хлебопекарной промышленности»

**Ведущая организация:** НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия»

Защита состоится «22» июня 2023 г. в 10:00 часов на заседании объединенного совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук 99.0.092.02 по научной специальности 4.3.3 Пищевые системы (технические науки) при ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, корп. А, Зал А-1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)». Полный текст диссертации размещён в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» <http://www.mgupp.ru/>.

С авторефератом можно ознакомиться на официальных сайтах ВАК Минобрнауки РФ (<http://vak.ed.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» (<http://www.mgupp.ru>)

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учёный секретарь  
Совета 99.0.092.02, к.т.н.

Николаева Ю. В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Повышение продолжительности жизни населения Российской Федерации – одна из главных стратегических задач, поставленных Президентом перед Правительством (Указ Президента РФ № 204 от 07.05.2018 г «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»). В выполнении этой задачи большая роль отводится повышению качества пищевой продукции, в том числе за счёт производства пищевой продукции нового поколения с заданными показателями качества, обеспечивающей оптимальное питание и профилактику различных заболеваний, на этом акцентировано особое внимание в Федеральном законе № 29 - ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». До настоящего времени рынок функциональных и специализированных продуктов в основном был представлен продукцией импортного производства. Для ликвидации импортозависимости необходимо увеличение в этом сегменте обогащённой пищевой продукции отечественного производства.

По данным Всемирной Организации Здравоохранения, в настоящее время около 1% населения в мире страдает целиакией (глютенная энтеропатия) – заболеванием, связанным с дефицитом ферментов, расщепляющих глютен, и близких к нему белков. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» пищевая продукция без глютена не должна содержать пшеницу, рожь, ячмень, овес или их кроссбредных вариантов, полученных путём их скрещивания.

Кондитерские изделия – неотъемлемая часть пищевого рациона практически всех групп населения. По данным «Анализа рынка кондитерских изделий в России» (BusinesStat, 2022 г), в структуре продаж кондитерских изделий преобладают мучные кондитерские изделия (МКИ) – 54%, из них большая часть приходится на печенье. При этом анализ рынка МКИ без глютена, включая печенье, констатировал недостаток в этом сегменте обогащённой продукции.

В питании всех групп населения Российской Федерации отмечен дефицит в потреблении полиненасыщенных жирных кислот класса  $\omega$ -3 жирных кислот и пищевых волокон (ПВ). Актуальность внесения этих функциональных нутриентов в пищевую продукцию отражена выделением их в отдельную категорию обогащённой продукции в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки».

В связи с вышеизложенным разработка МКИ без глютена, обогащенных  $\omega$ -3 жирными кислотами и ПВ, является актуальной и может быть осуществлена с применением принципов пищевой комбинаторики, разработанных академиком Н.Н. Липатовым (младшим).

**Степень разработанности темы.** Научно-методологическим основам разработки обогащённой пищевой продукции, в том числе с применением пищевой комбинаторики, и усовершенствованию технологий производства и хранения МКИ, посвящены работы отечественных учёных: Л.М. Аксёновой, Е.В.

Алексеевко, И.Г. Белявской, Т.Г. Богатырёвой, Г.Г. Дубцова, О.А. Ильиной, В.С. Иунихиной, Н.Б.Кондратьева, А.А. Кочетковой, В.Н. Красильникова, Н.Н. Липатова, И.В. Матвеевой, И.В. Мацейчика, А.П. Нечаева, О.В. Парахиной, Л.И. Пучковой, А.В. Рыжаковой, Т.В. Савенковой, З.Г. Скобельской, М.А. Талейсника, А.В. Темниковой, Э.С. Токаева, В.А. Тутельяна, Т.Б. Цыгановой, Б.А. Шатнюк, Л.Н. Шендерова и многих других ведущих учёных. Вместе с тем, отсутствуют разработки печенья без глютена, обогащенного  $\omega$ -3 жирными кислотами, при соблюдении их сохранности в течение всего срока годности изделия.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационной работы – теоретическое обоснование и разработка технологии обогащённого печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики. Для реализации поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- разработать системный подход к конструированию обогащённого печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики;
- исследовать химический состав различных видов муки, не содержащей глютен, в качестве источника естественных функциональных пищевых ингредиентов;
- изучить влияние добавляемых количеств люпиновой муки и муки чиа на показатели качества печенья и его пищевую ценность;
- обосновать выбор заменителя молочного жира (ЗМЖ) с  $\omega$ -3 жирными кислотами для получения обогащённого печенья без глютена;
- разработать рецептуру и технологию печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья, рассчитать его пищевую ценность;
- изучить влияние модифицированной газовой среды (МГС) на показатели качества сдобного печенья в процессе хранения, выбор состава МГС;
- исследовать процессы окислительной порчи в обогащённом печенье без глютена и прогнозировать его срок годности с помощью метода «ускоренного старения»;
- разработать нормативную документацию на обогащённое печенье без глютена (ТУ, ТИ), провести опытно-промышленную апробацию результатов исследований.

**Научная новизна работы.** С применением принципов пищевой комбинаторики разработан системный подход к созданию печенья без глютена, обогащенного естественными функциональными пищевыми ингредиентами, со сбалансированным аминокислотным и жирнокислотным составом (ЖКС).

Установлены зависимости между количеством добавленной в печенье без глютена люпиновой муки и содержанием белка, количеством муки чиа и содержанием  $\omega$ -3 жирных кислот.

Научно обосновано, что использование в рецептуре печенья без глютена муки с высоким содержанием ПВ способствует компенсации отсутствия глютена (структурообразователя) в пищевой системе.

Выявлен эффект продления срока годности печенья без глютена, обогащённого  $\omega$ -3 жирными кислотами, за счет использования МГС  $\text{CO}_2:\text{N}_2 = 50:50$  об.%/об.%; определена корреляция между стандартным методом

установления срока годности упакованного печенья и методом «ускоренного старения» в воздушной среде и в МГС.

**Теоретическая и практическая значимость.** Определено соотношение кукурузной, рисовой, люпиновой муки и муки чиа (30:48:20:2) в рецептуре печенья без глютена, способствующее повышению его пищевой (содержание ПВ – более 3 г/100 г;  $\omega$ -3 жирных кислот – более 0,2 г/100 г) и биологической ценности (аминокислотный скор (АКС) – 92%; БЦ – 76%) при сохранении органолептических показателей.

Доказано, что использование ЗМЖ с  $\omega$ -3 жирными кислотами позволяет достигнуть сбалансированности ЖКС печенья.

Разработаны последовательности приготовления смесей из различных видов муки, технологические параметры подготовки жирового сырья, режимов выпечки и охлаждения печенья без глютена, способствующие достижению приемлемых показателей качества готового продукта.

Разработана рецептура и технология печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами: люпиновой мукой и мукой чиа. Расширен отечественный ассортимент МКИ без глютена с повышенной пищевой ценностью.

Разработана и утверждена техническая документация на обогащённое печенье без глютена (ТУ 10.72.12-045-86574578-22, ТИ 10.72.12-045-86574578-22).

Проведена промышленная апробация обогащённого печенья без глютена на производственной площадке АО «Перекрёсток вкусов».

**Методология и методы исследования.** В основе организации и проведения исследований лежат труды учёных, посвящённые разработке МКИ на основе сырья, не содержащего глютен, а также разработке пищевой продукции с применением принципов пищевой комбинаторики. При проведении исследований использованы общепринятые и специальные методы анализа свойств сырья и готовых изделий, включая ферментативно-гравиметрический метод определения содержания ПВ и метод газовой хроматографии для определения состава жирных кислот.

