

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
КОНДИТЕРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ – ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ
ИМ. В.М. ГОРБАТОВА» РАН

На правах рукописи

МАТЮНИНА АЛЕКСАНДРА ВЛАДИМИРОВНА

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

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент
Зайцева Лариса Валентиновна

Москва, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
ГЛАВА 1 Обзор литературы.....	12
1.1 Состояние рынка пищевой продукции без глютена и перспективы его развития.....	12
1.2 Безглютеновая диета	15
1.3 Применение принципов пищевой комбинаторики к разработке обогащённых мучных кондитерских изделий.....	20
1.4 Сырье для производства мучных кондитерских изделий без глютена	24
1.4.1 Мука, используемая при производстве мучных кондитерских изделий без глютена.....	25
1.4.2 Жировое сырье в производстве мучных кондитерских изделий без глютена	32
1.5 Усовершенствование технологии сдобного печенья без глютена.....	34
1.6 Увеличение сроков годности мучных кондитерских изделий	43
1.6.1 Использование модифицированной газовой среды, как неинвазивный способ продления сроков годности	43
1.6.2 Упаковка как средство для сохранения пищевой продукции..	49
ГЛАВА 2 Объекты и методы исследований	53
2.1 Организация работы и схема проведения исследования	53
2.2 Объекты исследований	55
2.3 Методы исследований	57
2.3.1 Физико-химические методы исследований	57
2.3.2 Микробиологические методы исследований	64
2.3.3 Определение органолептических показателей	64
2.3.4 Математические методы исследований	65
2.3.5 Расчёт аминокислотного сора, коэффициента различия	

аминокислотного сора и биологической ценности	65
ГЛАВА 3 Результаты исследований и их обсуждение	67
3.1 Разработка системного подхода к конструированию обогащённого печенья без глютена с применением принципов пищевой комбинаторики.....	67
3.2 Исследование химического состава различных видов муки, не содержащей глютен, в качестве источника обогащающих нутриентов естественных функциональных пищевых ингредиентов.....	69
3.3 Исследование влияния добавляемых количеств люпиновой муки и муки чиа на показатели качества печенья и его пищевую ценность ...	74
3.4 Обоснование выбора заменителя молочного жира с ω -3 жирными кислотами для получения обогащённого печенья без глютена	82
3.5 Разработка рецептуры и технологии печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья, и расчет его пищевой ценности.....	86
3.5.1 Исследование гранулометрического состава муки	87
3.5.2 Внесение изменений в технологические параметры процесса производства обогащённого печенья без глютена.....	89
3.5.3 Расчёт пищевой ценности обогащённого печенья без глютена ...	92
3.6 Изучение влияния модифицированной газовой среды на показатели качества сдобного печенья в процессе хранения, выбор состава МГС.....	98
3.7 Исследование протекания процессов окислительной порчи в обогащённом ω -3 жирными кислотами печенье без глютена и прогнозирования его срока годности с помощью метода «ускоренного старения»	103
3.8 Разработка нормативной документации на обогащённое печенье без	

глютена и опытно-промышленная апробация результатов исследований	112
Заключение.....	125
Список сокращений.....	127
Список литературы.....	129
Приложения	162
Приложение А Расчёт аминокислотного сора белков различных видов муки	163
Приложение Б Расчёт энергетической ценности печенья по исходной рецептуре и обогащённого печенья без глютена по разработанной рецептуре	167
Приложение В Расчёт аминокислотного сора и биологической ценности белков обогащённого печенья без глютена по разработанной технологии и контрольного образца	170
Приложение Г Акт производственных испытаний	176
Приложение Д Патент на изобретение.....	183
Приложение Е Технические условия на обогащённое печенье без глютена	185
Приложение Ж Технологическая инструкция на производство обогащённого печенья без глютена.....	187

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Повышение продолжительности жизни населения Российской Федерации – одна из главных стратегических задач, поставленных Президентом перед Правительством (Указ Президента РФ 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. Разработанная по поручению Президента РФ (Пр-1259 от 26.06.2015) «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» предусматривает производство пищевой продукции нового поколения с заданными показателями качества, обеспечивающей оптимальное питание, профилактику различных заболеваний в целях увеличения продолжительности и повышения качества жизни граждан Российской Федерации [80, 120].

В Федеральном законе № 29-ФЗ «О качестве и безопасности пищевых продуктов» (ред. от 13.07.2020) сделан акцент на увеличение выпуска пищевой продукции с учётом принципов здорового питания: соответствие химического состава пищевой продукции физиологическим потребностям человека в макронутриентах и микронутриентах; сниженное содержание в ней насыщенных жиров (включая трансизомеры жирных кислот), простых сахаров и поваренной соли; обогащение витаминами, пищевыми волокнами (ПВ) и биологически активными веществами [40, 128, 134, 165].

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 [153, 169, 196, 213, 254]. 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, овёс или их кроссбредных вариантов, полученных путём их скрещивания [125].

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 [8].

В питании всех групп населения Российской Федерации отмечен дефицит в потреблении полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) класса ω -3 жирных кислот и ПВ [128]. Актуальность внесения этих функциональных нутриентов в пищевую продукцию отражена выделением отдельных категорий обогащённой продукции в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части её маркировки» [123].

При разработке новых рецептур может осуществляться комплексный подход, основанный не только на расчёте их энергетической ценности, но учитывающий также потребительские характеристики готовых изделий, биологическую ценность (БЦ), пищевую безопасность, качество и технологические свойства, что позволяет, в конечном итоге, повысить их конкурентоспособность [75].

Системный подход к конструированию мультикомпонентной пищевой системы, в частности, печенья без глютена, при сохранении приемлемых органолептических свойств и потребительских предпочтений может быть осуществлен с применением принципов пищевой комбинаторики, разработанных академиком Н.Н. Липатовым (младшим) и широко используемых в научных

школах целого ряда университетов РФ при создании сбалансированных пищевых рационов.

В связи с вышеизложенным разработка МКИ без глютена, обогащенных ω -3 жирными кислотами и ПВ, является актуальной и может быть осуществлена с применением принципов пищевой комбинаторики.

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. Алексеенко, 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, В.Я. Шатнюк, Л.Н. Шендерова и многих других ведущих учёных. Вместе с тем отсутствуют разработки печенья без глютена, обогащённого ω -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 ω -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, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами, 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 ω -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 ω -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; ω -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 ω -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 натуральными 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 ω -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».

Публикации. По материалам диссертации 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; 1 – патент.

Структура и объем работы. 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.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Состояние рынка пищевой продукции без глютена и перспективы его развития

Анализ рынка кондитерских изделий в России показал преобладание сегмента мучных кондитерских изделий (МКИ), на долю которых приходится 54% рынка. При этом большая часть МКИ приходится на печенье [8]. Согласно данным BusinesStat «Анализ рынка мучных кондитерских изделий в России в 2018 – 2022 гг, прогноз на 2023 – 2027 гг. Структура розничной торговли», в 2018 – 2022 годах на долю печенья пришлось в среднем 36,7% продаж МКИ, на кексы и рулеты – 14,4%, вафли – 11,2% (рисунок 1.1.1).



Рисунок 1.1.1 – Доля продаж МКИ (%) в 2018 – 2022 гг [8]

Это обусловлено тем, что печенье является простой и удобной формой пищевой продукции для использования в качестве снеков, а также при перекусах между основными приемами пищи. Как правило, оно упаковано порционно в

индивидуальную упаковку, что дает преимущество в соблюдении правил гигиены при употреблении [246].

По данным Глобального прогноза рынка пищевых продуктов без глютена 2023 – 2027 г. из МКИ печенье считается наиболее потребляемым во всем мире продуктом без глютена на основе злаков [254].

В странах Европы, США, Африки широко известно использование муки без глютена как для профилактики, так и для лечения больных целиакией [164, 169, 177, 208, 211, 233, 252, 254] при производстве хлеба [186, 235], хлебобулочных изделий [4, 46, 49, 146, 212], макаронных изделий [143, 169, 228], напитков [62], детского питания [9, 131], МКИ [154, 197, 221, 231] и в большей степени печенья [130, 144, 151, 156, 168, 191, 192, 194, 206, 207, 240]. Чаще всего при производстве пищевой продукции без глютена используются кукуруза [145], рис [182], сорго [175], псевдозерновые, такие как: амарант, гречиха, киноа [186, 191, 192], бобовые: нут, фасоль, бобы [244, 249, 255], сладкий картофель, батат [178, 219].

На российском рынке представлены следующие пищевые продукты без глютена: сухие завтраки Нестле, макаронные изделия фирм «Макфа», «Диетика», «Америа» сухие смеси для приготовления пиццы, хлеба, кексов, блинов фирмы «Гарнец», хлебцы и зерновые батончики фирм «Dr. Korner», «BioFoodLab», сдобное печенье, кексы и маффины фирм «Диетика», «Здоровей», «FoodCode». При этом выбор обогащённой продукции без глютена ограничен и представлен в основном макаронными изделиями и зерновыми батончиками с добавлением амаранта, ламинарии, витаминно-минеральных комплексов («Америа», «BioFoodLab»).

Таким образом, на сегодняшний день имеется небольшой ассортимент МКИ без глютена, включая печенье, с практически полным отсутствием в этом сегменте обогащённой продукции [85-92].

Растущий интерес к пищевой продукции без глютена делает крайне важным понимание механизма восприятия потребителями заявлений о том, что они не содержат глютен [116]. В странах Европы, США и др. на этикетках продуктов без

глютена используют утверждения: «без глютена» («Gluten - free») и/или символы перечеркнутого зерна (рисунок 1.1.2).



Рисунок 1.1.2 – Примеры утверждений маркировки продуктов без глютена [116]

В Российской Федерации, согласно требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» - «для пищевой продукции, содержащей в своем составе зерновые компоненты, после указания состава продукта допускается размещать надпись «Не содержит глютена», в случае, если не использовались зерновые компоненты, содержащие глютен или глютен был удален» [123].

В настоящее время у многих потребителей здоровое питание, как часть здорового образа жизни, ассоциируется с введенным маркетологами лейблом «чистая этикетка». Понятие «чистая этикетка» (Clean Label) – это особый знак, которым отмечают продукты, приготовленные из натуральных, простых и полезных ингредиентов, прошедших минимальную обработку. Как правило, при этом продукт содержит минимальный набор ингредиентов и не включает пищевых добавок [98, 224].

Впервые знак Clean Label появился в начале 2000-х годов в Великобритании, где производители пищевой продукции решили пойти

навстречу потребителям, которые были обеспокоены значительным увеличением содержания в продуктах промышленного производства пищевых добавок и их воздействием на здоровье. Сегодня эта тенденция распространилась по всему миру. В настоящее время термин «чистая этикетка» не зарегистрирован в нормативных документах и не регулируется законодательством РФ. При этом ежегодно увеличивается популярность продуктов, имеющих эту маркировку [140]. Наличие этикетки Clean Label гарантирует:

- Отсутствие в продукте ингредиентов с непонятными простому потребителю названиями;
- Отсутствие ингредиентов с негативным имиджем (например, глутамат натрия);
- Минимальную степень химической и/или физической обработки продукта.

По статистике, самыми «пугающими» ингредиентами для россиян считаются консерванты, усилители вкуса и аромата, антибиотики, гормоны роста, ГМО.

Основываясь на потребительских предпочтениях и современном состоянии рынка пищевой продукции без глютена в РФ, можно сделать заключение, что разработка обогащённого печенья без глютена с минимальным набором сырьевых ингредиентов является актуальной.

1.2 Безглютеновая диета

Около 1% населения мира страдает глютеновой энтеропатией [153, 169, 196, 213, 254], и его численность продолжает расти, в первую очередь в Европе, Австралии и Северной Америке [183, 208, 254].

«Целиакия – хроническое и прогрессирующее без применения диетотерапии заболевание, характеризующееся атрофией слизистой оболочки тонкой кишки в

результате непереносимости глиаина – компонента белка глютена пшеницы, ржи и ячменя, а по некоторым данным – и овса» [128].

Люди, страдающие целиакией, вынуждены соблюдать строгую безглютеновую диету на протяжении всей жизни. Часто их рацион питания не сбалансирован, что сопровождается дефицитом белка, ПВ, минералов, витаминов, незаменимых аминокислот, ненасыщенных жирных кислот, БАВ [132, 138, 153, 164, 182, 208].

Симптомы людей, страдающих целиакией, включают нарушения со стороны ЖКТ и других органов организма человека (рисунок 1.2.1).

Целиакия не единственное заболевание, связанное с потреблением глютена. Фактически, глютен также вызывает другие патологии, сгруппированные под термином «расстройства, связанные с глютенном»: чувствительность к глютену без целиакии, герпетиформный дерматит, атаксия глютена и аллергия на пшеницу [177, 196].

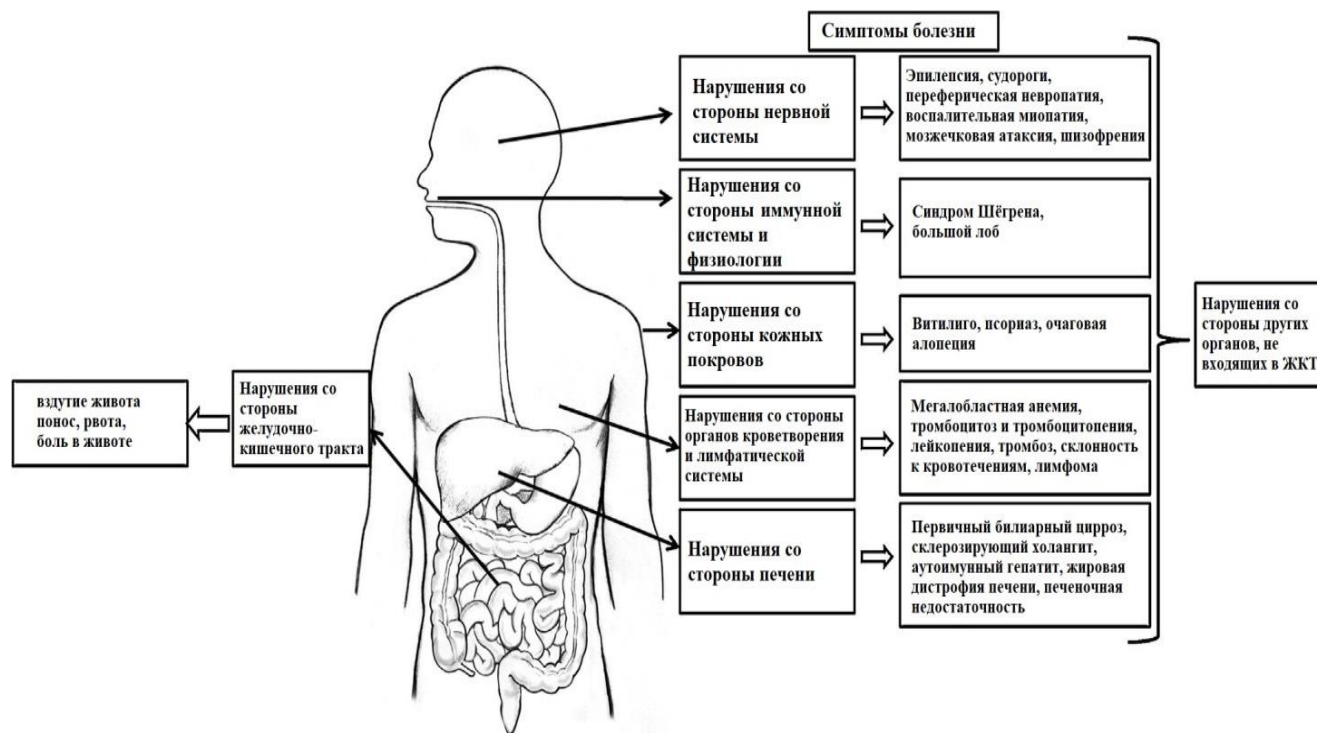


Рисунок 1.2.1 – Нарушения при заболевании целиакией [196]

На сегодняшний день единственной терапией при заболеваниях, связанных с непереносимостью глютена, является строгое соблюдение диеты с ограничением употребления злаков: пшеницы, ржи, некоторых сортов овса и их производных. Диета состоит из таких продуктов, как: злаки и псевдозерновые культуры, не содержащие глютен (рис, кукуруза, гречиха, просо, ячмень, саго), фрукты, овощи, бобовые, мясо, молочные продукты, сливочные и растительные масла, нежирные сорта мяса [128, 134].