#### **Научные положения, выносимые на защиту:**

- системный подход к конструированию обогащённого печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики и учётом потребительских предпочтений;
- научное обоснование выбора естественных функциональных пищевых ингредиентов (люпиновой муки, муки чиа, масложирового сырья) и их вносимого количества, для производства печенья без глютена, обогащённого ПВ и  $\omega$ -3 жирными кислотами;
- исследование хранения сдобного печенья, включая обогащённое печенье без глютена, в модифицированной газовой среде;
- использование метода «ускоренного старения» для прогнозирования срока годности обогащённого печенья без глютена.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных результатов подтверждена применением современных физико-химических методов анализа и промышленной апробацией. Статическую

обработку данных проводили с доверительной вероятностью 0,95 в программе Microsoft Office Excel. Основные положения и результаты исследований диссертационной работы представлены на международных конференциях: VII Международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки» (Новосибирск, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 2019 г), Научно-практической конференции «Взгляд молодых учёных на развитие рынка продуктов питания: качество, сохранность, польза» (Москва, ЦВК «Экспоцентр», 25-я юбилейная выставка «Оборудование, технологии, сырье и ингредиенты для пищевой и перерабатывающей промышленности», 2020 г), III Национальной научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств» (Москва, МГУПП, 2021 г), VIII Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Новосибирская обл., СФНЦА РАН, 2021 г), XIV Международной бизнес-конференции «Кондитерские изделия XXI века. Новая реальность. Новая стратегия» (Москва, МПА, 2022 г), IV Национальной научно-практической конференции «Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки в технологиях продуктов питания и парфюмерно-косметических средств» (Москва, МГУПП, 2022 г), Международной научно-практической конференции «Перспективные технологии продуктов питания на зерновой основе: функциональность, безопасность, качество» (Москва, МГУПП, 2022 г), IV Бизнес-форуме «Пищевая индустрия и медицина. Ответ на новые вызовы в условиях технологической изоляции» (Москва, МПА, 2022 г). Результаты работы апробированы на АО «Перекрёсток вкусов».

По материалам диссертационной работы опубликовано 10 печатных работ, из них 4 – в научных изданиях, входящих в список ВАК РФ; 2 – в других изданиях; 3 – в материалах международных и российских конференций и 1 патент.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 188 страницах, содержит 42 таблицы и 25 рисунков. Список использованной литературы включает 256 источников, из них 113 на иностранном языке.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности.** Диссертационная работа соответствует пунктам 4, 11, 13 паспорта специальностей ВАК РФ (технические науки) 4.3.3 – Пищевые системы. Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства; Технологии пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами; Технологии функциональных и специализированных продуктов, пищевых добавок и ингредиентов.

#### **Основное содержание работы**

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, показаны научная новизна и практическая значимость результатов исследований.

## **1 Обзор литературы**

Рассмотрены основные тенденции развития рынка пищевой продукции, включая продукцию без глютена. Проведен анализ данных по дефициту нутриентов в питании россиян, в том числе при целиакии. Изучены различные виды муки и жирового сырья для производства МКИ, выявлена необходимость обогащения ПВ и  $\omega$ -3 жирными кислотами различных видов пищевой продукции, в том числе без глютена. Рассмотрена технология сдобного печенья и подходы к продлению сроков годности МКИ.

## **2 Объекты и методы исследований**

Исследования проводили в лабораториях ФГБНУ ВНИИКП, ФГБНУ ВНИИЗ – филиалах ФГБНУ «ФИЦ пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН, ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Производственные испытания по выбору оптимального состава МГС и апробация результатов работ были осуществлены в условиях АО «Перекрёсток вкусов». Структурная схема исследований представлена на рисунке 1.

Объекты исследований: образцы печенья по базовой рецептуре – ГОСТ 24901-2014, опытные образцы печенья без глютена и сырьё для их производства: мука кукурузная – по СТО 53548590-018-2013; мука рисовая – по СТО 53548590-019-2013; мука гречневая – по ТУ 9293-002-43175543-2003; мука амарантовая – по ТУ 10.61.20-001-3874425-2016; мука люпиновая – по декларации о соответствии ТС N RU Д-АТ АЕ45 В 06168; мука чиа – по ТУ 01.11.99-003-17274463-2018; масло сливочное (82,5%) – по ГОСТ 32261-2013; ЗМЖ – по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1).

В работе также использовали: муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта (ГОСТ 26574-2017), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), пудру ванильную (ТУ 10.81.13-015-42450906-2018), соль пищевую (ГОСТ Р 51574-2018), соду пищевую (ГОСТ 32802-2014), корицу (ГОСТ ISO 6539-2016), воду питьевую (СанПиН 2.1.3684-2021); плёнку барьерную многослойную на основе полиэтилентерефталата, термоусадочная (ТУ 22.21.42-007-70425965-2017), контейнер из полипропилена для упаковки пищевой продукции (ГОСТ 33837-2016), азот жидкий (ТУ 20.11.10-004-77290008-2018), двуокись углерода жидкую (ГОСТ 8050-85).

Исследования проводили с помощью общепринятых и специальных методов анализа сырья и готовых изделий: влажность муки – по ГОСТ 9404-88; зольность муки – по ГОСТ 27494-2016; массовую долю белка муки – по ГОСТ 10846-91, массовую долю белка печенья – по ГОСТ 26889-86; массовую долю ПВ – ферментативно-гравиметрическим методом по МУК 4.1.3697-2021; ЖКС муки – методом газовой хроматографии по ГОСТ 30418-96, в липидах и печенье – по ГОСТ 31663-2012; массовую долю жира в сливочном масле – по ГОСТ 5867-90, в ЗМЖ – по ГОСТ 32189-2013, в печенье – по ГОСТ 31902-2012; массовую долю влаги в печенье – по ГОСТ 5900-2014; щелочность – по ГОСТ 5898-2022; намокаемость – по ГОСТ 10114-80; массовую долю золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, – по ГОСТ 5901-2014; перекисное число (ПЧ) – по МИ 2586-2000. Гранулометрический состав муки проанализирован ситовым методом, разработанным ФГБНУ ВНИИЗ. Аминокислотный состав белков в тестовой заготовке определён в соответствии с Р 4.1.1672-2003. Определение

микробиологических показателей образцов сдобного печенья произведено по ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 31659-2012, ГОСТ 10444.12-2013. Органолептическая оценка образцов печенья проводилась по ГОСТ 24901-2014.

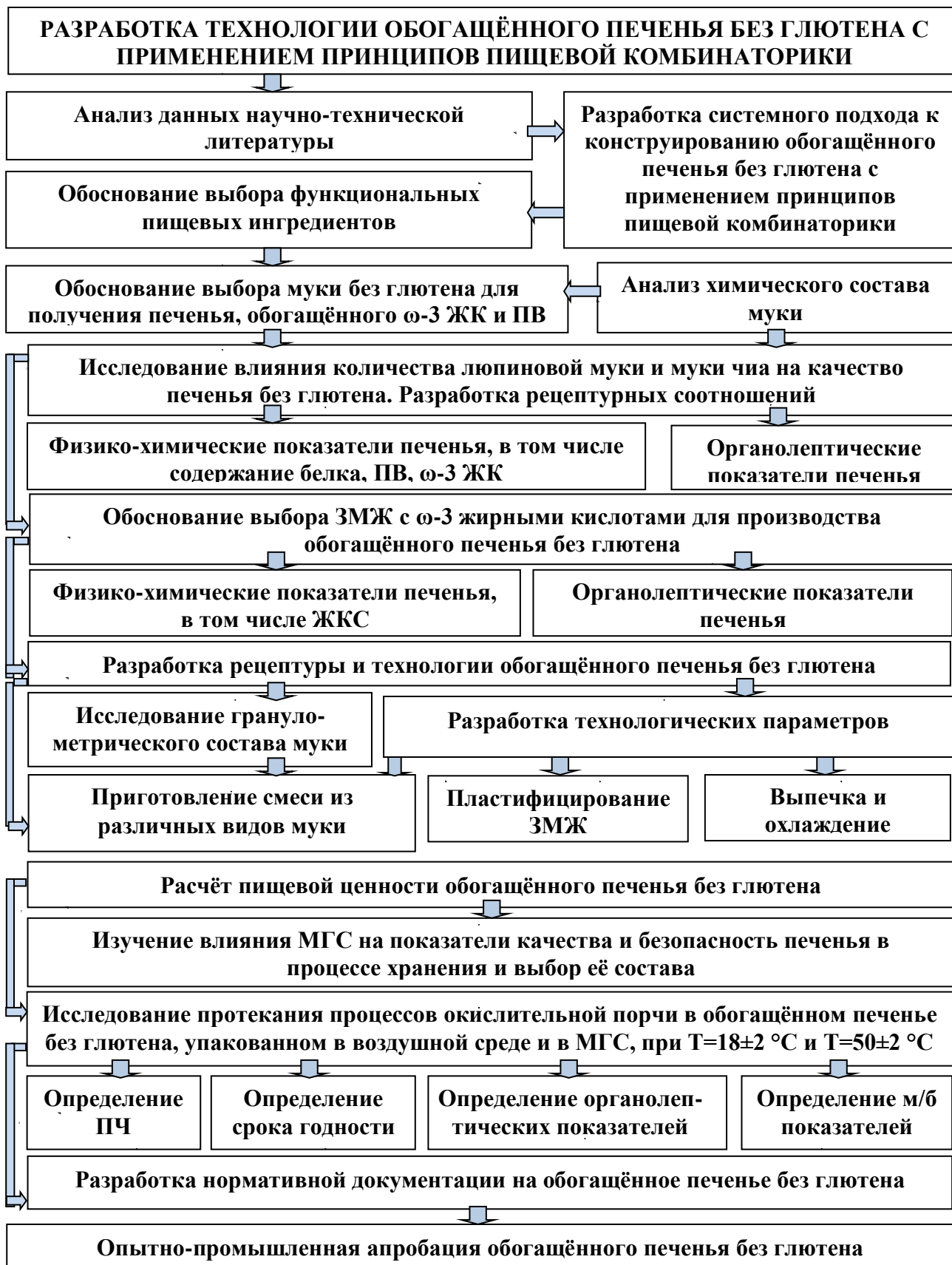


Рисунок 1 – Структурная схема исследований



### 3 Результаты исследований и их обсуждение

#### 3.1 Разработка системного подхода к конструированию обогащённого печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики



Рисунок 2 – Применение принципов пищевой комбинаторики к конструированию обогащённого печенья без глютена

Анализ основных положений пищевой комбинаторики, разработанных Н.Н. Липатовым (младшим) позволил определить вектор конструирования обогащенного печенья без глютена со сбалансированным составом основных нутриентов. Выбранные направления разработки представлены на рисунке 2.

На основании маркетинговых исследований основных тенденций рынка (BusinesStat, 2022) было определено направление потребительских предпочтений пищевой продукции с «чистой этикеткой».

Данные о наличии дефицитов в потреблении различных нутриентов в питании россиян позволили выбрать в качестве функциональных пищевых ингредиентов  $\omega$ -3 жирные кислоты и ПВ (ГОСТ Р 52349-2005).

С учетом поставленных задач были проанализированы утвержденные рецептуры, разработанные ВНИИКП (204 шт.), и в качестве базовой (контроль) выбрана рецептура №190 на основе пшеничной и кукурузной муки. Вектор исследования был направлен на замену пшеничной муки на муку без глютена с целью получения печенья со сбалансированным аминокислотным составом, содержащим функциональные пищевые ингредиенты. Дополнительно рассмотрена замена сливочного масла (контроль) на масложировой ингредиент с  $\omega$ -3 жирными кислотами.

После определения видов муки без глютена и рецептурных соотношений, способствующих получению изделия с приемлемыми органолептическими свойствами, заключительным этапом являлось сохранение функциональных пищевых ингредиентов на всем сроке годности изделия. Разработанный системный подход представлен на рисунке 1.

#### 3.2 Исследование химического состава различных видов муки, не содержащей глютен, в качестве источника естественных функциональных пищевых ингредиентов

Глютен пшеничной муки является структурообразующим компонентом в МКИ. Поэтому в изделиях без глютена чаще всего используют рисовую муку с высоким содержанием крахмала, частично компенсирующего отсутствие глютена.

На основании литературных данных установлено, что белок рисовой и кукурузной муки, как и пшеничной муки, лимитирован по лизину. Для компенсации недостатка лизина могут использоваться другие виды муки без глютена: амарантовая мука (лимитирована по лейцину), гречневая мука (лимитирована по фенилаланину + тирозин), люпиновая мука (лимитирована по метионину + цистеин). Мука чиа имеет сбалансированный аминокислотный состав. Следовательно, эти виды муки могут использоваться для компенсации недостатка лизина в рисовой и кукурузной муке с получением изделия с более сбалансированным аминокислотным составом.

В результате аналитических исследований, установлено, что перечисленные виды муки отличаются более высоким содержанием белка, чем рисовая и кукурузная. Наибольшее количество белка отмечено в люпиновой муке и муке чиа, характеризующихся также высоким содержанием ПВ. Дополнительным преимуществом муки чиа является высокое количество  $\omega$ -3 жирных кислот (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание белка, ПВ,  $\omega$ -3 жирных кислот в различных видах муки

Показатель	Химический состав муки, г/100 г муки						
	пшеничная	рисовая	кукурузная	амарантовая	гречневая	люпиновая	чиа
Белки	12,0±0,6	6,0±0,3	7,0±0,4	12,8±0,6	8,2±0,4	43,7±2,2	29,0±1,5
ПВ	3,5±0,3	2,4±0,2	2,5±0,2	1,5±0,1	2,0±0,2	15,3±0,1	32,7±0,3
$\omega$ -3 ЖК	следы	следы	следы	следы	следы	1,4±0,3	19,9±4,0

В соответствии с принципом пищевой комбинаторики по достижению сбалансированности аминокислотного состава, а также в соответствии с определёнными естественными функциональными пищевыми ингредиентами для разработки рецептуры обогащённого печенья без глютена в качестве дополнительных видов сырья к рисовой и кукурузной муке были отобраны люпиновая мука и мука чиа.

### **3.3 Исследование влияния добавляемых количеств люпиновой муки и муки чиа на показатели качества печенья и его пищевую ценность**

Для разработки рецептурных соотношений между различными видами муки были проведены следующие исследования:

- Определение показателей качества печенья на пшеничной и кукурузной муке при соотношении 70:30 (контроль).
- Дефиниция показателей качества печенья на рисовой и кукурузной муке при соотношении 70:30.

С учётом высокого содержания рисовой муки добавление других видов муки на следующих этапах происходило за счёт снижения её содержания.

- Установление показателей качества печенья на рисовой и кукурузной муке при добавлении различных количеств люпиновой муки и муки чиа.

Все исследования по этому разделу проведены с использованием в качестве жирового сырья сливочного масла с массовой долей жира 82,5%. Для сравнения использованы показатели качества, влияющие на внешний вид и структуру печенья.

Установлено, что 100%-ная замена пшеничной муки (контроль) на рисовую муку в рецептуре не оказывала существенного влияния на массовую долю влаги и намокаемость печенья (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества печенья, приготовленного на пшеничной муке (контроль) и на муке без глютена (опытные образцы)

Показатель	Контроль (печенье на пшеничной и кукурузной муке)	Опытные образцы печенья на рисовой и кукурузной муке с добавлением	
		–	люпиновой муки и муки чиа
Массовая доля влаги, %	$6,7 \pm 0,1$	$6,7 \pm 0,1$	5,8 – 6,6 ( $\pm 0,1$ )
Намокаемость, %:	$160 \pm 1,6$	$161 \pm 1,6$	160 – 164 ( $\pm 1,6$ )
Щелочность, град.	$0,7 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$	0,2 – 0,3 ( $\pm 0,1$ )

Отмечено снижение щёлочности изделия в опытных образцах, но при этом их показатели качества соответствовали ГОСТ 24901-2014 для печенья, полученного из пшеничной муки. Однако, тесто на рисовой и кукурузной муке растекалось, что приводило к увеличению диаметра и уменьшению высоты готового изделия при одинаковой массе тестовой заготовки по сравнению с контролем. Это свидетельствует о недостаточной способности крахмала компенсировать отсутствие глютена (структурообразователя) в пищевой системе.