Углеводы в диете, в основном, представлены крахмалом, моно- и дисахаридами. Часто диета больных целиакией не сбалансирована из-за высокого содержания в ней насыщенных жирных кислот, легкоусвояемых углеводов при недостатке ПВ, ω -3 жирных кислот, железа, цинка, магния, кальция, витамина В₁₂ и фолиевой кислоты [153, 164, 208].

Анализ мучных изделий без глютена показал, что многие из них имеют высокий гликемический индекс из-за значительного содержания в их составе крахмала [158, 183, 217]. Гликемический индекс – это степень повышения уровня глюкозы в крови через два часа после употребления углеводной пищи [211].

Крахмал является одним из важных сырьевых компонентов, используемых в рецептурах пищевой продукции без глютена. Он заменяет глютен, улучшает реологические свойства теста, участвует в образовании и поддержании определенной структуры мучного изделия. Источником крахмала служат прежде всего злаковые культуры и продукты их переработки (рис, кукуруза, тапиока, саго). Отмечено, что саго и тапиока, богатые углеводами, витаминами, минеральными веществами, в меньшей степени распространены на европейском континенте из-за произрастания в Азиатских странах и Океании, поэтому в странах европейского региона, включая РФ, их часто заменяют на кукурузный, рисовый или картофельный крахмал [31, 114]. Содержание крахмала в печенье составляет 34,4 – 50,8 г в 100 г продукта [128]. Крахмал переваривается α -амилазой слюны, а также поджелудочной железы, а затем пограничным

ферментом в молекулы глюкозы в желудочно-кишечном тракте, что способствует повышению уровня глюкозы в крови (рисунок 1.2.2).

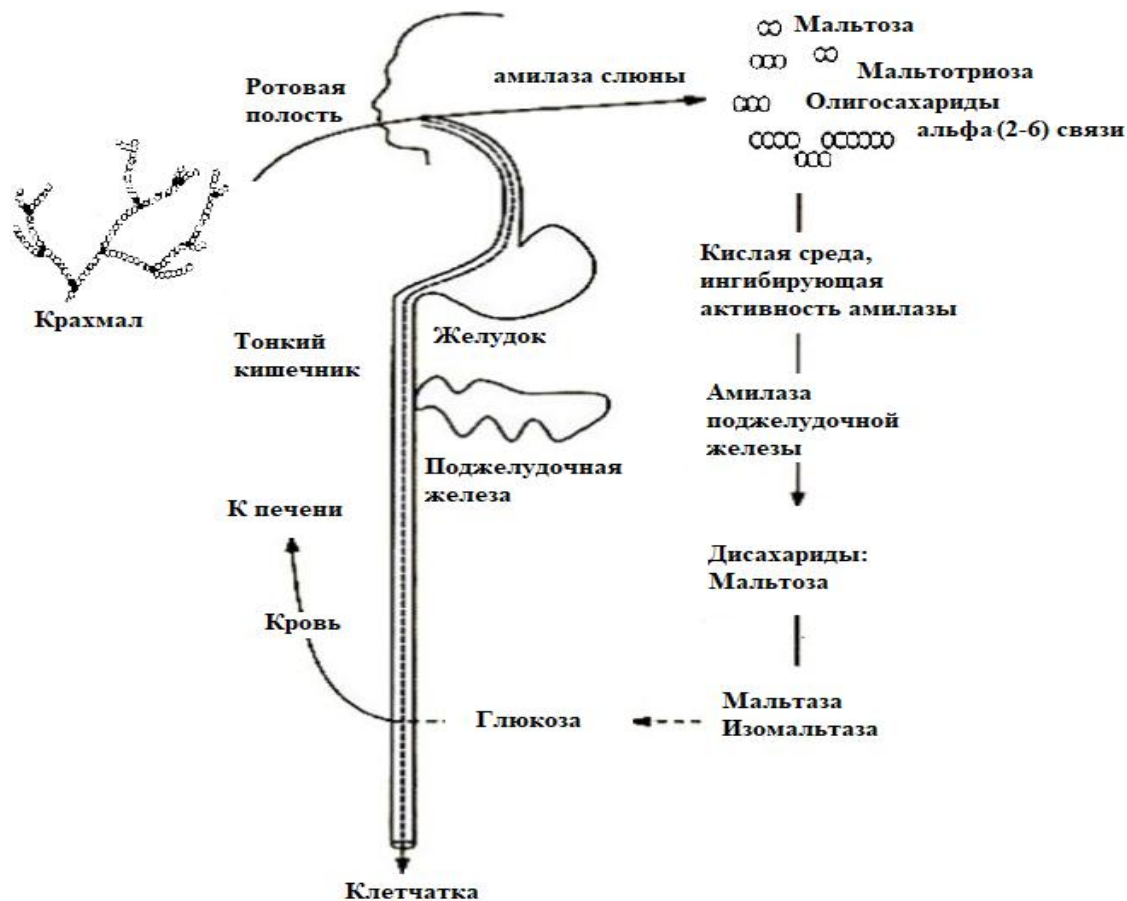


Рисунок 1.2.2 Гидролиз крахмала в организме человека [183, 217]

С точки зрения физиологии, крахмал классифицируется на легкоусвояемый крахмал, медленно усвояемый и устойчивый (резистентный) крахмал [217]. Пища с высоким содержанием усвояемого крахмала (белый хлеб, мёд, вафли, мюсли с орехами и изюмом и т.п.) приводит к быстрому выбросу глюкозы в кровоток и, следовательно, характеризуется высоким гликемическим индексом [183, 217].

Установлено, что ежедневное потребление продуктов с высоким гликемическим индексом (более 71) способствует развитию таких дегенеративных заболеваний, как диабет 2 типа, сердечно-сосудистые заболевания и ожирение [153, 187, 211]. С другой стороны, продукты с медленно усвояемым или устойчивым крахмалом имеют низкий гликемический индекс

(менее 40) и помогают в профилактике метаболических нарушений, таких как гиполиппротеинемия, а также в снижении окислительного стресса [133]. Устойчивый крахмал относится к фракции крахмала, которая не переваривается в тонком кишечнике, но ферментируется микроорганизмами толстой кишки с образованием короткоцепочечных жирных кислот, которые обеспечивают организм дополнительной энергией, а также высокой концентрацией бутирата [217], провоцирующего снижение риска развития рака толстой кишки (рисунок 1.2.3).

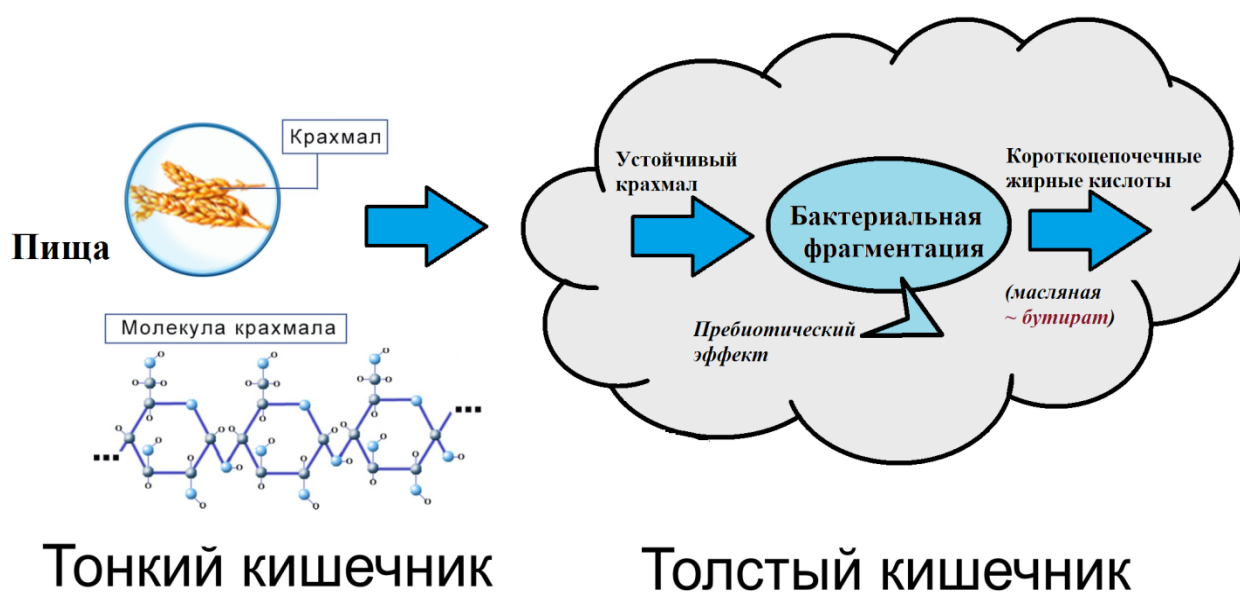


Рисунок 1.2.3 – Метаболизм устойчивый крахмала в организме человека [217]

Таким образом, употребление продуктов с высоким содержанием медленно усвояемого и/или устойчивого крахмала является предпочтительным. Источниками устойчивого крахмала являются рис, булгур, горох, семена чиа, батат и т.п. [45, 113, 218, 220].

При безглютеновой диете рекомендованы нежирные виды рыбы, в качестве закуски – икра осетровых, сливочное масло, растительные жиры (не более 1 г/кг массы тела), исключаются тугоплавкие жиры (говяжий, бараний), кулинарные жиры и твердых маргарины [128]. При этом основными видами растительных

масел в РФ являются подсолнечное и кукурузное, не содержащие незаменимую α -линоленовую кислоту, а икра осетровых рыб из-за высокой цены недоступна для ежедневного рациона большей части потребителей. Анализ безглютеновой диеты позволяет сделать заключение о недостатке в ней эссенциальных жирных кислот класса ω -3, включая α -линоленовую кислоту [48, 56], как и у всего населения РФ.

Таким образом, обогащение печенья без глютена жирными кислотами класса ω -3 является актуальным.

1.3 Применение принципов пищевой комбинаторики к разработке обогащённых мучных кондитерских изделий

Структура питания населения Российской Федерации в настоящее время является несбалансированной. Отмечается избыточное потребление животных жиров при усугубляющемся дефиците полиненасыщенных жирных кислот, в особенности класса ω -3, многих витаминов, макро- и микроэлементов, а также пищевых волокон [63, 128, 141]. Эффективным путём устранения дефицита основных макронутриентов является обогащение ими пищевых продуктов, присутствующих в продуктовом наборе всех групп населения.

Кондитерские изделия, находясь на вершине пирамиды питания, тем не менее входят в состав рационов питания всех групп населения Российской Федерации. Согласно современным представлениям, пища должна быть не только источником энергии, но и источником макро- и микронутриентов, включая эссенциальные нутриенты, а также биологически активные и балластные вещества. Кондитерские изделия в основном относятся к высококалорийным изделиям, но при этом часто обеднены присутствием необходимых для нормальной работы организма веществ. На этом основании, согласно современным тенденциям, необходимо увеличивать ассортимент обогащённых кондитерских изделий. Печенье, являясь широко востребованной группой

кондитерских изделий, имеет поликомпонентный состав (углеводы, жиры, белки), и поэтому может рассматриваться в качестве подходящего объекта для разработки функционального или обогащённого изделия [82, 117].

Формирование оптимального питания отдельных групп населения РФ, как и пищевых рационов отдельных индивидуумов, в последние годы успешно осуществляется с применением принципов пищевой комбинаторики, разработанных академиком Н.Н. Липатовым (младшим).

Пищевая комбинаторика относится к способам разработки пищевых рационов с заданными свойствами, основанном на расчёте балансов основных пищевых и биологически активных веществ при комбинировании их из различных видов сырья [64 – 66].

Н.Н. Липатовым были сформулированы следующие принципы конструирования состава сбалансированных пищевых продуктов и рационов:

«– рационально сбалансированной рецептуре соответствует рационально сбалансированный продукт;

– в любом наборе белоксодержащих ингредиентов существует такое их соотношение, которое обеспечивает максимально сбалансированный по отношению к статистически обоснованному эталону аминокислотный состав;

– за счет внесения дополнительных жиросодержащих ингредиентов можно целенаправленно изменять жирнокислотный состав проектируемого продукта;

– в любом наборе жиросодержащих ингредиентов существует такое их соотношение, при котором соотношение между насыщенными, мононенасыщенными и полиненасыщенными жирными кислотами максимально приближается к задаваемому;

– при проектировании рецептур продукта, входящего в рацион, необходимо учитывать состав блюд и продуктов, единовременно потребляемых с проектируемыми;

– существует такой состав многокомпонентного продукта, входящего в рацион единовременного или суточного потребления, который балансирует данный

рацион по энергетической ценности, соотношению макро- и микронутриентов и набору балластных компонентов пищи» [63, 65].

Таким образом, основной принцип пищевой комбинаторики по мнению Н.Н. Липатова (младшего) заключается в том, что вновь спроектированные пищевые продукты, адекватные традиционным по органолептическим показателям и структурным формам, должны быть скомбинированы из отдельных составляющих таким образом, чтобы в организме человека обеспечивалось поддержание условного оптимального материального и энергетического баланса [65, 68].

В настоящее время в целом ряде университетов Российской Федерации созданы научные направления и школы по разработке пищевых рационов различных групп населения и некоторых пищевых продуктов (в основном продуктов переработки молока и мяса) с использованием принципов пищевой комбинаторики, в частности, в институте точной механики и оптики (ИТМО, Санкт-Петербург), ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» и других [1, 53, 75, 76, 78, 94, 95, 96, 111, 137].

Конструирование пищевого продукта позволяет принципиально по-новому, более гибко подходить к комплексному решению проблемы нутрициологического и технологического обеспечения промышленного производства пищевой продукции с учетом требований отдельных групп и индивидуумов, включая детей, лиц пожилого возраста, а также лиц с нарушением метаболизма тех или иных питательных веществ [6, 42, 43, 55, 74, 94, 96, 106, 107, 137].

По степени соответствия структуры и состава конструируемого продукта адекватной модели или эталону пищевые продукты можно разделить на две основные группы:

– пищевые продукты 2-го поколения – это продукты, в которых благодаря их многокомпонентному составу обеспечивается задаваемый уровень соотношения питательных веществ статистически обоснованному эталону,

учитывающему специфику метаболизма у конкретных групп населения, объединенных национальными, возрастными или иными признаками;

– пищевые продукты 3-го поколения – это продукты, массовые доли компонентов в которых подобраны таким образом, что они обуславливают возможность целевого и функционального питания определенных групп населения.