Добавление люпиновой муки в рецептуру печенья в количестве 5–25% от общей массы муки пропорционально увеличивало содержание белка, внешний вид, придавало приятный ореховый привкус и запах готовому изделию. Установлена корреляционная зависимость изменения массовой доли белка в печенье ( $Y_6$ ) от количества люпиновой муки ( $x$ ):  $Y_6 = 0,34x + 2,9$ .

Добавление люпиновой муки, содержащей ПВ, улучшало структуру печенья, что сказывалось на уменьшении диаметра и увеличении высоты готового изделия (таблица 3). На основании органолептического анализа обосновано использование люпиновой муки в количестве 20% от общей массы муки. При этом содержание белка в образце печенья увеличилось на 40% по сравнению с контролем и было выше в 2,3 раза по сравнению с образцом на рисовой и кукурузной муке.

Произведена дальнейшая замена части рисовой муки на муку чиа в количестве 1–5% от общей массы муки. Установлена корреляционная зависимость изменения содержания  $\omega$ -3 жирных кислот от количества муки чиа:  $Y_{\omega-3} = 0,21x + 0,3$ .

Содержание  $\omega$ -3 жирных кислот в печенье при разных количествах муки чиа составило (г/100 г сухих веществ продукта): 0% муки чиа –  $0,30 \pm 0,01$ ; 1% –  $0,42 \pm 0,01$ ; 2% –  $0,53 \pm 0,01$ ; 3% –  $0,64 \pm 0,01$ ; 4% –  $0,74 \pm 0,02$ ; 5% –  $0,85 \pm 0,02$ . Следовательно, внесение 1% муки чиа от общей массы муки является достаточным для получения печенья с высоким содержанием  $\omega$ -3 жирных кислот. Кроме того, внесение этого количества обеспечивало содержание ПВ в опытных образцах печенья не менее 3 г/100 г (уровень «источника»), что способствовало дальнейшей структуризации теста и сказывалось на

уменьшении диаметра и увеличении высоты готового изделия до уровня контроля при одинаковой массе тестовой заготовки.

Таблица 3 – Влияние содержания пищевых волокон в контрольном и опытных образцах печенья на его размеры

Показатель	Контроль	Опытные образцы печенья на рисовой и кукурузной муке с добавлением							
		люпиновой муки, % от общей массы муки					муки чиа, % от общей массы муки		
		0	5	10	15	20	1	2	3
Содержание ПВ, г/100 г продукта	1,6 ± 0,2	1,3 ± 0,1	1,7 ± 0,2	2,1 ± 0,2	2,5 ± 0,3	2,9 ± 0,3	3,1 ± 0,3	3,2 ± 0,3	3,4 ± 0,3
Диаметр, мм	55,2 ± 3,4	68,2 ± 3,5	60,0 ± 3,0	58,5 ± 3,0	58,1 ± 2,9	57,5 ± 2,9	56,4 ± 2,8	55,7 ± 2,8	54,5 ± 2,7
Высота, мм	17,5 ± 0,9	13,0 ± 0,7	17,0 ± 0,9	17,4 ± 0,9	17,9 ± 0,9	18,4 ± 0,9	16,6 ± 0,8	17,0 ± 0,9	17,3 ± 0,9

Таким образом, использование при производстве печенья без глютена муки с высоким содержанием ПВ дополнительно способствует компенсации отсутствия глютена в пищевой системе.

На основании органолептического анализа установлено, что достаточным является внесение муки чиа в количестве 1–3% от общей массы муки. Дальнейшее увеличение муки чиа (4% и более) приводило к изменению цвета изделия с соломенного до серо-коричневого, а также появление постороннего привкуса.

В результате проведённых исследований было выбрано следующее рецептурное соотношение кукурузной, рисовой, люпиновой мукой и мукой чиа: 30:48:20:2. При таком соотношении различных видов муки в соответствии с ТР ТС 022/2011 достигается обогащение готового изделия ПВ на уровне «источника» с высоким содержанием  $\omega$ -3 жирных кислот при сохранении приемлемых органолептических показателей.

### **3.4 Обоснование выбора заменителя молочного жира с $\omega$ -3 жирными кислотами для получения обогащённого печенья без глютена**

Следующим этапом явилась замена сливочного масла на жировое сырьё, содержащее  $\omega$ -3 жирные кислоты. При получении печенья без глютена для структуризации пищевой системы преимущество имеет использование твёрдых масложировых продуктов. Единственным продуктом, содержащим в обязательном порядке  $\omega$ -3 жирные кислоты, является ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1). Поэтому этот продукт был определен в качестве жирового сырья для разработки рецептуры печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами.

Анализом ЖКС установлено, что, по сравнению со сливочным маслом, ЗМЖ характеризовался более низким содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК) за счёт увеличения содержания полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), при содержании эссенциальных  $\omega$ -3 жирных кислот в количестве 2,4 г/100 г. Содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) составляло не менее 30% (таблица 4).

Таблица 4 – Содержание основных групп жирных кислот в различных масложировых продуктах

ЖКС	Сливочное масло	ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022
НЖК, % от суммы жирных кислот	69,2 ± 6,9	45,8 ± 4,6
МНЖК, % от суммы жирных кислот	27,1 ± 2,7	30,2 ± 3,0
ПНЖК, % от суммы жирных кислот	3,6 ± 0,4	20,7 ± 2,1
ω-3 жирные кислоты (α-линоленовая), г/100 г продукта	Следы	2,4 ± 0,2
Трансизомеры жирных кислот, г/100 г продукта	5,6 ± 0,6	0,9 ± 0,1

Сливочное масло и ЗМЖ вносили в пересчёте на жир в количестве 14,5% от сухих веществ сырья.

Экспериментально установлено, что использование ЗМЖ вместо сливочного масла не приводило к ухудшению показателей качества опытных образцов печенья без глютена (таблица 5). Это обусловлено тем, что кривая плавления выбранного ЗМЖ была приближена к молочному жиру.

Таблица 5 – Показатели качества опытных образцов печенья, приготовленного на сливочном масле и на ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022

Показатель	Печенье	
	на сливочном масле	на ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022
Массовая доля влаги, %	6,7 ± 0,1	6,5 ± 0,1
Намокаемость, %	161,6 ± 1,6	165,0 ± 1,7
Щелочность, град.	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1

Был исследован ЖКС жировой фракции опытных образцов печенья. Содержание основных групп жирных кислот представлено на рисунке 3.

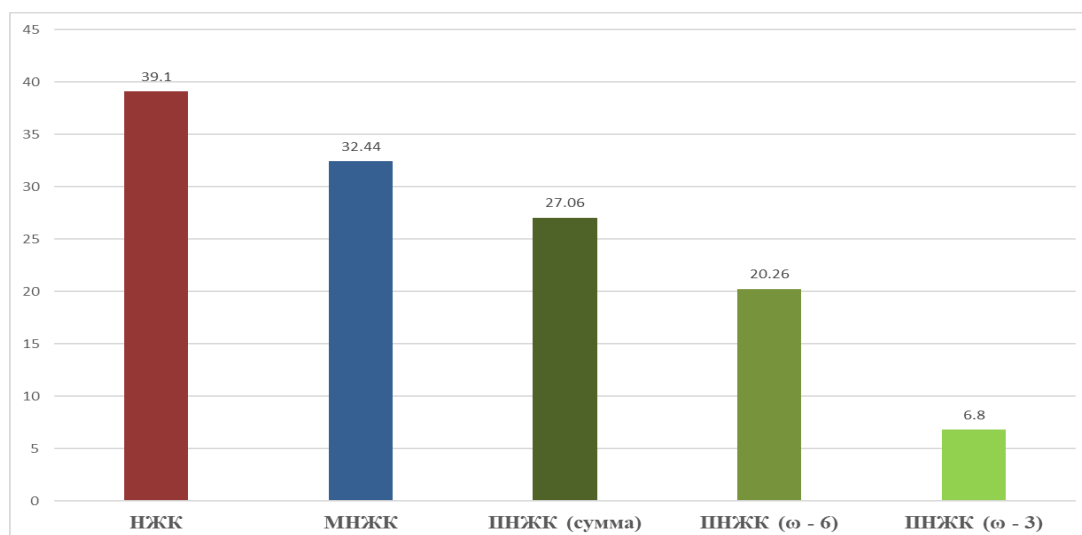


Рисунок 3 – Основные группы жирных кислот в жировой фракции опытных образцов печенья на ЗМЖ

При оценке биологической ценности жировой фракции в качестве эталона был выбран идеальный жир (НЖК: МНЖК: ПНЖК=1:1:1). В результате анализа ЖКС жировой фракции опытных образцов печенья было

установлено, что она приближена к идеальному жиру (НЖК:МНЖК:ПНЖК=1,2:1:0,8) при соотношении ПНЖК  $\omega$ -6:  $\omega$ -3 равным 3:1. Это подтверждает обоснованность выбора ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1) для производства печенья, обогащенного  $\omega$ -3 жирными кислотами.

### 3.5 Разработка рецептуры и технологии печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья, и расчёт его пищевой ценности

На основании проведённых исследований (п.3.3 и п.3.4) была разработана рецептура печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья – ПВ и  $\omega$ -3 жирными кислотами (люпиновая мука, мука чиа и ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1)).

Печенье изготавливалось по технологии сдобного отсадного печенья, которая предусматривает следующие основные стадии: подготовку сырья, приготовление смеси из различных видов муки, приготовление теста, формование, выпечку, охлаждение и упаковку готовых изделий. С учётом специфики используемого сырья были внесены изменения в ряд стадий технологического процесса.

#### 3.5.1 Исследование гранулометрического состава муки

Известно, что размер частиц муки (гранулометрический состав) оказывает существенное влияние на физические, структурно-механические свойства теста и готовых изделий. Был проанализирован гранулометрический состав образцов рисовой, кукурузной, люпиновой муки и муки чиа, представленный на рисунке 4 (а-г).

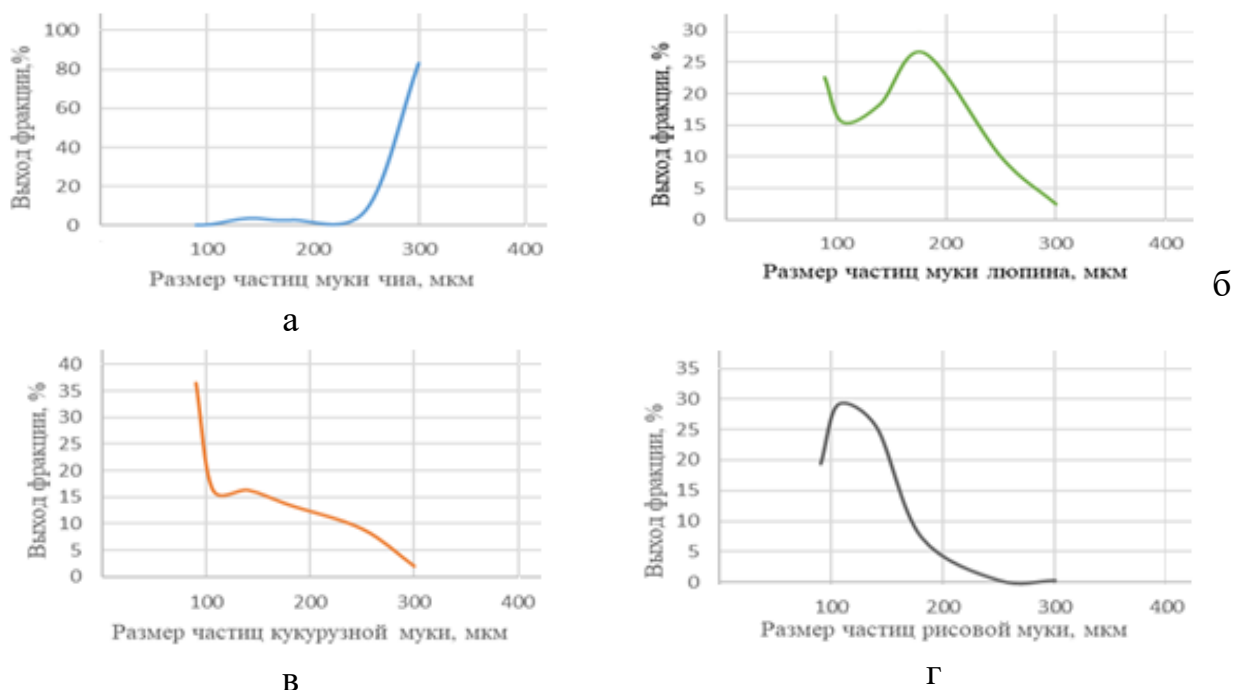


Рисунок 4 – Распределение частиц муки по размерам (% от числа частиц): а – мука чиа; б – люпиновая мука; в – кукурузная мука; г – рисовая мука

В результате проведенных исследований установлено, что мука чиа характеризуется наибольшим содержанием частиц свыше 300 мкм (83 %) по сравнению с остальными видами исследуемой муки. Самой мелкодисперсной

является рисовая мука, свыше 90% которой имеет размер частиц менее 180 мкм.

На основании анализа гранулометрического состава муки и ее количества в рецептуре разработана последовательность приготовления сухих компонентов смеси (п.3.5.2).

### **3.5.2 Внесение изменений в технологические параметры процесса производства обогащённого печенья без глютена**

Предложена следующая последовательность внесения сырья (рисунок 5): мука чиа вносится в люпиновую муку (смесь 1); в полученную смесь 1 вносится кукурузная мука (смесь 2); в полученную смесь 2 добавляется рисовая мука (смесь 3). На всех стадиях приготовления смесей производится их перемешивание в течении 1-2 мин.

Определены параметры стадии подготовки ЗМЖ в производственных условиях (загрузка 80 - 100 кг): температура ЗМЖ плюс 19-22 °С; пластифицирование ЗМЖ при градиенте скорости вращения лопасти  $1500 \pm 100$  мин<sup>-1</sup>, в течение 1,5 ч.

Установлены режимы выпечки печенья без глютена, при которых достигалось высокое качество готовых изделий: первый период выпечки – температура плюс  $160 \pm 5$  °С; второй период выпечки – температура повышалась с плюс  $160 \pm 5$  °С до плюс  $190 \pm 5$  °С при снижении относительной влажности воздушной среды пекарной камеры, что способствовало равномерной влагоотдаче, карамелизации сахаров и образованию золотистой корочки на поверхности изделия. Общая продолжительность процесса выпечки составляла 18-20 мин.

Показано, что при температуре выпечки плюс 210 - 240 °С печенье приобретало более яркую окраску, оставаясь внутри не пропечённым. При температуре выпечки плюс 110 - 140 °С печенье имело расплывчатую светлую поверхность, а при разламывании было жестким. При низких температурах выпечки процесс влагоотдачи происходил на третьем этапе, что значительно ухудшало органолептические показатели печенья.