Проектирование пищевых продуктов 2-го поколения складывается из следующих основных этапов:

– моделирование аминокислотного состава белоксодержащего компонента продукта максимально приближенного к эталону путем выбора белоксодержащего сырья на основе анализа его аминокислотного состава;

– моделирование жирового пищевого продукта, приближенного к физиологически требуемому соотношению между различными группами жирных кислот (насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных) или углеводного состава (легкоусвояемые углеводы, пищевые волокна) путем выбора соответствующих видов сырья.

При проектировании пищевых продуктов 3-го поколения необходимо повышать их пищевую ценность. Путем обогащения их эссенциальными или биологически активными веществами с учетом специфики решаемой задачи [84].

Мучные кондитерские изделия относятся к многокомпонентным пищевым системам, содержащим основные нутриенты – белки, жиры и углеводы, состав которых может быть сбалансирован [54, 61]. Наличие водной и жировой фазы в технологической цепочке позволяет их обогащать, как водорастворимыми, так и жирорастворимыми биологически активными веществами, дефицит которых отмечен в питании россиян.

Таким образом, использование принципов пищевой комбинаторики, по нашему мнению, может быть эффективным при выборе сырья в качестве источника естественных функциональных пищевых ингредиентов, разработки

рецептуры и технологии обогащённых сортов МКИ, включая печенье без глютена, то есть для создания пищевых продуктов 3-го поколения.

1.4 Сырье для производства мучных кондитерских изделий без глютена

С учетом требований Федерального закона от 02.01.2000 г. № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2020 г) «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и положений «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» актуальным является разработка новых функциональных, обогащённых и специализированных продуктов. Рынок пищевой продукции без глютена на сегодняшний день уже представляет собой один из самых перспективных в области продуктов питания и напитков [128, 177, 208, 246].

В последние годы наблюдается резкое внимание к проблемам питания и значительный рост количества людей, страдающих такими заболеваниями, как ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания, инсульт, гипертония, некоторые виды рака, целиакия [128, 196]. Помимо утоления голода и обеспечения людей энергией и питательными веществами, пищевая продукция должна предотвращать заболевания, связанные с питанием, и улучшать физическое и психическое благополучие потребителей. Сниженное потребление рыбы и рыбных продуктов, фруктов и овощей и избыточное потребление животных жиров провоцирует в структуре питания населения России дефицит полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), пищевых волокон (ПВ), белков, витаминов и др. [47, 48, 100, 128, 198].

При разработке продуктов для здорового питания следует уделять особое внимание различным возрастным группам, таким как пожилые люди, молодежь и младенцы, следует учитывать различные факторы, такие как проблемы со здоровьем, текущий спрос, стоимость и потребительские предпочтения [198].

Известно, что МКИ без глютена содержат крахмал, замещающий глютен, для улучшения реологических свойств теста и поддержания структуры готового

изделия. В отличие от хлеба и макарон, глютенная сеть в печенье может быть незначительно развита, что расширяет выбор ингредиентов с повышенной пищевой ценностью [93, 153, 186, 188, 244].

Для улучшения структуры МКИ часто используют внесение в рецептуры гидроколлоидов. Имеются исследования по применению гуаровой камеди [188], гуммиарабика [244], карбоксиметилцеллюлозы [186], эмульгаторов моностеарат глицерина, стеарил-2-лактат натрия и лецитин [239], фермента трансглутаминазы [145] в рецептурах мучных изделий без глютена в качестве улучшителей и структурообразователей для повышения пористости изделия и замедления ретроградации крахмала.

Для улучшения структуры изделий и одновременного повышения в них содержания ПВ имеются разработки хлебобулочных и МКИ без глютена с внесением в их состав муки киноа, каштановой муки, муки подорожника, а также продуктов переработки плодов, ягод, водорослей [71, 127, 139, 146, 148, 149, 152, 155, 162, 163, 167, 171, 173, 175, 180, 209, 221, 234, 240, 242, 243, 252].

С целью обогащения белком МКИ без глютена в исследованиях используется такое сырье, как молочная сыворотка [232], бобовые – горох, фасоль, нут [228, 244, 249, 250, 255], соя [216, 239], костная мука тилапии [72, 203]. С целью обогащения МКИ без глютена ПНЖК (ω -3 жирными кислотами) используется льняное семя [147, 223], семена люцерны [181, 233].

1.4.1 Мука, используемая при производстве мучных кондитерских изделий без глютена

Целью многих исследований является использование муки из альтернативных сортов, которая могла повысить пищевую ценность и улучшить органолептические свойства МКИ без глютена, включая печенье. При производстве печенья без глютена в качестве основного сырья чаще всего

используются рисовая и кукурузная мука [130, 144, 151, 154, 157, 182, 205, 206, 230].

Рис – зерновая культура, которая произрастает в Юго-Восточной Азии, Китае и Африке. Рисовая мука является одной из наиболее подходящих зерновых культур для приготовления пищевой продукции без глютена из-за ее вкуса, внешнего вида, гипоаллергенных свойств, низкой стоимости и доступности [151, 157, 225, 256]. Большая часть рисовой муки представлена крахмалом при незначительном содержании белков и липидов. Белок рисовой муки богат незаменимыми аминокислотами, такими как треонин, фенилаланин + тирозин и метионин + цистеин, но имеет дефицит по лизину, как и белки пшеницы и ржи [4, 114].

Известно, что измельчение дроблёных зерен риса в муку является одним из методов повышения ценности поврежденных или дробленых зерен. Однако, в процессе измельчения белого риса значительная питательная составляющая удаляется. Использование коричневого риса в тесте в рецептуре изготовления печенья может привести к его твёрдости. Имеются исследования, направленные на изучение процессов проращивания зерен риса и изготовления МКИ с повышенной пищевой ценностью [151, 157, 225, 236, 237]. Их недостатком является усложнение технологии производства изделия и вследствие этого повышение его себестоимости.

Кукуруза сахарная, маис (лат. *Zéa máys*) – культурное растение рода *Zea* семейства злаковых Poaceae, произрастающее в Китае, США, России, Аргентине, Бразилии и других странах мира. Кукурузная мука также в основном содержит крахмал, содержание белков в ней 6,0 – 9,5 г/100 г продукта [4, 114]. Также она богата витаминами (D, E, PP, K, B₁, B₂, аскорбиновой кислотой), минеральными веществами (солями фосфора, калия, кальция, железа и магния), и микроэлементами (никелем и медью). Белок кукурузной муки более сбалансирован по сравнению с белком рисовой муки, но также дефицитен по

лизину (рисунок 1.4.1.1 а). Благодаря своему выразительному желтому цвету кукурузная мука придает янтарно-желтый оттенок готовым изделиям.

Кукурузная мука используется только в совокупности с другими видами муки: рисовой, гречневой, сорго, просо, киноа по причине ее отрицательного влияния на реологические свойства теста и качество печенья [145, 198, 205, 230].

Амарант является псевдозерновой культурой, принадлежит к классу двудольных в семействе Amaranthaceae и выращивается в Гималаях в Индии от Кашмира до Бутана, а также на холмах южной Индии. Амарант набирает популярность благодаря своей пищевой ценности и агрономическим характеристикам (способности расти в сухой почве, на большой высоте и при высоких температурах). Зерна амаранта проявляют антиоксидантную активность, которая объясняется содержанием в них полифенолов, антоцианов, флавоноидов и токоферолов. Антиоксиданты могут играть важную роль в ингибировании свободных радикалов и окислительных цепных реакций в тканях и мембранах [156]. Зёрна амаранта содержат такие витамины, как тиамин, ниацин, рибофлавин и фолат, а также кальций, железо, магний, фосфор, цинк, медь и марганец. Амарантовая мука используется как добавка к другим видам муки (рисовой, кукурузной, гречневой) в сочетании с различными видами крахмалов.

Амарантовая мука содержит большее количество белка (13,0 – 21,5 %) по сравнению с рисовой и кукурузной мукой [115, 131]. Белок имеет достаточно сбалансированный аминокислотный состав, чаще всего лимитирующей кислотой в нем является лейцин, а также изолейцин, иногда валин [115]. Поэтому амарантовая мука широко используется в производстве безглютеновых изделий, включая составление белковых композиций с рисовой и кукурузной мукой по принципу взаимодополняемости [115, 130, 131, 156, 191, 194, 214].

Гречиха – это безглютеновая псевдозерновая культура, принадлежащая к семейству Polygonaceae. Содержание белка в гречневой муке составляет 7,5 – 13,4 % и он более сбалансирован по аминокислотному составу, по сравнению с рисовой мукой [114, 130, 131]. Гречка является источником

витаминов В и Е, а также кальция, магния, железа и полифенолов. Преобладающими фенольными соединениями гречихи являются рутин и кверцетин. Особым преимуществом включения гречневой муки в хлебобулочные изделия является ее способность сохранять антиоксидантную способность после термической обработки [79, 186, 210].

На ряду с амарантовой мукой гречневая мука также используется в производстве изделий без глютена для повышения пищевой ценности [130, 131, 145, 186, 210]. Однако, при производстве печенья гречневая мука часто комбинируется с другими видами муки. Это обусловлено наличием в ее вкусе горечи, связанной с высокой концентрацией рутина. В связи с тем, что гречневая мука обладает определенным привкусом и запахом, ее количество в рецептурах МКИ не превышает 30% от всей муки [145, 186, 210]. Устранить горечь удастся путем соложения зёрен гречки [145, 210], что усложняет процесс производства изделия и повышает его себестоимость.

Люпин (лат. *Lupinus*) - род растений из семейства бобовых, произрастающих в России, Средиземноморье, Африке. С давних времен люпин используется в качестве кормовой культуры, богатой белком, при скотоводстве и качестве зеленого удобрения, богатым азотом, в земледелии [73]. В сельскохозяйственном производстве России используются 4 вида люпина: желтый, узколистый, белый и многолистый. Среди рассматриваемых видов люпина узколистый является самым скороспелым, вегетационный период которого равен 90 – 120 дней в зависимости от погодных условий и уровня плодородия почвы [3, 83].

В последние годы выведены сорта люпина, муку из зёрен которого разрешено использовать при производстве пищевой продукции. При культивировании достигнуто высокое содержание физиологически активных компонентов: стеролов, тритерпеновых спиртов, токоферолов, углеводов, каротина + каротиноидов, фосфолипидов. Содержание липидов в люпиновой

муке выше, чем в рисовой, кукурузной, гречневой и амарантовой муке [60, 73, 110, 224].

В липидах семян люпина достаточно высокое содержание каротиноидов (10 – 21 мг/100 г), причем 90 % из них представлено каротином. Содержание холина (аминоспирт, необходимый для биосинтеза лецитина) в семенах люпина составляет около 114 – 118 мг/100 г, что значительно выше, чем в семенах большинства других бобовых культур [73, 224]. Также люпиновая мука может являться источником таких макро- и микроэлементов, как калий, кальций, магний и железо [212].

Люпиновая мука содержит почти в 3 раза больше белка по сравнению с амарантовой мукой (более 30%). Белок люпина содержит все незаменимые аминокислоты, что отличает его от других бобовых растений, таких как соя, горох, чечевица, арахис [73].

Кроме того, люпиновая мука обладает связывающим эффектом, необходимым при разработке рецептуры мучных и других изделий без добавления яиц [110, 224, 231], что также может быть рассмотрено в качестве положительного фактора при разработке печенья в отсутствие глютена и добавления гидроколлоидов. Это свойство обеспечивается высоким содержанием (более 11,0 %) в ее составе ПВ [49, 73].

Имеются разработки по использованию люпиновой муки в рецептурах вафель, печенья, хлеба, майонезов, кисломолочных продуктов [73, 110, 212, 231]. Lupisan (Люписан) – измельченная (мелкодисперсная) люпиновая мука высокой биологической ценности, произведенная из зерен узколистного люпина (*Lupinus angustifolius* L.), путем очистки, вышелушивания и легкой обжарки с последующим размолотом бобов с использованием нового технологического процесса. Lupisan без горечи и обладает приятным ореховым вкусом [73].

Чиа, известная как *Salvia hispanica* L., является видом цветущего растения семейства мятных, произрастающего в Центральной и Южной Мексике и к северу от Гватемалы, которое относится к семейству Lamiaceae. Чиа была

классифицирована шведским ботаником Карлом фон Линнео в 1753 году, который назвал ее *Salvia*, что означает лечение. В цивилизации майя слово «чия» используется для обозначения «силы», воины потребляли эти семена для поддержания силы во время охоты и сражений благодаря их высокой пищевой ценности. В настоящее время семена чиа рекомендуются диетологами в качестве антигипертензивного, противовоспалительного, антиаритмического, антитромботического и антиоксидантного средства. Из-за способности образовывать студни при заваривании семена чиа добавляют в пудинги и коктейли. Семена чиа используют при производстве хлебобулочных изделий, сухих завтраков и злаковых батончиков, напитков и молочных продуктов [246]. При этом использование муки из семян чиа является не столь распространенным. Мука из семян чиа богата белком (19,0 - 23,0%), характеризующаяся сбалансированным аминокислотным составом [46]. Наличие в нем всех аминокислот превышает их содержание в идеальном белке (рисунок 1.4.1.1 б).

Особым преимуществом муки семян чиа является высокое содержание в ней ненасыщенных липидов, богатых дефицитными ω -3 жирными кислотами (около 20 г/100 г). Высокое содержание ω -3 жирных кислот в семенах чиа во взаимосвязи с дефицитом этих полиненасыщенных жирных кислот в питании населения нашло свое отражение в Решении Комиссии ЕС 2009/827/ЕС от 13 октября 2009 года по рекомендации обогащения хлебобулочных изделий мукой или семенами чиа до 5% [47].

Также мука чиа характеризуется высоким содержанием ПВ (18 - 30 %), что позволяет рассматривать ее в качестве перспективного сырья для обогащения МКИ эссенциальными жирными кислотами класса ω -3 и ПВ [46].

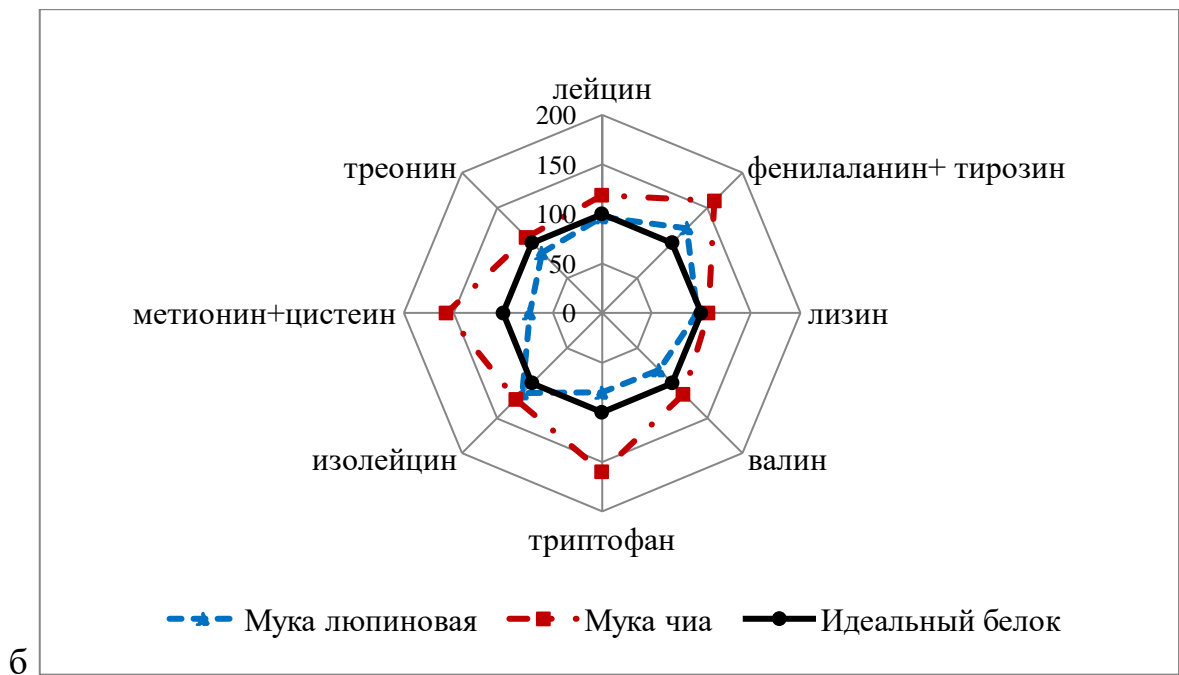
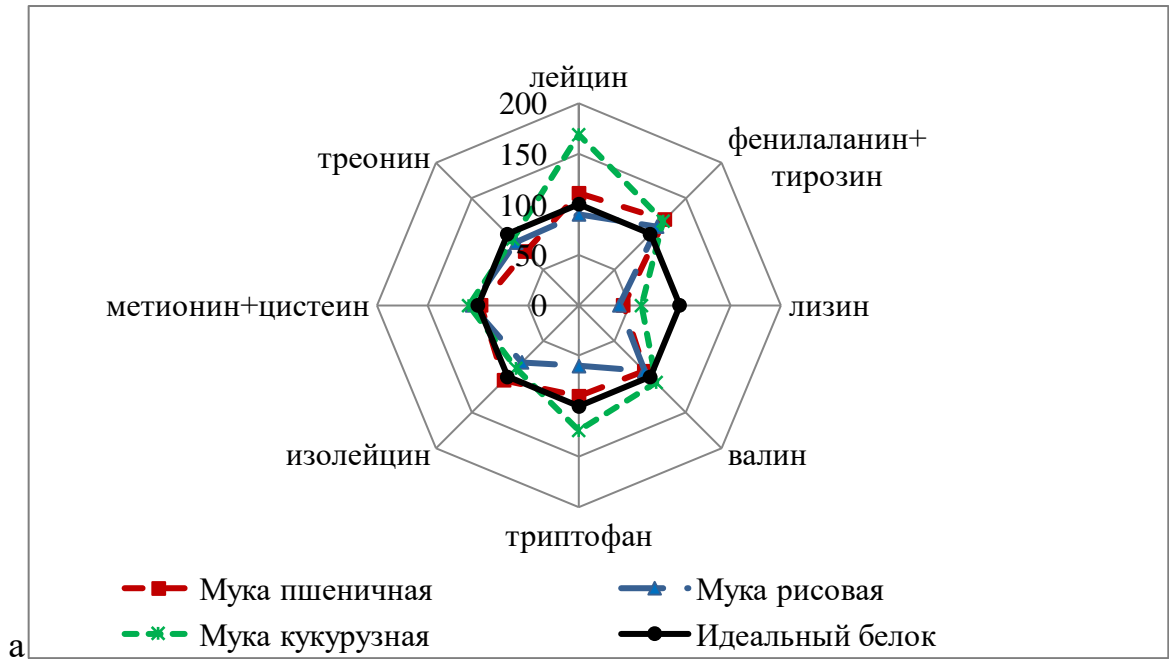


Рисунок 1.4.1.1 – Аминокислотный состав белков: а – пшеничной, рисовой, кукурузной [4, 114]; б – люпиновой муки и муки чиа [57,60]

На основании литературного обзора можно сделать вывод о том, что амарантовая, гречневая, люпиновая мука и мука чиа могут быть рассмотрены в

качестве дополнительного сырья к рисовой и кукурузной муке с целью получения МКИ без глютена со сбалансированным аминокислотным составом.

1.4.2 Жировое сырье в производстве мучных кондитерских изделий без глютена

Жировые продукты играют ключевую роль в производстве печенья, особенно в отсутствие клейковинного каркаса. В процессе приготовления теста, выпечки печенья и последующем его хранении жировая составляющая, вступая во взаимодействие с белками и крахмалом муки, способна оказывать значительное влияние на реологические свойства теста и качество готового изделия [159].

Масложировые продукты пластифицируют и умягчают тесто, увеличивают адсорбцию влаги, газодерживающую способность теста, влияют на время замеса и время выпечки, увеличивают объём изделия и его пористость. Также они оказывают значительное влияние на органолептические свойства печенья.

Процесс приготовления теста начинается с его замеса, при котором происходит процесс захвата пузырьков воздуха, при этом свободные полярные липиды муки взаимодействуют как с белковой, так и крахмальной фракцией муки, располагаясь на поверхности газовых пузырьков. Масложировые продукты при этом обеспечивают дополнительный захват пузырьков воздуха. Большую роль в этом процессе играет оптимальное содержание в них твердых триацилглицеридов [58, 67]. В процессе выпечки гранулы крахмала подвергаются клейстеризации, а кристаллы твёрдой фазы жировых продуктов плавятся, обволакивая увеличивающуюся поверхность газовых пузырьков и стабилизируя их. Адсорбированные жиры обволакивают также зерна крахмала, ограничивая поступление к ним влаги, препятствуя распаду набухших зерен и их слипанию. В свежем остывшем печенье набухший клейстеризованный крахмал и белковый каркас формируют твердую часть пористой структуры, в которой

адсорбированные крахмалом жиры замедляют процесс его ретроградации, влияя на влагоудерживающие свойства, что также сказывается на замедлении процесса черствения.

Поэтому при производстве печенья из муки, не содержащей глютен, рекомендуется использовать твёрдые масложировые продукты (сливочное масло, маргарины, жиры специального назначения).

Однако маргарин, кондитерский жир и другие тугоплавкие жиры запрещены в диете больных целиакией. Проанализировав безглютеновую диету, установлено, что в ней источниками жиров являются в основном сливочное масло и растительные масла [128]. Помимо огромного количества достоинств существенным недостатком сливочного масла, как и любого другого жира жвачных животных, является присутствие в нем трансизомеров жирных кислот на уровне 4 – 7% и отсутствие эссенциальных ω -3 жирных кислот [52].

Из растительных масел на территории Российской Федерации наибольшее распространение и ежедневное потребление имеют подсолнечное и кукурузное масла. Ни одно из перечисленных масел не содержит жирных кислот класса ω -3 [44, 77]. В безглютеновой диете допускается использование в качестве закуски икры осетровых рыб [128]. Однако, из-за высокой стоимости и аллергенности для ряда индивидуумов черная икра не может рассматриваться в качестве ежедневного источника ω -3 жирных кислот. В РФ отмечен дефицит в потреблении жирных кислот класса ω -3 у всех групп населения [47, 48, 56, 119, 142]. Следовательно, можно предположить наличие дефицита в этом эссенциальном ингредиенте и у людей, придерживающихся безглютеновой диеты.

Источниками ω -3 жирных кислот могут являться растительные масла, содержащие α -линоленовую кислоту в достаточном количестве, такие как льняное, рапсовое, конопляное, соевое и некоторые другие [44, 103]. Однако, они практически не используются при производстве МКИ из-за специфического привкуса. Кроме того, жидкие растительные масла в отсутствие клейковинного каркаса не смогут обеспечить приемлемую структуру печенью без глютена.

Альтернативой сливочному маслу может служить ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1), выпускаемые на основе растительных масел с обязательным присутствием жирных кислот класса ω -3. Необходимо отметить, что с 1 января 2018 года содержание атерогенных трансизомеров жирных кислот в ЗМЖ в соответствии с Техническим регламентом на масложировую продукцию ТР ТС 024/2011 не должно превышать 2%. ЗМЖ имеет температуру плавления, схожую с молочным жиром, и поэтому полностью расплавляется при температуре 36 °С, что обеспечивает его гидролиз липазами желудочно - кишечного тракта [50, 51].

Таким образом, использование ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1) может быть рассмотрено в качестве перспективного сырья – источника функционального пищевого ингредиента, ω -3 жирных кислот, при производстве печенья без глютена для получения приемлемых органолептических свойств и дополнительного обогащения ω -3 жирными кислотами.

1.5 Усовершенствование технологии сдобного печенья без глютена

Печенье в соответствии с ГОСТ 24901-2014 классифицируется на сахарное, сдобное, овсяное, затяжное.

Сдобное печенье вырабатывается из сдобного теста с высоким содержанием сахара – не более 45%, жира – не более 40% с добавлением либо без добавления яичных и молочных продуктов [25]. Сдобное печенье подразделяется на песочно-выемное, печенье песочно-отсадное, сдобное сбивное. Вырабатывается сдобное печенье по различным технологиям. Песочно-выемное печенье по технологии производства и способу формования близок к производству сахарного печенья. Песочно-отсадное печенье формируется методом отсадки. Сдобное сбивное печенье содержит в рецептуре много меланжа, и поэтому тесто получают сбиванием компонентов сырья.

Основу печенья составляют мука, сахар, жиры, представляя собой многофазную систему, которая подходит для обогащения, как водорастворимыми,

так и жирорастворимыми эссенциальными нутриентами, модификации химического состава и создания функционального пищевого продукта.

В соответствии с Техническим регламентом ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» «обогащённая пищевая продукция – пищевая продукция, в которую добавлены одно или более пищевые и (или) биологически активные вещества и (или) пробиотические микроорганизмы, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утраченные в процессе производства (изготовления); при этом гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, использованного для обогащения, доведено до уровня, соответствующего критериям для пищевой продукции – источника пищевого вещества или других отличительных признаков пищевой продукции, а максимальный уровень содержания пищевых и (или) биологически активных веществ в такой продукции не должен превышать верхний безопасный уровень потребления таких веществ при поступлении из всех возможных источников» [180].

Известно, что клейковина, благодаря наличию в ней глютена, обладающего структурообразующей способностью, отвечает за вязкоупругие свойства и консистенцию пшеничного теста, состояние мякиша хлебобулочных и МКИ.

Таким образом, использование муки без глютена может привести к ухудшению органолептических свойств печенья [147, 248]. Из-за используемой муки печенье без глютена может быть твёрже и темнее, чем аналоги, содержащие глютен, и может иметь сухое и песочное ощущение во рту, а также непривлекательный внешний вид и вкус. Мягкий и нейтральный вкус рисовой муки в печенье без глютена является одной из основных причин её широкого использования. Гречневая мука может придать печенью своеобразный привкус и аромат, не приемлемый большинством потребителей [154].

Основными технологическими этапами производства сдобного печенья являются подготовка сырья, смешивание ингредиентов, приготовление теста, формование, выпечка, охлаждение, упаковка и хранение (рисунок 1.5.1).

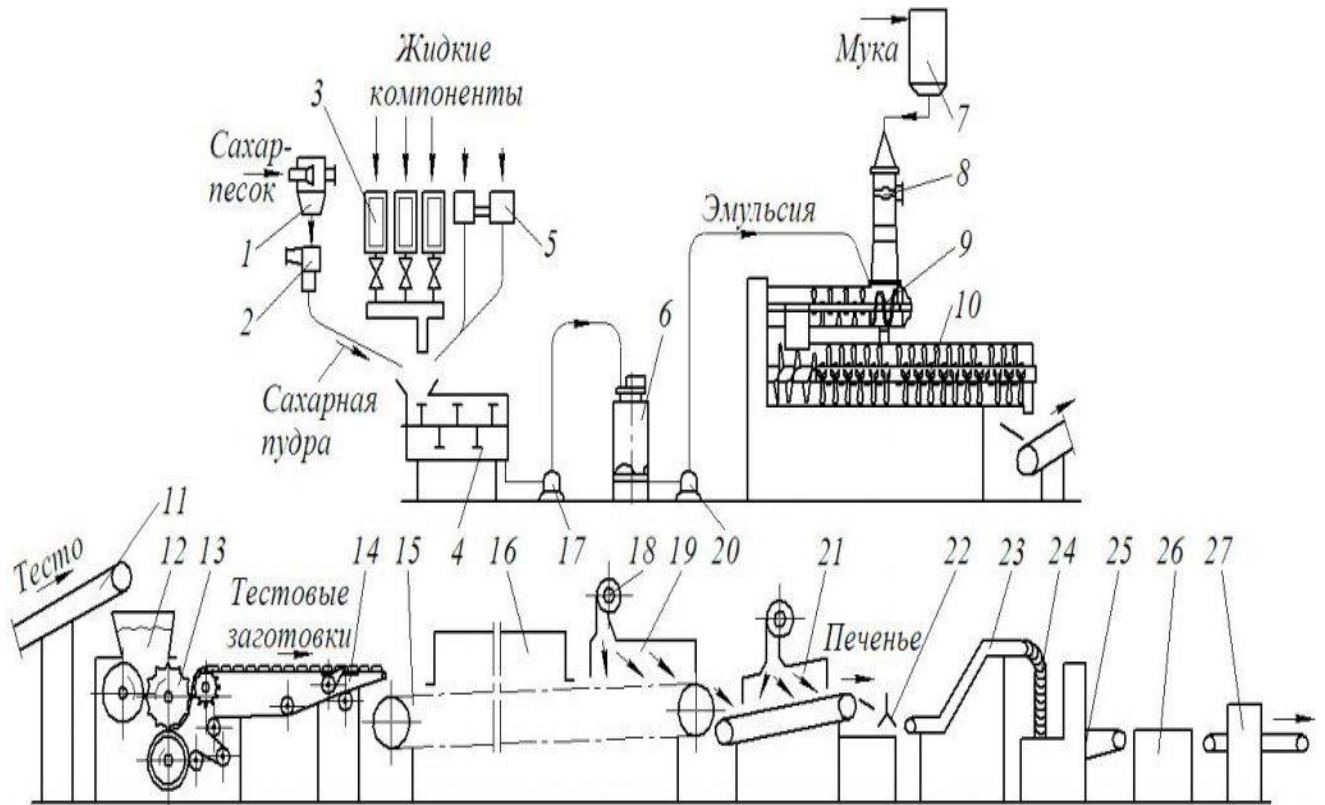


Рисунок 1.5.1 – Аппаратурно-технологическая схема производства сдобного печенья (1 – просеиватель, 2 – бункерные весы, 3 – мерники, 4 – эмульсатор периодического действия, 5 – весы, 6 – промежуточный бак, 7 – бункер, 8 – объемный дозатор, 9 – камера предварительного смешивания, 10 – месильная камера, 11 – конвейер, 12 – формующая машина, 13 – ротор, 14 – ленточный конвейер, 15 – печной конвейер, 16 – пекарная камера, 17 – насос, 18 – вентилятор, 19 – камера предварительного охлаждения, 20 – насос-дозатор, 21 – конвейер, 22 – укладчик, 23 – конвейер, 24 – питатель, 25 – заверточная машина, 26 – стол, 27 – маркировочная машина)

На рисунке 1.5.2 изображена технологическая схема производства сдобного печенья без использования яиц и продуктов их переработки.