В целях снижения рисков, связанных с микробиологической обсеменённостью, было предложено охлаждать выпеченные изделия в вакуумной камере (Vacuspeed Werner & Pfleiderer, Германия) в течение 5 минут до температуры плюс  $18 \pm 2$  °С с последующим его упаковыванием.

Таким образом, использование четырех видов муки с различными физико-химическими свойствами, а также отсутствие в ней глютена потребовало внесения изменений в технологическую схему производства печенья, включая стадии подготовки сырья, выпечки и охлаждения изделий.

Блок-схема производства обогащённого печенья без глютена (сдобного отсадного) представлена на рисунке 5.

### **3.5.3 Расчёт пищевой ценности обогащённого печенья без глютена**

Проведен анализ содержания белков, жиров,  $\omega$ -3 жирных кислот и ПВ в контрольном, опытном (на рисовой и кукурузной муке) образцах печенья и

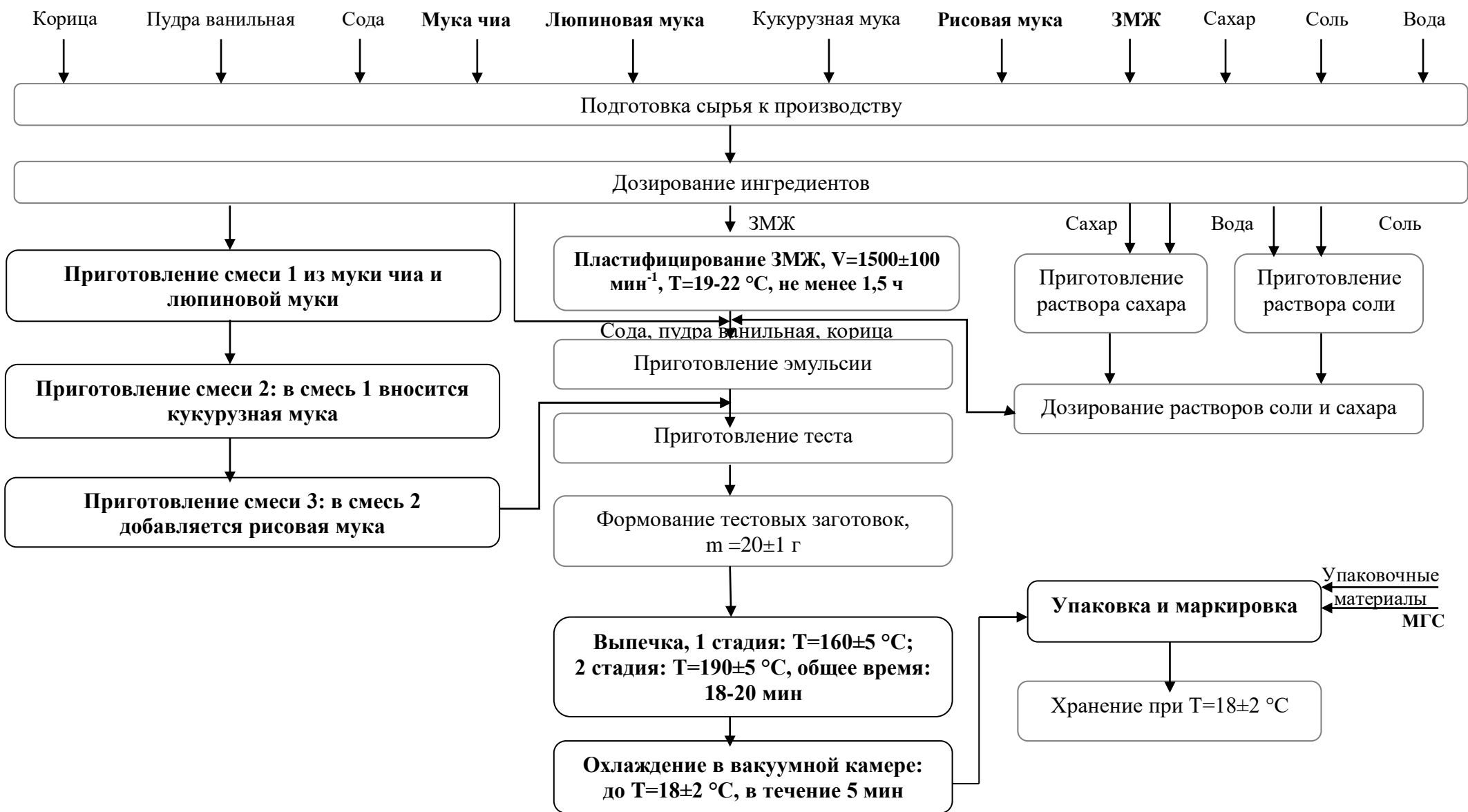


Рисунок 5 – Блок-схема производства обогащённого печенья без глютена (сдобного отсадного)



обогащённом печенье без глютена по разработанной технологии, представленный в таблице 6.

Таблица 6 – Пищевая ценность контрольного и опытных образцов печенья

Показатель	Контроль	Опытный образец (на рисовой и кукурузной муке)	Обогащённое печенье без глютена
Массовая доля, г/100 г продукта:			
- белков	4,7 ± 0,2	2,9 ± 0,1	6,6 ± 0,3
- жиров	15,0 ± 1,8	15,0 ± 1,8	17,0 ± 2,0
- ω-3 жирные кислоты (α – линоленовая)	< 0,1	<0,1	0,8 ± 0,1
- пищевых волокон	1,6 ± 0,2	1,3 ± 0,1	3,2 ± 0,3
Энергетическая ценность, ккал/кДж	470/1950	470/1960	460/1930

Замена пшеничной муки на рисовую привела к снижению содержания белка в изделии, которое было компенсировано внесением люпиновой муки и муки чиа. В результате содержание белка в печенье с использованием четырех видов муки превысило его количество в контрольном образце. Экспериментальные данные доказывают, что печенье с разработанным рецептурным соотношением 4-х видов муки, в соответствии с действующим законодательством, является источником ПВ (не менее 3 г/100 г) и характеризуется высоким содержанием ω-3 жирных кислот (не менее 0,4 г/100 г). В соответствии с ГОСТ Р 52349-2005 (ред. 03.01.2011 г) разработанное печенье является функциональным пищевым продуктом (исключение глютена и обогащение функциональными пищевыми ингредиентами).

На основании анализа аминокислотного состава тестовых заготовок были рассчитаны АКС и биологическая ценность (БЦ) белков в контрольном и опытном образцах печенья, приведенные в таблице 7.

Таблица 7 - АКС и БЦ белков контрольного и опытного образцов печенья

Незаменимые аминокислоты	Контроль		Обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии	
	мг/ г белка	Скор, %	мг/ г белка	Скор, %
Лейцин	10,0	143	8,7	124
Фенилаланин+тирозин	8,4	140	8,4	140
Лизин	3,0	<b>55</b>	5,1	<b>92</b>
Валин	5,6	111	5,2	104
Триптофан	1,4	135	1,1	115
Изолейцин	4,7	118	4,8	120
Метионин+цистеин	4,7	135	4,7	133
Треонин	3,7	92	4,1	103
Сумма незаменимых аминокислот (НАК)	41,5	-	42,1	-
БЦ, %	<b>39</b>		<b>76</b>	

Полученные результаты свидетельствуют о том, что, хотя белок оставался лимитированным по лизину, его АКС повысился с 55 до 92%, а БЦ белков печени возросла почти в 2 раза.

Таким образом, разработанный системный подход на основе принципов пищевой комбинаторики позволил получить печенье без глютена, обогащённое натуральными функциональными пищевыми ингредиентами ( $\omega$ -3 жирными кислотами и ПВ), со сбалансированным составом белковой и жировой фракций.

### 3.6 Изучение влияния модифицированной газовой среды на показатели качества сдобного печенья в процессе хранения, выбор состава МГС

Заключительным этапом перед выводом нового продукта на рынок является установление срока годности, зависящего от условий его хранения. Концепция «чистой этикетки» подразумевает отказ от использования пищевых добавок, особенно антиокислителей и консервантов.

В качестве альтернативного способа продления срока годности рассмотрено упаковывание изделия в МГС. Использована смесь из двуокиси углерода и азота в соотношениях (об. %/об. %): 20:80; 30:70; 50:50. Объектами исследований являлось сдобное печенье с массовой долей влаги 6,5 – 10,0%. Упаковывание осуществлялось в контейнеры из полипропилена и барьерную многослойную пленку под запайку. Остаточный уровень кислорода составлял менее 1%. Температура хранения плюс  $18 \pm 2$  °С.

Проведенными исследованиями установлено, что в печенье, упакованном как в воздушной среде, так и в МГС, протекают преимущественно процессы окислительной порчи, оказывающие влияние на изменение органолептических показателей (рисунок 6 а – б).

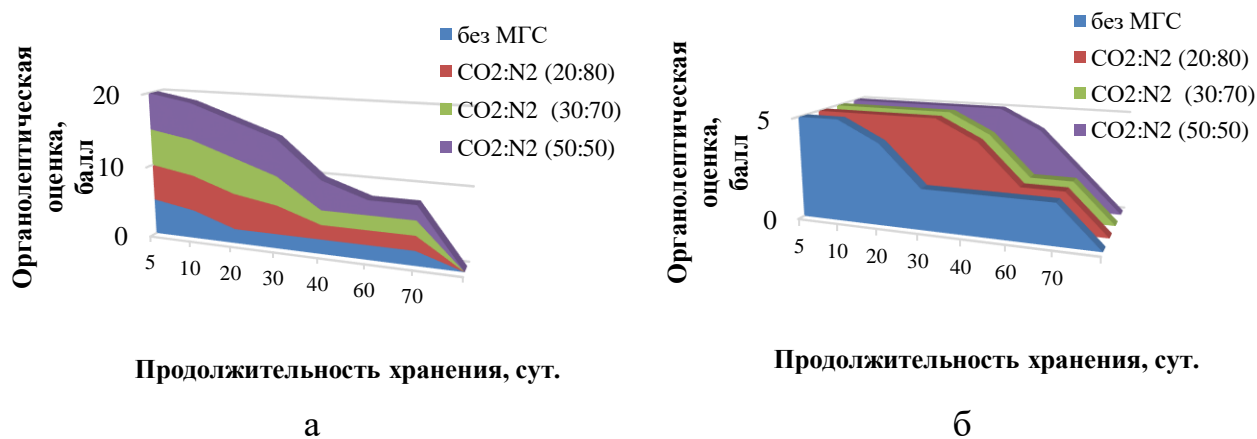


Рисунок 6 – Изменение органолептических показателей при хранении сдобного печенья: а – образец 1 с массовой долей влаги 10%, б – образец 2 с массовой долей влаги 6.5%

Замена воздушной среды на МГС во всех случаях продлевала срок годности упакованного печенья. При этом наилучшие результаты были получены при использовании МГС с соотношением газов  $CO_2:N_2=50:50$  (об.%/об.%). Поэтому эта смесь газов была выбрана для проведения последующих исследований.

### 3.7 Исследование протекания процессов окислительной порчи в обогащённом $\omega$ -3 жирными кислотами печенье без глютена и прогнозирования его срока годности с помощью метода «ускоренного старения»

Проведены исследования окислительной порчи в обогащенном  $\omega$ -3 жирными кислотами печенье без глютена в процессе его хранения в упакованном виде в воздушной среде и с внесением МГС.

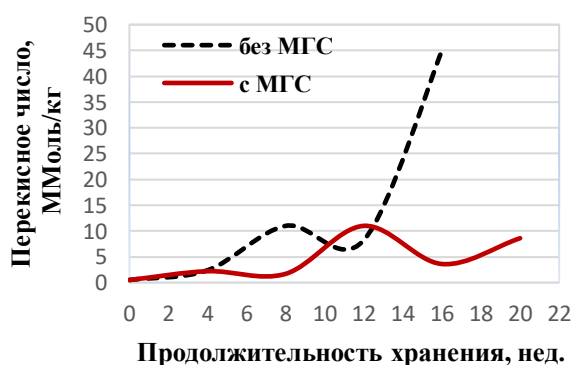
Установлено, что содержание  $\omega$ -3 жирных кислот в печенье, упакованном в воздушной среде, на 8-й неделе хранения уменьшилось до 0,12 г/100 г, а в МГС на 12-й неделе хранения составило 0,45 г/100 г.

Таким образом, доказано, что применение МГС с выбранным соотношением газов является эффективным способом также и для увеличения срока годности печенья, обогащённого  $\omega$ -3 жирными кислотами.

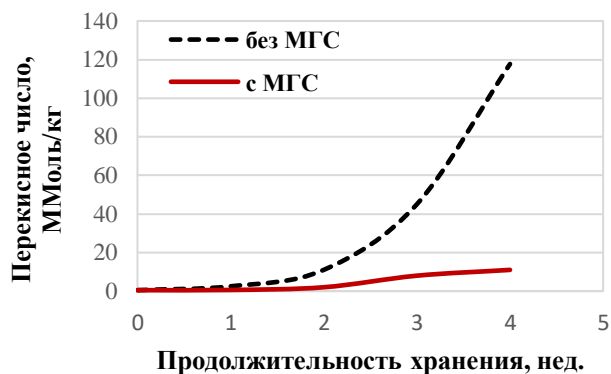
Микробиологические нормативы безопасности соответствовали требованиям, установленным Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011.

Проведены исследования по хранению образцов упакованного обогащённого печенья без глютена методом «ускоренного старения», разработанном ВНИИКП. В условиях «ускоренного старения» (температура плюс  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ ) наблюдалась значительная интенсификация окислительных процессов. Увеличение перекисного числа (ПЧ) было отмечено для печенья, упакованного в воздушной среде, на 2-й неделе хранения, а для печенья, упакованного в МГС, на 4-й неделе (рисунок 7).

Увеличение скорости накопления продуктов окисления (рост ПЧ) в процессе хранения при стандартном методе и при методе «ускоренного старения» характеризуется коэффициентами «ускоренного старения». На основании полученных данных, были рассчитаны коэффициенты «ускоренного старения» (K) для упакованного печенья, обогащенного  $\omega$ -3 жирными кислотами: в МГС –  $K=3$  и без МГС –  $K=4$ .



а



б

Рисунок 7 – Изменение ПЧ жировой фракции печенья, упакованного с использованием МГС и без МГС, в процессе хранения при различных температурах: а – при  $T=18 \pm 2^\circ\text{C}$ , б – при  $T=50 \pm 2^\circ\text{C}$

Таким образом, использование метода «ускоренного старения» для прогнозирования срока годности печенья, обогащенного  $\omega$ -3 жирными кислотами, позволяет в 3-4 раза сократить время исследований.

### **3.8 Разработка нормативной документации на обогащённое печенье без глютена и опытно-промышленная апробация результатов исследований**

На основании проведённых исследований разработана и утверждена техническая документация на печенье сдобное «Янтарное без глютена обогащённое»: ТУ 10.72.12-045-86574578-22 и ТИ 10.72.12-045-86574578-22.

Опытно-промышленная апробация полученных результатов проведена на предприятии АО «Перекрёсток вкусов».

Срок годности для разработанного печенья составил: в герметичной упаковке в воздушной среде – 8 недель, в герметичной упаковке в МГС – 12 недель.

Совокупность проведённых выработок печенья на производстве подтвердила достоверность результатов исследований, что позволяет рекомендовать печенье без глютена, обогащённое натуральными функциональными пищевыми ингредиентами, к широкому внедрению на предприятиях отрасли для расширения ассортимента обогащённых МКИ отечественного производства.