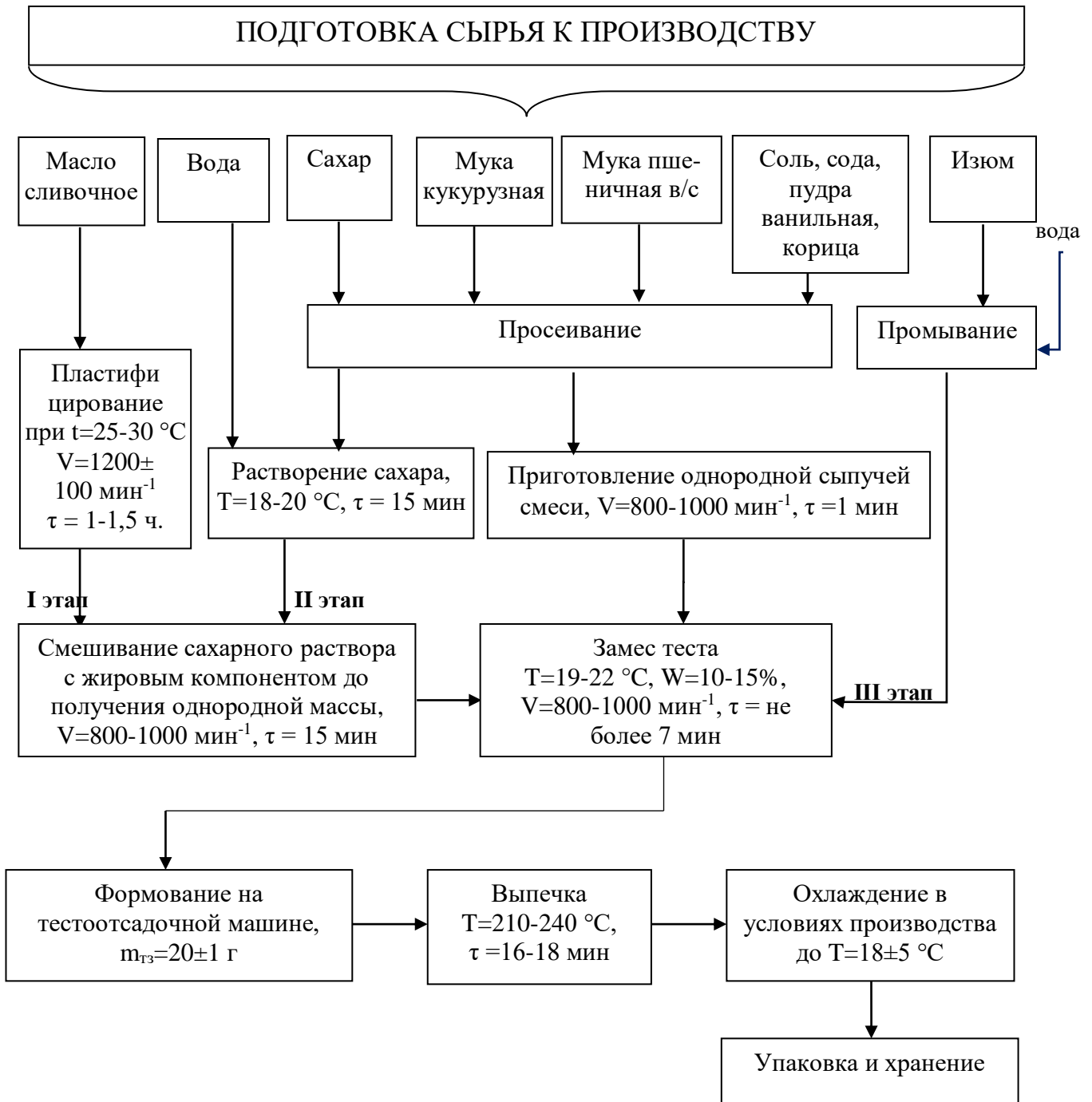


Рисунок 1.5.2 – Технологическая схема производства сдобного печенья

Подготовка сырья включает смешивание отдельных партий, сортов и видов муки (в зависимости от рецептуры). Всё сыпучее сырьё смешивается с пшеничной

мукой. Необходимая температура сыпучего сырья достигается подогреванием его до температуры 10 – 18 °С. Всё сыпучее сырьё перед использованием просеивается, проходит магнитную очистку и взвешивается.

Для получения смесей сыпучего сырья используются дозаторы периодического или непрерывного действия, объёмные мерники, мерная посуда малой вместимости. Жидкие виды сырья фильтруются через сита из шёлковых тканей, фильтровального полотна или марли. Жировое сырьё переводится в пластическое состояние или расплавляется.

В случае использования яиц, они подвергаются санитарной обработке, меланж размораживается, молоко и молочные продукты процеживаются. В соответствии с технологическими инструкциями подготавливаются и остальные виды сырья (орехи, фрукты, разрыхлители и т.д.).

Одной из основных задач технологии производства состоит в обосновании оптимальных параметров технологических процессов при одновременном повышении качества изделий. В процессе технологической обработки исходное сырьё и полуфабрикаты подвергают различным видам механических воздействий (просеивание, смешивание и пр.), в результате которых изменяются физико-механические свойства, химический состав продукции. Конечной целью данных изменений является достижение максимальной однородности в гетерогенных системах – однородности распределения компонентов, т.е. степени смешивания.

На этапе приготовления сыпучих масс (дисперсных систем «твёрдая дисперсная фаза и газовая среда») необходимо снизить сопротивление деформированию с нарушением связи между всеми частицами, их перемешиванием без отрыва друг от друга, некоторым уменьшением объёма слоя или снижением до минимума реологического сопротивления деформированию, взаимному перемещению частиц относительно друг друга с их полным отрывом и увеличением объёма слоя. Таким образом, этапы просеивания и смешивания должны осуществляться в условиях создания и поддержания в процессе переработки взвешенного состояния системы [7].

Важную роль в приготовлении сыпучей смеси играет гранулометрический состав. Имеются исследования по определению влияния различных видов муки, не содержащих глютен, на качество печенья. Исследованы и оценены физико-химические свойства кукурузной, гречневой муки, муки из короткозернистого и длиннозерного риса: содержание белка, поврежденного крахмала, крупность помола, гидратационные свойства муки и поглощение масла), и органолептические показатели печенья (вкус и запах, форма, поверхность, цвет, вид в изломе). Показано, что возможно получить печенье без глютена с качеством, аналогичным печенью, приготовленному из пшеничной муки, без каких-либо добавок. Тем не менее, такие параметры муки, как размер частиц, содержание поврежденного крахмала или белка, оказывают значительное влияние на текстуру печенья, разновидность муки без глютена влияет на вкус и качество печенья [129, 150, 207, 222]. Поэтому в каждом конкретном случае при использовании нескольких видов сырья необходимо анализировать его гранулометрический состав для получения печенья высокого качества.

Известно, что механическая обработка жиросодержащих твердообразных кристаллизующихся дисперсных систем способствует изменению скорости процесса перекристаллизации с частичной или полной пластификацией самой дисперсной системой. Согласно технологической терминологии, этот процесс называется рекристаллизацией. Установлено также влияние механических воздействий на эффективность процесса декристаллизации: они могут вызывать изменения характеристик продукта, таких, как вязкость, и влиять на диффузионные процессы, связанные с возникновением центров кристаллических образований. Повышение пластичности достигается путем измельчения крупных конгломератов твердых глицеридов [104]. При изготовлении теста важно пластифицировать жировое сырьё.

Для пластично-вязких (упруго-пластично-вязких) дисперсных систем типа «Твердая фаза – Дисперсная жидкая среда» и «Твердая, жидкая и газообразная фаза» необходимо понизить вязкость системы до минимума, нарушить

контактное взаимодействие между частицами одновременно во всём объёме и в поверхностном слое системы. Таким образом, при получении теста важен этап гомогенизации с целью снижения реологического сопротивления системы деформированию во всем объёме. Чем меньше реологическое сопротивление, тем успешнее может быть осуществлена конкретная технологическая операция [7].

Скорость пластифицирования жирового сырья зависит от его температуры плавления и влияет на длительность этой стадии. Жировое сырьё с температурой плавления до 25 – 30 °С легко пластифицируется и насыщается кислородом при комнатной температуре, что впоследствии улучшает органолептические свойства готового продукта.

Основным параметром, обуславливающим прогрев теста и удаление из него избытка влаги, является температура паровоздушной среды пекарной камеры.

В процессе теплообмена тестовых заготовок с греющими поверхностями печи и паровоздушной смесью пекарной камеры происходит прогрев теста, характеризуемый изменением температуры различных слоёв теста.

Поверхность тестовых заготовок примерно через минуту выпечки достигает температуры плюс 100 °С, в то время как температура внутренних слоев тестовой заготовки не превышает плюс 70 °С. По мере прогрева тестовых заготовок температура поверхностных слоев повышается и к концу выпечки достигает плюс 210 – 240 °С. Прогрев сопровождается изменением влажности тестовых заготовок в результате испарения влаги с поверхностных слоёв.

Обезвоживание тестовых заготовок в процессе выпечки происходит неравномерно и характеризуется тремя периодами.

В первом периоде происходит интенсивный прогрев теста, благодаря чему скорость влагоотдачи возрастает и носит переменный характер. К концу первого периода разность во влажности внешних и внутренних слоев тестовых заготовок увеличивается в результате обезвоживания поверхностных слоев теста.

Во втором периоде выпечки влагоотдача происходит с постоянной скоростью. Испарение влаги происходит испарением ее при температуре,

превышающей плюс 100 °С, с постепенным углублением зоны испарения внутрь тестовой заготовки, что сопровождается резким увеличением объёма печенья.

В третьем периоде выпечки скорость влагоотдачи постепенно снижается, а зона испарения достигает внутренних слоёв тестовой заготовки. В этом периоде происходит удаление связанной влаги и образование корочки.

В первом и втором периодах происходит прогревание тестовой заготовки с испарением влаги из поверхностных слоев при отсутствии миграции влаги от внутренних слоев к поверхностным, что характерно для процесса выпечки. При этом количество влаги в центральных слоях несколько увеличивается в результате миграции влаги от периферийных к центральным слоям тестовой заготовки. В третьем периоде наблюдается миграция влаги от внутренних слоев к поверхностным, что характерно для процесса сушки.

Повышение температуры среды пекарной камеры приводит к увеличению интенсивности влагоотдачи и значительному сокращению продолжительности выпечки. Каждому периоду выпечки должна соответствовать оптимальная температура среды. Так, в первом периоде процесса выпечки должна быть невысокая температура среды пекарной камеры, чтобы на поверхности тестовых заготовок преждевременно не образовалась корочка, препятствующая испарению влаги и подъёму изделий. Во втором периоде процесса выпечки теплообмен должен быть увеличен, поэтому температура среды пекарной камеры должна быть максимальной. В третьем периоде температура среды должна быть снижена, так как процесс характеризуется уменьшением скорости влагоотдачи. Увеличение температуры среды в этом периоде выпечки может привести к обугливанию поверхности изделий.

Необходимость снижения температуры в первом периоде выпечки может быть в известной степени компенсирована увеличением относительной влажности паровоздушной среды пекарной камеры, интенсифицирующей прогрев тестовых заготовок благодаря конденсации пара на поверхности теста и

выделению при этом скрытой теплоты конденсации. Благодаря этому интенсифицируется удаление влаги из тестовых заготовок.

Кроме того, увлажнение среды пекарной камеры приводит к улучшению качества изделий: появляется глянец на поверхности изделий, улучшается цвет и пористость их. Используемое сырье и соотношение между отдельными ингредиентами рецептуры МКИ оказывает влияние на процессы влагопереноса. Поэтому в каждом конкретном случае требуется уточнение режимов выпечки на всех трех этапах.

В процессе выпечки происходят физико-химические изменения теста. Значительные изменения претерпевают белки и крахмал муки, играющие основную роль в образовании структуры печенья. При прогреве тестовой заготовки до температуры плюс 50 – 70 °С белковые вещества теста денатурируются и коагулируют, освобождая при этом воду, поглощенную при набухании, а крахмал набухает и частично клейстеризуется освободившейся водой. Обезвоженные и коагулированные белки клейковины и частично клейстеризованный крахмал образуют пористую основу, на поверхности которой адсорбируется жир в виде тонких пленок. При температуре плюс 70 – 90 °С двууглекислая сода разлагается с выделением углекислоты:



При повышении температуры теста давление и объем образующихся газообразных продуктов увеличиваются, в результате чего изменяется объём тестовых заготовок, а поры в тесте значительно увеличиваются. В разрыхлении теста немаловажную роль играют пары воды, образующиеся в тесте в процессе выпечки.

При выборе оптимального режима выпечки необходимо учитывать влияние параметров паровоздушной среды пекарной камеры на коллоидные и физико-химические процессы, протекающие в тесте, которые определяют, в

конечном итоге, получение изделий со строго определенными качественными показателями. Наряду с этим необходимо обеспечить оптимальные условия для теплообмена в пекарной камере, позволяющие наиболее производительно и экономично вести процесс [99].

Охлаждение тестовых заготовок стандартно происходит при комнатной температуре в условиях производства до температуры плюс 18 ± 5 °С. Усовершенствование экономической составляющей технологического процесса и повышения качества готового изделия хорошо достигаются при использовании вакуумного охлаждения, которое основано на взаимосвязи между давлением и точкой кипения воды. В закрытой камере создается вакуум, точка кипения падает, и свободная вода в продукте начинает кипеть. Испаряясь, влага забирает тепло из продукта, и он охлаждается изнутри наружу за очень короткое время (2 – 5 мин) до требуемой температуры (плюс 18 ± 5 °С).

Таким образом, при разработке печенья без глютена важной задачей является подбор оптимальных технологических параметров при производстве и охлаждении продукта для достижения приемлемых органолептических и физико-химических показателей качества на всем протяжении срока годности.

1.6 Увеличение сроков годности мучных кондитерских изделий

1.6.1 Использование модифицированной газовой среды, как неинвазивный способ продления сроков годности

Увеличение сроков годности пищевой продукции при сохранении её потребительских свойств является одной из приоритетных задач для пищевой индустрии. Разработка эффективных способов обеспечения сохранности пищевой продукции позволит транспортировать её на дальние расстояния и существенно расширить рынки её сбыта. Известно, что при хранении в пищевой продукции происходят процессы микробиологической и окислительной порчи, а также

различные физико-химические процессы, приводящие к ухудшению органолептических свойств [179, 185]. Одним из путей повышения сохранности такой продукции является использование различных пищевых добавок, в частности, консервантов для защиты от микробиологической порчи, антиокислителей для замедления процесса окислительной порчи, влагоудерживающих агентов для замедления процессов черствения и т.д. [126].

Однако, в последние годы с увеличением количества пищевых добавок и их перечня в маркировке пищевой продукции усилилась тенденция среди потребителей к приобретению пищевой продукции с так называемой «чистой этикеткой». Как правило, такая продукция совсем не содержит или содержит минимальное количество пищевых добавок. Поэтому перед промышленностью стоит задача поиска альтернативных решений для обеспечения сохранности пищевой продукции [140, 224].

Для протекания окислительных процессов необходим кислород, свет или высокая температура. Исключение или ограничение этих факторов будет способствовать продлению сроков годности пищевой продукции. Поэтому существенно замедлить окислительную порчу пищевой продукции с высоким содержанием жиров без внесения антиокислителей возможно при использовании непрозрачной вакуумной упаковки и хранении изделия в холодильной/морозильной камере. Однако создание этих условий полностью не гарантирует сохранность продукта от микробиологической порчи. В этом случае большие перспективы открываются для использования модифицированной газовой среды (МГС) с заменой воздуха на специально подобранную смесь газов, вводимую в емкость до, во время или после помещения в нее пищевой продукции [126, 226].

Упаковка в МГС может быть использована в качестве консервации продуктов с повышенной пищевой ценностью [199, 227] и продления срока годности продуктов питания.

Наиболее часто используемые газы в МГС: азот (N_2), кислород (O_2), двуокись углерода (CO_2), аргон (Ar).

Азот умеренно растворим как в воде, так и в жирах; не обладает противомикробным действием; используется в качестве инертного газа для вытеснения кислорода, что приводит к уменьшению окислительных реакций и ингибированию аэробных микроорганизмов; азот используется также в качестве «газа-наполнителя».

Аргон, инертный газ, обладает свойствами, схожими с азотом. Однако, поскольку его молекулярная масса тяжелее, чем у азота, эффективность его воздействия выше.

Кислород сохраняет цвет (используется для хранения красного мяса), поддерживает дыхание свежих продуктов (используется для хранения свежих овощей и зелени), но при этом является основной причиной окислительной порчи (прогоркания) пищевых продуктов, вызывая окисление жиров и масел. Он также способствует росту аэробных микроорганизмов, потере вкуса и аромата продуктов. Удаление кислорода из свободного пространства упаковки имеет решающее значение для предотвращения окислительной и микробной порчи пищевой продукции и сохранения ее в течение более длительного периода времени [226, 227].

Двуокись углерода (CO_2) хорошо растворима как в воде, так и в жире; может вызывать разрушение упаковки и провоцировать кислый вкус при высоких концентрациях из-за образования угольной кислоты в пищевых продуктах; обладает бактериостатическим и фунгистатическим действием.

В зависимости от продукта упаковочные газы могут включать любые комбинации этих газов в различных соотношениях [215]. Все эти газы имеют разрешение для использования при упаковывании пищевой продукции [197].

Известно, что двуокись углерода обладает способностью избирательно подавлять рост микроорганизмов, в частности дрожжей, плесеней и некоторых бактерий. Азот действует как инертный газ - наполнитель для вытеснения

кислорода и предотвращения разрушения упаковки. Поэтому использование смеси из этих двух газов при упаковывании МКИ с использованием МГС является самым распространенным. Технология упаковки с МГС предполагает упаковывание продукта в непроницаемую пленку, промывание соответствующими упаковочными газами, а затем термоуплотнение.

Для того чтобы достичь значительного продления срока годности при хранении, исключение кислорода из упаковки должно быть быстрым и полным. При использовании правильно подобранной упаковки можно продлить срок годности с сохранением качественных показателей МКИ. При наличии остаточного количества кислорода более 1% возможно протекание аэробной порчи изделия [212]. Остаточный уровень может быть обусловлен рядом факторов, таких как проницаемость для кислорода упаковочного материала, способность продукта к поглощению воздуха, утечка воздуха через плохо герметизированные швы, и/или недостаточное количество газа. Поэтому важно учитывать данный факт при подборе упаковочных материалов и устанавливать дополнительный контроль на этапе упаковки [97].

Целью многих исследований является подбор соотношения между упаковочными газами с целью увеличения сроков годности мучных изделий и МКИ, таких как хлеб, лаваш, булочка для хотдогов, кексов, маффинов и др. Важную роль в сохранности мучных изделий играет активность воды, которая имеет высокое: $a_w > 0,85$; среднее: $a_w = 0,6 - 0,85$ и низкое значения: $a_w < 0,6$ [250]. При хранении мучных изделий с высокой и средней активностью воды одновременно с окислительной порчей жирового компонента происходит микробиологическая порча продукта – рост дрожжей и плесени [92, 102, 161, 170, 195, 199, 202, 212, 224, 245]. Исследования, проведенные в Канаде, Новой Зеландии, США, Египте и Франции, показали, что замена воздуха на смесь двуокиси углерода и азота при упаковывании хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, позволяет продлить их сроки годности.

Египетскими учеными проведены исследования по хранению лаваша, упакованного в МГС с соотношением двуокси углерода и азота, соответственно 15:85 об.%/об.%; 40:60 об.%/об.% и 85:15 об.%/об.%. Наихудшие результаты были получены при использовании смеси 15:85 об.%/об.%. На вторые сутки хранения обнаруживался видимый рост плесени. Наилучший результат был достигнут для лаваша, упакованного в МГС $\text{CO}_2:\text{N}_2 = 85:15$ об.%/об.%. На 28 сутки хранения в этих условиях лаваш соответствовал всем нормируемым характеристикам, включая микробиологические показатели. Это исследование показало, что упаковывание с использованием МГС является эффективным методом продления срока годности лаваша. Была установлена зависимость срока годности лаваша от концентрации двуокси углерода. Главным условием упаковывания продукта в МГС является сведение исходного микробиологического загрязнения к минимуму, с последующим поддержанием остаточной концентрации кислорода в упакованном продукте на уровне менее 1 % [189].

Французскими учеными изучено влияние МГС на качество выпеченных тонких лепешек (иранский хлеб Сангак), упакованных в 100% двуокись углерода, а также в смесь двуокси углерода с азотом в соотношениях 50:50 об.%/об.% и 25:75 об.%/об.%, соответственно, в течение 21 дня хранения при температуре 25 °С. Цвет, твёрдость, влажность, плотность и микробиологические анализы упакованных лепешек проводились раз в 3 дня на протяжении всего срока хранения. В результате проведенных исследований не было обнаружено существенного влияния МГС на влажность, цвет и текстуру лепешек, в то время как общее количество аэробных микроорганизмов и количество плесени и дрожжей зависели от концентрации двуокси углерода в упаковке. Увеличение концентрации двуокси углерода в системе способствовало снижению количества микроорганизмов и замедлению процессов ретроградации крахмала [110].

В Польше были изучены процессы, протекающие при хранении маффинов с высоким содержанием ПВ из овса, яблока, моркови и какао - бобов. Для

предотвращения порчи и снижения качества изделия была разработана технология их хранения, предусматривающая упаковывание кексов в МГС с соотношением двуокиси углерода и азота 25:75 об.%/об.%; 50:50 об.%/об.%; 75:25 об.%/об.%; 100:0 об.%/об.%. Качество кексов проверялось на 1-й и 15-й день хранения. Было отмечено, что черствение кексов независимо от природы ПВ при концентрации двуокиси углерода в смеси более 50% происходило медленнее, что подтверждает целесообразность использования МГС при упаковывании готовой продукции [247, 253].

Исследовано влияние хранения пшеничных булочек, упакованных в МГС, при низкой температуре (плюс 1 °С и минус 18 °С) в течении 10 недель на физико-химические свойства продукта. Показано, что срок годности замороженных хлебобулочных изделий, упакованных в МГС, больше, чем у охлажденных хлебобулочных изделий в той же упаковке. При этом было установлено, что срок годности замороженных хлебобулочных изделий в 3 раза выше охлажденных, упакованных с использованием одной и той же МГС [160, 201].

Исследованиями, проведенными ВНИИКП, установлено, что при хранении изделий МКИ с низкой активностью воды ($a_w < 0,6$) окислительная порча изделий происходит намного раньше, чем начинается микробиологическая порча [5, 10, 59, 70, 118, 135, 136, 142, 166, 174, 212, 250]. При этом исследования по хранению упакованных МКИ с низкой активностью воды с использованием МГС практически отсутствуют. Полностью отсутствуют исследования по влиянию МГС на сохранность обогащённых МКИ без глютена.

Таким образом, при подборе МГС для МКИ с низкой активностью воды важной задачей является определение концентраций упаковочных газов в смеси, при которых срок годности изделия с сохранением потребительских свойств и показателей безопасности будет максимальным. Использование МГС также может быть весьма эффективным для хранения пищевой продукции, обогащённой функциональными пищевыми ингредиентами с повышенной чувствительностью к

воздействию кислорода, такими как ω -3 жирные кислоты, каротиноиды и целый ряд витаминов.

1.6.2 Упаковка как средство для сохранения пищевой продукции

В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» (с изменениями на 18 октября 2016 г) «упаковка – изделие, которое используется для размещения, защиты, транспортирования, загрузки и разгрузки, доставки и хранения сырья и готовой продукции».

Согласно ГОСТ 17527-2020 «Упаковка. Термины и определения», существует мягкая (допустим термин «гибкая» упаковка) и жесткая упаковка. Жесткая упаковка включает контейнеры, бутылки, банки, изготовленные из стекла, полимерных материалов, металла, керамики и иных материалов. Они обеспечивают физическую защиту пищевых продуктов, которая не обеспечивается гибкой упаковкой. Гибкая упаковка – это основная группа упаковочных материалов, которая включает полипропиленовые пленки, бумагу, некоторые виды растительных волокон и ткани, которые могут быть использованы для изготовления упаковок [24].

Современные виды упаковочных материалов для обеспечения сохранности готовой продукции: полиэтилентерефталат, полиэтилен высокой и низкой плотности, полипропилен, полиамид, фольга, полиэтилен, комбинированные материалы [121, 190, 193, 200, 202, 229, 231].

Известны научные работы по изучению влияния условий хранения и упаковочных материалов на качественные характеристики хлеба и печенья [10, 160, 193, 197, 202, 224, 231, 241].

В исследованиях польских учёных использованы упаковочные материалы из полиэтилена низкой плотности, ламинированные пакеты, полимерные плёнки, термостойкий комбинированный полимерный материал, а также

комбинированные материалы, такие как полиэфир-алюминий-полипропилен, металлизированный полиэфирный полиэтилен. Хлеб и печенье упаковывались в воздушной среде при температуре плюс 25 ± 2 °С. Параметры качества, такие как влажность, активность воды, свободные жирные кислоты, перекисное число, микробиологические и органолептические исследования пищевых продуктов оценивались с интервалом 15 дней в течение 4 месяцев хранения. В результате исследований определено, что для упаковки хлеба и печенья можно использовать металлизированный полиэфирный полиэтилен для их хранения до 4 месяцев [193, 202, 231].

В соответствии с Регламентом (ЕС) № 1935/2004 Европейского парламента и совета (от 27.10.2004 г) о материалах и изделиях, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами, была разработана новая концепция активной и интеллектуальной упаковки, позволяющая упаковке взаимодействовать с пищевыми продуктами при условии, что оценка безопасности была предварительно проведена Европейским органом по безопасности пищевых продуктов [101].

Активная и интеллектуальная упаковка изготовлена из функциональных материалов, которые намеренно взаимодействуют с пищевыми продуктами для продления (активная упаковка) или контроля (интеллектуальная упаковка) срока годности. Эти функции включают использование химических веществ, которые отвечают за активную или интеллектуальную функцию [224].

Активная упаковка – это инновационная концепция в продлении срока годности, которая представляет собой пористый материал в виде саше для поглощения кислорода, который остается внутри или мигрирует из пищевого продукта [97]. Активная упаковка может иметь потенциал, как новый подход к продлению срока годности и повышению безопасности МКИ. Известно, что два или более барьеров более эффективны при совместном использовании [69, 202, 231].

В обзорной статье Antonella Pasqualone (Италия) показано, что при хранении хлеба хороших результатов по продлению срока его годности удается достигнуть, как при использовании активной упаковки, так и при использовании МГС, способствующих как предотвращению протекания окислительных процессов в жировой фазе хлеба, так и протеканию процессов микробиологической порчи (рисунок 1.6.2.1). В качестве МГС были использованы смеси углекислого газа и азота в соотношениях 60:40 об.%/об.%; 50:50 об.%/об.% и 30:70 об.%/об.% [97].



Рисунок 1.6.2.1 – Основные факторы, определяющие продление срока годности хлебобулочных изделий [97].

Использование МГС для продления срока годности пищевых продуктов требует особых видов упаковки, способных выполнять роль защитного материала, предотвращающего проникновение газов и жидкостей, прохождение твердых тел, а также обеспечивать сохранность газовой среды заданной концентрации внутри упаковки при контакте с пищевым продуктом. Для вытеснения атмосферного воздуха из упаковки могут использоваться две упаковочные системы [97]. Проточная упаковочная система, в которой МГС непрерывно подается в пленочную трубку, содержащую продукт, с последующей герметизацией. Термоформованная упаковочная система, в которой упаковка формируется из

двух частей, лотка (или нижней пленки), содержащей продукт, и крышки, которая запечатывается на лотке внутри вакуумной камеры. Вакуум в упаковке затем нарушается подачей МГС. Термоформованная упаковка обеспечивает более низкое остаточное содержание воздуха, чем проточная упаковка, в то время как последняя имеет более высокую рабочую скорость. Таким образом, важно учитывать все факторы при подборе упаковочных материалов, упаковочной системы, и устанавливать дополнительный контроль на этапе упаковки. Упаковка пищевой продукции в герметичной упаковке возможна путем запаивания – соединения соприкасающихся поверхностей за счет управляемого воздействия теплом, давлением и времени выдержки [24, 229].

Для упаковывания в МГС можно использовать высокобарьерные пленки, изготовленные из полимеров с низкой газопроницаемостью, например, пленки из полипропилена и полиэтилентерефталата [193, 199, 200, 202, 231]. Между пленками дополнительно может содержаться этиленвиниловый спирт или поливинилхлорид в качестве кислородного барьера. Для обеспечения герметичности при упаковывании на пленку может наноситься слой полиэтилена или эластомера [199, 238].

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация работы и схема проведения исследования

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с поставленными задачами в производственной лаборатории АО «Перекрёсток вкусов». Исследования по влиянию условий хранения печенья на изменение показателей его безопасности проводили совместно с лабораторией ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Ряд исследований по влиянию качества сырья на обогащение печенья производился совместно с лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». Исследования гранулометрического состава муки производили совместно с ФГБНУ ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН.

Производственные испытания по выбору оптимального состава МГС и апробация результатов работы были осуществлены в условиях АО «Перекрёсток вкусов».

Структурная схема исследований приведена на рисунке 2.1.1.