Проведён расчёт экономической эффективности разработанного обогащённого печенья без глютена, по сравнению с контрольным образцом и опытным образцом на основе рисовой и кукурузной муки. Замена пшеничной муки в рецептуре на муку без глютена увеличивает стоимость изделия на 8%, но дальнейшая замена сливочного масла на ЗМЖ позволяет компенсировать эти затраты и повысить экономическую эффективность. В результате себестоимость разработанного обогащённого печенья без глютена ниже себестоимости контрольного образца на 22%.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. С применением принципов пищевой комбинаторики разработан системный подход к конструированию обогащённого печенья без глютена со сбалансированным аминокислотным и жирнокислотным составом.

2. На основании исследований химического состава различных видов муки, не содержащей глютен, обоснован выбор люпиновой муки и муки чиа в качестве натуральных источников функциональных пищевых ингредиентов.

3. Экспериментально установлены необходимые количества люпиновой муки и муки чиа в рецептуре печенья для обогащения продукта  $\omega$ -3 жирными кислотами и ПВ при сохранении высоких органолептических показателей; определено рецептурное соотношение кукурузной, рисовой, люпиновой муки и муки чиа (30:48:20:2), способствующее повышению биологической ценности белковой фракции печенья (АКС – 92%; БЦ – 76%).

4. Обосновано использование в качестве масложирового сырья ЗМЖ с  $\omega$ -3 жирными кислотами, способствующего достижению в жировой фракции печенья соотношений НЖК: МНЖК: ПНЖК, приближенному к идеальному жиру (1,2:1:0,8), и  $\omega$ -6: $\omega$ -3, равным 3:1.

5. Разработана рецептура обогащённого печенья без глютена и технология его производства, включая стадии подготовки сырья (смеси различных видов муки и ЗМЖ), установление режимов выпечки и охлаждения

готового изделия. Повышение пищевой ценности печенья достигается содержанием в нем функциональных пищевых ингредиентов: ПВ на уровне «источник» (3,2 г/100 г) и  $\omega$ -3 жирных кислот на уровне «высокое содержание» (0,8 г/100 г).

6. На основании исследований протекания окислительной порчи доказана эффективность использования МГС для продления срока годности печенья без дополнительного использования консервантов и антиокислителей, включая печенье, обогащённое  $\omega$ -3 жирными кислотами. Наилучшие результаты достигнуты при использовании МГС  $\text{CO}_2:\text{N}_2=50:50$  (об. %/об. %).

7. Проведены исследования по определению срока годности обогащённого печенья без глютена методом «ускоренного старения». Рассчитаны коэффициенты «ускоренного старения» ( $K$ ) для печенья, упакованного в воздушной среде ( $K=3$ ) и в МГС ( $K=4$ ), позволяющие прогнозировать срок годности в стандартных условиях хранения.

8. Разработана рецептура, технология и техническая документация на производство печенья без глютена обогащенного (ТУ, ТИ), проведена опытно-промышленная апробация результатов исследований.

#### **Список работ, опубликованных по материалам диссертации:**

##### ***Материалы, опубликованные в журналах, рекомендованных ВАК РФ:***

1. *Зайцева, Л.В.* Современные требования к растительным маслам и продуктам их переработки для производства пищевой продукции функционального и специализированного назначения / Л.В. Зайцева, Э.В. Мазукабзова, А.В. Матюнина, М.В.Осипов// Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции. – 2021. – №3 – С. 200-211. – DOI: 10.36107/spfp.2021.196.
2. *Матюнина, А.В.* Влияние газовой модифицированной среды на сохранность мучных кондитерских изделий / А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева, Н.Б. Кондратьев, А.Е. Баженова, М.В. Осипов // Пищевая промышленность. – 2021. – №12. – С. 91-94. – DOI: 10.52653/PPI.12.12.018.
3. *Юдина, Т.А.* Ахлоридный хлеб, обогащённый  $\omega$ -3 жирными кислотами и пищевыми волокнами / Т.А. Юдина, А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева, Р.Х. Кандроков // Пищевая промышленность. – 2022. – №2 – С. 41-44. – DOI: 10.52653/PPI.2022.2.2.009.
4. *Матюнина, А.В.* Прогнозирование срока годности печенья с высоким содержанием  $\omega$ -3 жирных кислот / А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева, Н.Б. Кондратьев, С.Ю. Мистенёва, Н.В. Петрова // Пищевая промышленность. – 2022. – №6 – С. 43-46. – DOI:10.52653/PPI.2022.6.6.010.

##### ***Сборники, материалы конференций и другие научные издания:***

5. *Матюнина, А.В.* «Барьер» подход к продлению сроков годности / А.В. Матюнина // Сб. материалов VII Международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых». – Новосибирск: ФГБОУВО НГАУ, 2019. – С. 314-315.

6. Матюнина, А.В. К вопросу о сроках годности / А.В. Матюнина, Т.В. Савенкова //Материалы XII Международной конференции «Кондитерские изделия XXI века». – Москва: МПА, 2019. – С.163-164.
7. Матюнина, А.В. Использование газовой модифицированной среды для увеличения сроков годности мучных кондитерских изделий / А.В. Матюнина // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество». – Новосибирская обл.: СФНЦА РАН, 2021. – С. 355-357.
8. Зайцева, Л.В. Обогащённые безглютеновые хлебобулочные изделия / Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, Н.В. Рубан, А.В. Матюнина, А.С. Малахова // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд : науч. сб. ФГБУ НИИПХ Росрезерва; под общ. ред. А.Н. Турты. – М.: Галлея-Принт,2021. – Вып. XVI. – С.71-93.
9. Матюнина, А.В. Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий без глютена на основе анализа предпочтений потребителей/ А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева// Товаровед продовольственных товаров.– 2022.– №5.– С. 322-324.

#### ***Патенты на изобретение:***

- 10.Патент № 2775071Российская Федерация, МПК А21D 13/04 (2006.01), 13/08 (2017.01). Печенье без глютена обогащённое: № 2022107150 заявлено 18.03.2022: опубл. 28.06.2022 / А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева, И.Г. Белявская, Е.В. Алексеенко. – 19 с.

#### **SUMMARY**

Gluten-free cookies with a high content of  $\omega$ -3 fatty acids (0.7g/100g) and dietary fiber (3.2 g/100g) have been developed using the principles of food combinatorics. Based on the analysis of the chemical composition, the following gluten-free raw materials were selected: rice flour, corn flour, lupine flour and chia flour. Determining the optimal ratio between different types of flour made it possible to obtain cookies with balanced proteins (amino acid score 92%; biological value 76%).The use of a milk fat substitute with  $\omega$ -3 fatty acids as a fat raw material contributed to the achievement of a ratio between the main groups of fatty acids in the fat fraction of cookies, close to ideal fat (1.2:1:0.8), with an  $\omega$ -6: $\omega$ -3 ratio equal to 3:1.The efficiency of storing packaged cookies using MAP ( $\text{CO}_2:\text{N}_2=50:50$  rpm) has been proven to extend its shelf-life without additional preservatives and antioxidants. The possibility of using the «accelerated aging» method to predict the shelf-life of cookies with  $\omega$ -3 fatty acids to reduce the time of research and the number of test samples has been confirmed.

#### ***Список сокращений:***

АКС - аминокислотный скор, БЦ – биологическая ценность, ЖК - жирные кислоты, ЖКС – жирнокислотный состав, ЗМЖ – заменитель молочного жира, МГС –модифицированная газовая среда, МКИ – мучные кондитерские изделия, МНЖК – мононенасыщенные жирные кислоты, НАК – незаменимые аминокислоты, НЖК – насыщенные жирные кислоты, ПВ – пищевые волокна, ПНЖК –полиненасыщенные жирные кислоты, ПЧ – перекисное число.