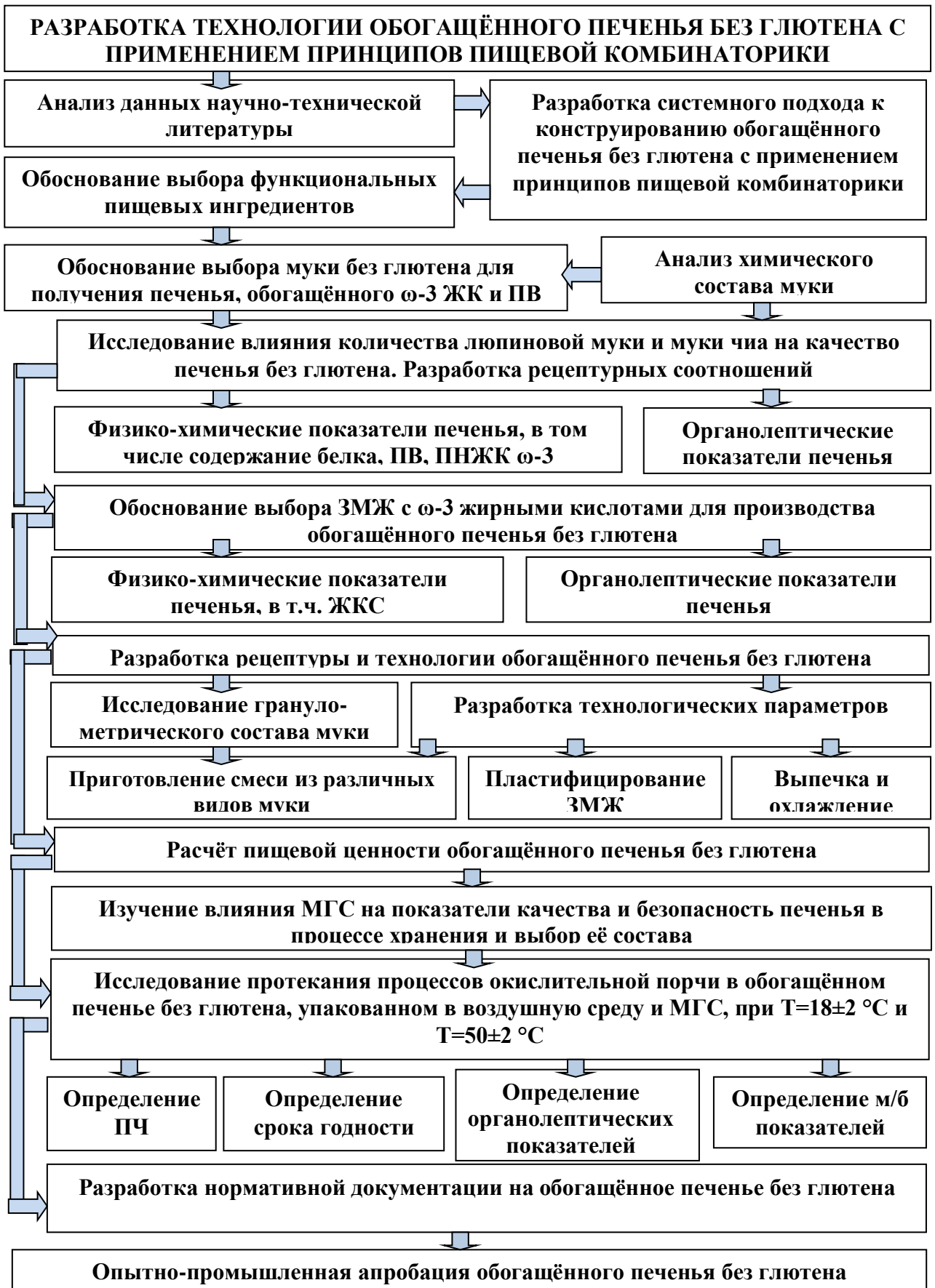


Рисунок 2.1.1 – Структурная схема исследований

2.2 Объекты исследований

Объектами исследований являлись образцы печенья по базовой рецептуре – ГОСТ 24901-2014, опытные образцы печенья без глютена и сырье для их производства:

- мука кукурузная по СТО 53548590-018-2013 (изготовитель ООО «ХЛЕБЗЕРНОПРОДУКТ»);
- мука рисовая по СТО 53548590-019-2013 (изготовитель ООО «ХЛЕБЗЕРНОПРОДУКТ»);
- мука гречневая по ТУ 9293-002-43175543-03 (изготовитель ООО «ГАРНЕЦ»);
- мука амарантовая по ТУ 10.61.20-001-3874425-2016 (изготовитель ООО «Образ жизни»);
- мука люпиновая ЛЮПИСАН (LUPISAN) Soja Austria® по декларации о соответствии ТР ЕАС (единая форма) ТС N RU Д-АТ АЕ45 В 06168 (изготовитель «Soja Austria», Австрия);
- мука чиа черной Polezzno® по ТУ 01.11.99-003-17274463-2018 (изготовитель ООО «ПОЛЕЗЗНО», страна происхождения Парагвай);
- масло сливочное с массовой долей жира 82,5% по ГОСТ 32261-2013 (изготовитель АО «Русское Молоко»);
- заменитель молочного жира по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1, изготовитель ООО «РУСАГРО»).

В исследованиях при разработке технологии обогащённого печенья без глютена использовали рецептурные ингредиенты, необходимые для проведения лабораторных выпечек, соответствующие требованиям технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 и требованиям нормативно-технической документации, а также вспомогательные материалы:

- муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта по ГОСТ 26574-2017 (изготовитель АО «МАКФА»);
- сахар белый кристаллический свекловичный категории ТС 2 по ГОСТ 33222-2015 (изготовитель ООО «Виола»);
- пудру ванильную Dr. Oetker® по ТУ 10.81.13-015-42450906-2018 (изготовитель ООО «Д-р Оеткер»);
- соль поваренную пищевую Экстра БСК® по ГОСТ Р 51574-2018 (изготовитель ООО «БСК-СОЛЬ»);
- соду пищевую (натрий двууглекислый) по ГОСТ 32802-2014 (изготовитель АО «Башкирская содовая компания»);
- корицу молотую по ГОСТ ISO 6539-2016 (изготовитель ООО «Аллегро-специи»);
- воду питьевую по СанПиН 2.1.3684-2021;
- пленку барьерную многослойную на основе полиэтилентерефталата термоусадочную по ТУ 22.21.42-007-70425965-2017 (изготовитель ООО «Грейт Пак»);
- контейнер из полипропилена для упаковки пищевой продукции по ГОСТ 33837-2016 (изготовитель ООО «Грейт Пак»);
- азот жидкий ALIGAL® по ТУ 20.11.10-004-77290008-2018 (изготовитель АО «Логика»);
- двуокись углерода жидкую ALIGAL® по ГОСТ 8050-85 (изготовитель АО «Логика»);

При выполнении экспериментальных исследований использовали неорганические соли, кислоты, щёлочи, органические растворители, питательные среды и другие.

2.3 Методы исследований

Исследования проводили с помощью общепринятых и специальных методов анализа сырья и готовых изделий

2.3.1 Физико-химические методы исследований

Определение влажности муки определяли высушиванием до постоянной массы в воздушно-тепловом шкафу при фиксированных параметрах температуры и продолжительности сушки по ГОСТ 9404-88 [19].

Определение зольности муки определяли методом сжигания навески муки с последующим расчётом массы несгораемого остатка по ГОСТ 27494-2016 [28].

Определение белка муки определяли по методу Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 10846-91 [23]. Расчёт массовой доли белка проводили исходя из количества аммиака, образовавшегося в результате обработки исследуемой пробы концентрированной серной кислотой и последующей отгонки аммиака в раствор борной кислоты. Количество аммиака определяли титрованием.

Исследования *содержания пищевых волокон* проводили ферментативно-гравиметрическим методом, в соответствии с МУК 4.1.3697-21 [81]. Метод основан на определении содержания пищевых волокон после обезжиривания и гидролиза белка и усвояемых углеводов протео- и амилалитическими ферментами. Нерастворимую фракцию ПВ определяли по массе остатка на фильтре после фильтрования гидролизата (за вычетом массы негидролизованного белка и золы). Растворимую фракцию ПВ определяли осаждением ее из фильтрата этиловым спиртом, фильтрованием и взвешиванием массы сухого остатка на фильтре.

Содержание нерастворимой фракции ПВ в продуктах (%) определяли по формуле 2.3.1.1:

$$C_1 = \frac{M_1 - (C_{\text{белок}} + C_{\text{зола}}) - B_1}{M} \times 100\% \quad , \quad (2.3.1.1)$$

$$\text{где } M_1 = M_{\text{общая}} - (M_{\text{целлита}} + M_{\text{тигля}}), \quad (2.3.1.2)$$

Содержание растворимой фракции ПВ в продуктах (%) определяли по формуле 2.3.1.3:

$$C_2 = \frac{M_2 - (C_{\text{белок}} + C_{\text{зола}}) - B_2}{M} \times 100\% \quad , \quad (2.3.1.3)$$

$$\text{где } M_2 = M_{\text{общая}} - (M_{\text{целлита}} + M_{\text{тигля}}), \quad (2.3.1.4)$$

где, C_1 – содержание нерастворимой фракции ПВ в продукте, %;

$C_{\text{белок}}$ – содержание белка в высушенном остатке после первой фильтрации, г;

$C_{\text{зола}}$ – содержание золы в высушенном остатке после первой фильтрации, г;

M_1 – масса высушенного остатка после первой фильтрации, г;

$M_{\text{общая}}$ – масса высушенных фильтрованных тиглей с целлитом и остатком после первой фильтрации, г;

$M_{\text{целлита}}$ – масса целлита, использованного при первой фильтрации, г;

$M_{\text{тигля}}$ – масса фильтрованного тигля, использованного при первой фильтрации, г;

B_1 – масса высушенного остатка после первой фильтрации за вычетом содержащегося целлита, г;

C_2 – содержание растворимой фракции ПВ в продукте, %;

$C_{2\text{белок}}$ – содержание белка в высушенном остатке после второй фильтрации, г;

$C_{2\text{зола}}$ – содержание золы в высушенном остатке после второй фильтрации, г;

M_2 – масса высушенного остатка после второй фильтрации, г;

$M_{2\text{общая}}$ – масса высушенных фильтрованных тиглей с целлитом и остатком после второй фильтрации, г;

$M_{2\text{целлита}}$ – масса целлита, использованного при второй фильтрации, г;

$M_{2\text{тигля}}$ – масса фильтрованного тигля, использованного при второй фильтрации, г;

B_2 – масса высушенного остатка после второй фильтрации за вычетом содержащегося целлита, г;

M – масса навески образца продукта, г.

За результат измерений принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Экстракцию жира в муке проводили по методу Фолча [172].

Состав жирных кислот в муке определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ 30418-96 [31] на газовом хроматографе (Agilent, США). Обработку данных осуществляли с помощью программного обеспечения Agilent Chem Station Rev. B.04.03 и «Microsoft Excel». Соотношение жирных кислот определяли методом внутренней нормализации, содержание ПНЖК определяли методом внутреннего стандарта по метиловому эфиру ундекановой кислоты. Полноту переэтерификации и экстракции метиловых эфиров жирных кислот в гексан контролировали с помощью стандарта глицерилтридеcanoата [184].

Массовую долю жира в сливочном масле определяли по ГОСТ 5867-90 [12]. Метод основан на выделении жира и измерении его объема с помощью жиромера. Выделение жира проводили обработкой концентрированной серной кислотой и изоамиловым спиртом. Экстрагированный жир отделяли от общей массы центрифугированием.

Массовую долю жира в ЗМЖ определяли методом высушивания в сушильном шкафу обезжиренного остатка с помощью этилового эфира до постоянной массы по ГОСТ 32189-2013 [34].

Определение *гранулометрического состава* рисовой, кукурузной, люпиновой муки и муки чиа проводили ситовым методом, разработанным ФГБНУ ВНИИЗ. Размер частиц оценивали по остатку на ситах 22,7 ПЧ – 150 (300 мкм) , 27 ПЧ – 120 (250 мкм), 36/40 ПА (180 мкм), 45/50 ПА (140 мкм), 56/64 ПА (106 мкм), 009 мт (90 мкм) и проходу сита 009 мт (90 мкм).

Массовую долю влаги в печенье определяли методом высушивания анализируемой пробы продукта при определенной температуре и вычислении потери массы по отношению к массе анализируемой пробы до высушивания по ГОСТ 5900-2014 [15].

Определение щелочности печенья проводили титрованием в соответствии с ГОСТ 5898-2022 [14]. Метод основан на нейтрализации щелочных веществ, содержащихся в навеске, кислотой в присутствии индикатора бромтимолового синего до появления желтой окраски.

Щелочность (X_4 , град.) вычисляли по формуле 2.3.1.6:

$$X_4 = \frac{K \cdot V \cdot V_1 \cdot 100}{V_2 \cdot m \cdot 10}, \quad (2.3.1.6)$$

где K – поправочный коэффициент раствора соляной или серной кислоты с концентрацией 0,1 моль/дм³, используемого для титрования;

V – объем раствора серной или соляной кислоты, израсходованный на титрование, см³;

V_1 – объем дистиллированной воды, взятый для растворения навески, см³;

100 – коэффициент пересчета на 100 г продукта;

V_2 – объем фильтрата, взятый для титрования, см³;

m – масса навески продукта, г;

10 – коэффициент пересчета раствора серной или соляной кислоты концентрации 0,1 моль/дм³ в 1 моль/дм³.

Щелочность (X_5 , град.) в пересчете на сухое вещество, вычисляли по формуле 2.3.1.7:

$$X_5 = \frac{X_4 \cdot 100}{100 - W}, \quad (2.3.1.7)$$

где W – массовая доля влаги в исследуемом продукте, %.

Намокаемость печенья определяли методом установления увеличения массы печенья при погружении в воду при температуре плюс 20 °С на определенное время по ГОСТ 10114-80 [20]. Намокаемость характеризуется отношением массы изделий после намокания к массе сухих изделий и выражается в процентах.

Для определения намокаемости применялся прибор, состоящий из трехсекционной камеры из нержавеющей металлической сетки с открывающейся общей дверцей 1 и емкости для воды 2 (рисунок 2.3.1.1).

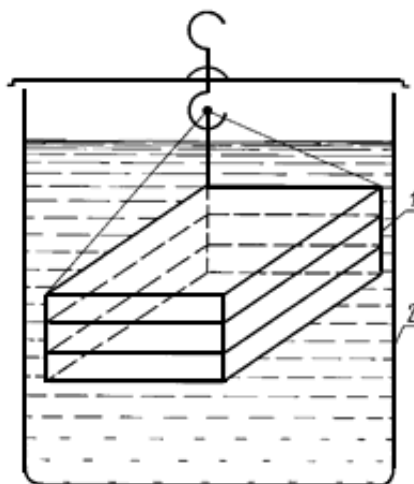


Рисунок 2.3.1.1 – прибор для определения намокаемости печенья

Намокаемость (X , %) вычисляли по формуле 2.3.1.8:

$$X = \frac{m - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100, \quad (2.3.1.8)$$

где m – масса камеры с намокшим изделием, г;

m_1 – масса пустой камеры (после погружения в воду и вытирания внешней стороны), г;

m_2 – масса камеры с сухим изделием, г.

Массовую долю жира в печенье определяли по ГОСТ 31902-2012 [33]. Метод основан на экстракции жира из анализируемой пробы изделия растворителем и определении массовой доли жира после удаления растворителя.

Массовую долю жира с предварительным гидролизом продукта и экстракцией хлороформом ($Y_{м,с}$, %) вычисляли по формуле 2.3.1.9:

$$Y_{м,с} = \frac{(m_2 - m_1)50 \cdot 100}{m_{20}}, \quad (2.3.1.9)$$

где m_1 - масса пустой колбы, г;

m_2 – масса колбы с полученным жиром, г;

50 – объем хлороформа, взятый для растворения жира, см³;

m – масса анализируемой пробы, г;

20 – объем фильтрата, взятый для отгона, см³.

Жирнокислотный состав в ЗМЖ и печенье определяли методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот по ГОСТ 31663-2012 [31]. Расчет содержания ПНЖК ω -3 (α –линоленовая) осуществлялся на измеренное количество жира.

Массовую долю белка в печенье получали методом Кьельдаля по ГОСТ 26889-86 [27]. Метод заключается в разрушении органического вещества нагреванием с серной кислотой в присутствии катализатора, добавлении избытка гидроксида натрия, перегонке и титровании освободившегося аммиака.

Массовую долю золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, %, определяли по ГОСТ 5901-2014 [16]. Сущность метода заключается в обработке общей золы, полученной при обугливание и озолении анализируемой пробы продукта при температуре плюс 500°С – 600°С, соляной кислотой при нагревании и осаждении нерастворимого осадка.

Массовую долю золы, нерастворимой в растворе соляной кислоты (X_2 , %) вычисляли по формуле 2.3.1.10:

$$X_2 = \frac{(m_3 - m_4) \cdot 100}{m_5}, \quad (2.3.1.10)$$

где m_3 – масса тигля с нерастворимым остатком после озоления, г;

m_4 – масса тигля, г;

m_5 – масса анализируемой пробы продукта, г.

При хранении печенья определяли *перекисное и кислотное число* по МИ 2586-2000. Метод определения перекисного числа основан на взаимодействии перекисей, содержащихся в жире, с йодистым калием в присутствии ледяной уксусной кислоты с выделением йода и последующим титрованием раствором тиосульфата натрия.

Перекисное число (X) в миллимолях активного кислорода ($1/2 O$) на килограмм пробы (Ммоль/кг) вычисляли по формуле 2.3.1.11:

$$X = (V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000 / m, \quad (2.3.1.11)$$

где V_0 – объем раствора тиосульфата натрия, использованный при контрольном измерении, см³;

V_1 – объем раствора тиосульфата натрия, использованный при определении перекисного числа жира в навеске с липидами, см³;

C – концентрация использованного раствора тиосульфата натрия, моль/дм³;

m – масса навески исследуемого жира, г;

1000 – коэффициент для пересчета результата измерения в Ммоль/кг.

Активность воды в печени определяли на приборе AquaLab, США.

Аминокислотный состав определяли в соответствии с Р 4.1.1672-03 «Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище». Анализ проведен на аминокислотном анализаторе Biochrome 30 (BiochroLtd, Англия) с колонкой Ultropac в литий-цитратной буферной системе [109].

2.3.2 Микробиологические методы исследований

Во всех образцах печени определяли следующие микробиологические показатели:

– количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ, КОЕ/г) определяли посевом в агаризованные питательные среды по ГОСТ 10444.15-94 [22];

– бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 0,1 г (см³) продукта по ГОСТ 31747-2012 [32];

– содержание дрожжей и плесневых грибов (КОЕ/г) по ГОСТ 10444.12-2013 [21];

– патогенные организмы, в том числе сальмонеллы по ГОСТ 31659-2012 [30].

2.3.3 Определение органолептических показателей

Органолептические показатели печени определяли в соответствии с ГОСТ 5897-90 [13].

2.3.4 Математические методы исследований

Математическую обработку данных проводили с доверительной вероятностью 0,95 в программе Microsoft Office Excel.

Математическая обработка результатов исследований по влиянию количества муки (x) на количество белка, ПВ и ω -3 жирных кислот в печень осуществлялась путем постановки однофакторного эксперимента [11, 41, 108]. Результаты эксперимента описаны линейным уравнением регрессии следующего вида:

$$F(x) = b_0 + bx, \quad (2.3.4.1)$$

где $F(x)$ – резульативный показатель;

b_0, b – коэффициенты регрессии;

x – фактор

2.3.5 Расчет аминокислотного сора, коэффициента различия аминокислотного сора и биологической ценности

Для оценки биологической ценности продукта рассчитаны основополагающие критерии [76].

Аминокислотный скор i -й аминокислоты (АКС, %) рассчитан по формуле 2.3.5.1:

$$АКС = \frac{мгАКв1гбелка}{мгАКв1гэтало́на} \cdot 100 \quad (2.3.5.1)$$

Аминокислота, скор которой меньше 100 %, называется лимитирующей.

При наличии нескольких лимитирующих аминокислот выделяют аминокислоту с наименьшим скором.

Сбалансированность аминокислотного состава белков определяется путем расчета их АКС, равного процентному отношению количества (мг) незаменимой аминокислоты в 1 г белка изделия к количеству (мг) этой аминокислоты в 1 г идеального белка. В 1 грамме идеального белка содержание незаменимых аминокислот составляет (мг): Изолейцин – 40; Лейцин – 70; Лизин – 55; Метионин + Цистеин – 35; Фенилаланин + Тирозин – 60; Триптофан – 10; Треонин – 40; Валин – 50 [128]. В идеальном белке АКС каждой из незаменимых аминокислот принимается за 100 %. За АКС исследуемого белка принимается наименьшее отношение, полученное для какой-либо из незаменимых аминокислот этого белка [128].

Рассчитан коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС, %), показывающий среднюю величину избытка аминокислотного сора незаменимых аминокислот по сравнению с наименьшим уровнем сора какой-либо незаменимой аминокислоты, по формуле 2.3.5.2:

$$КРАС = \sum \Delta PАС / n, \quad (2.3.5.2)$$

где $\Delta PАС$ – различие аминокислотного сора аминокислоты, %;

n – количество незаменимых аминокислот.

$$\Delta PАС = АКС_i - АКС_{min}, \quad (2.3.5.3)$$

где $АКС_i$ – скор i -й незаменимой аминокислоты, %;

$АКС_{min}$ – минимальный из скоров незаменимых аминокислот, %.

Биологическую ценность (БЦ, %) белка определяли по формуле 2.3.5.4:

$$БЦ = 100 - КРАС \quad (2.3.5.4)$$

Для оценки биологической ценности продукта рассчитан аминокислотный скор [76].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Адаптация принципов пищевой комбинаторики к конструированию обогащённого печенья без глютена с учётом потребительских предпочтений

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 (рисунок 3.1.1):

- соответствие продукта основным тенденциям рынка;
- достижение сбалансированности состава основных нутриентов;
- обогащение печенья функциональными пищевыми ингредиентами;
- сочетание органолептических показателей изделия с предпочтениями потребителей;
- сохранение физико-химических показателей и показателей безопасности на всем сроке годности продукта.



Рисунок 3.1.1 – Применение принципов пищевой комбинаторики к конструированию обогащённого печенья без глютена

Для создания востребованного продукта в соответствии с принципами пищевой комбинаторики нами были исследованы основные тенденции рынка (потребительские предпочтения) и современные требования нутрициологии. На основании маркетинговых исследований основных тенденций рынка (BusinessStat, 2022) для разработки обогащённого печенья без глютена было выбрано направление выпуска пищевой продукции с «чистой этикеткой», особенно важное для лиц, имеющих какие-либо нарушения в метаболизме.

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

С учётом поставленных задач был проведён анализ 204 рецептов печенья из «Сборника рецептов», разработанных ВНИИКП [2]. В результате в качестве базовой рецептуры (контроль) была выбрана рецептура № 190 – печенье из пшеничной муки высшего сорта и не содержащей глютен кукурузной муки (70:30, % от общей массы муки) при минимальном наборе других ингредиентов (сахар белый, сливочное масло, соль, сода, пудра ванильная, корица). При разработке рецептуры печенья без глютена пшеничная мука была заменена на рисовую муку, которая является основным компонентом рецептов безглютеновых изделий.

На основании обзора литературных данных, а также изучения нормативных документов в качестве функциональных пищевых ингредиентов нами были выбраны жирные кислоты класса ω -3 и ПВ [40, 63, 100, 142]. Дефицит этих нутриентов отмечен в питании всех групп населения Российской Федерации, включая больных целиакией. Актуальность внесения этих эссенциальных нутриентов в пищевую продукцию отражена законодательно путем выделения отдельных категорий обогащённой ими продукции в Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (Приложение 5) с установлением минимального уровня обогащения «источник» и уровня «высокое содержание». В пищевой продукции, обогащённой ω -3 жирными кислотами до уровня «источник» их содержание должно составлять не менее 0,2

г/100 г продукта, высокое содержание ω -3 жирных кислот достигается при их количестве не менее 0,4 г/100 г продукта. В случае ПВ обогащение пищевой продукции до уровня «источник» достигается при их содержании не менее 3 г/100г продукта; высокое содержание ПВ достигается при их количестве не менее 6 г/100 г продукта.

Следуя тенденции «чистая этикетка», обогащение печени было решено осуществлять за счет выбора сырья, в качестве источника естественных функциональных пищевых ингредиентов.

Сбалансированность состава белка в сырье и готовом продукте оценивалась путем сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом идеального белка (куриного яйца). Сбалансированность жирнокислотного состава жировой фракции продукта оценивалась путём сравнения его с идеальным жиром (не существует в природе). Степень обогащения печени ω -3 жирными кислотами и пищевыми волокнами оценивалась в соответствие с действующим в странах ЕАС законодательстве ТР ТС 022/2011 [123].

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 2.1.1.

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.

Для разработки печенья без глютена следовало заменить пшеничную муку в базовой рецептуре (контроль) на муку, не содержащую глютен. Для этого были определены критерии выбора муки: содержание белка и его аминокислотный состав, функциональных пищевых ингредиентов – ПВ и ω -3 жирных кислот.

В соответствии с этими критериями был изучен химический состав основного сырья в рецептуре печенья без глютена (рисовой и кукурузной муки): содержание белка, ПВ, жира и ω -3 жирных кислот, представленный в таблице 3.2.1.

Установлено, что рисовая и кукурузная мука характеризуются более низким содержанием белка (6,0 - 7,0 г/100 г) и ПВ (2,4 - 2,5 г/100 г), по сравнению с пшеничной мукой и практически не содержат ω -3 жирных кислот.

Таблица 3.2.1 – Содержание белка, пищевых волокон, ω -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
ω -3 ЖК	следы	следы	следы	следы	следы	1,4±0,3	19,9±4,0

На основании литературных данных по аминокислотному составу произведен расчет АКС белков рисовой и кукурузной муки (Приложение А).

Установлено, что эти виды муки имеют невысокий АКС (40% и 62%) и лимитированы, как и пшеничная мука, по лизину (таблица 3.2.2).

Таблица 3.2.2 – Сравнительная характеристика аминокислотного состава белков рисовой, кукурузной и пшеничной муки с эталонным белком

Наименование незаменимых аминокислот	Мука пшеничная в/с		Мука рисовая		Мука кукурузная		Эталонный белок	
	мг/г белка	Скор %	мг/г белка	Скор %	мг/г белка	Скор %	мг/г белка	Скор %
Лейцин	78	111	63	90	118	169	70	100
Фенилаланин+ тирозин	72	120	66	110	71	118	60	100
Лизин	24	44	22	40	34	62	55	100
Валин	46	92	46	92	54	108	50	100
Триптофан	9	90	8	80	12	124	10	100
Изолейцин	42	105	32	80	35	88	40	100
Метионин+ цистеин	34	97	37	106	38	109	35	100
Треонин	30	75	35	88	37	93	40	100
Сумма	335	-	309	-	399	-	360	-

Необходимо отметить, что по сравнению с кукурузной мукой рисовая мука является менее ценной по содержанию в белке незаменимых аминокислот и имеет в 1,5 раза более низкий АКС. В рецептурах МКИ без глютена, рисовая мука является, в основном, источником крахмала, выступающего в роли структурообразователя в отсутствие глютена.

Для достижения сбалансированности состава белков необходимо было выбрать муку, АКС которой способствовал получению печенья с более высокой биологической ценностью белков. На основании литературного обзора нами были выбраны гречневая, амарантовая, люпиновая мука «Люписан» и мука чиа, содержащие более высокое количество белка со сбалансированным аминокислотным составом по сравнению с рисовой и кукурузной мукой. В исследуемых образцах муки проведен анализ содержания в них белка, ПВ, жира и ω -3 жирных кислот (таблица 3.2.1).

На основании проведенных анализов установлено, что наибольшее количество белка содержится в люпиновой муке и муке чиа. При этом в

люпиновой муке и муке чиа количество белка в 4 – 7 раз превышает их содержание в рисовой и кукурузной муке. Эти виды муки характеризуются в 7-13 раз более высоким содержанием ПВ по сравнению с их содержанием в рисовой и кукурузной муке, представленных в основном, нерастворимыми ПВ – 65-75 % от суммы ПВ (таблица 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – Содержание пищевых волокон в люпиновой муке и муке чиа

Наименование показателя	Мука чиа	Мука люпиновая
Пищевые волокна (сумма), г/100 г	32,7±3,3	13,3±1,3
– нерастворимые, г/100 г	21,3±2,1	10,1±1,0
– растворимые, г/100 г	11,4±1,1	3,2±0,3

Исследования ЖКС муки показали высокое содержание ПНЖК ω -3 в муке чиа, представленных α -линоленовой кислотой (до 20%), сохранность которой обеспечивается присутствием токоферолов в муке в количестве $48,0 \pm 5,0$ мг/100 г ток. экв. α -токоферола. При этом α -линоленовая кислота присутствовала также в значимом количестве в люпиновой муке (около 1,5%), тогда как в амарантовой и гречневой муке содержание ω -3 жирных кислот составило не более 0,05% (таблица 3.2.4).

Таблица 3.2.4 – Общее содержанием жира и основных групп жирных кислот в различных видах муки без глютена

ЖКС	Мука рисовая	Мука кукурузная	Мука люпина	Мука чиа
НЖК, % от суммы жирных кислот	46,3±4,6	14,4±1,4	17,6±1,8	9,0±0,9
МНЖК, % от суммы жирных кислот	29,1±2,9	27,5±2,8	42,6±4,3	6,1±0,6
ПНЖК, % от суммы жирных кислот	24,6±2,5	58,1±5,8	39,7±4,0	85,0±8,5
ПНЖК ω -3 г/100 г муки	следы	следы	1,4±0,3	19,9±4,0
Содержание жира, г/100 г муки	1,0±0,1	1,5±0,2	9,7±1,0	33,7±3,4

Невысокое содержание ПВ и ω -3 жирных кислот в амарантовой и гречневой муке не позволяет рассматривать их в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов. На основании проведенных исследований люпиновая мука и мука чиа были выбраны нами в качестве дополнительного сырья, источника естественных функциональных пищевых ингредиентов, в дополнении к рисовой и кукурузной муке.

Проведена сравнительная характеристика АКС белков люпиновой муки и муки чиа в сравнении с идеальным белком (таблица 3.2.5).

Таблица 3.2.5 – Сравнительная характеристика аминокислотного состава белков люпиновой муки и муки чиа

Наименование незаменимых аминокислот	Люпиновая мука		Мука чиа		Эталонный белок	
	мг/г белка	Скор %	мг/г белка	Скор %	мг/г белка	Скор %
Лейцин	68	97	83	119	70	100
Фенилаланин+ тирозин	72	121	96	160	60	100
Лизин	53	96	59	107	55	100
Валин	40	81	58	116	50	100
Триптофан	8	80	16	160	10	100
Изолейцин	45	114	49	123	40	100
Метионин+ цистеин	26	73	55	157	35	100
Треонин	34	86	43	108	40	100
Сумма	346	-	459	-	360	-

Расчет АКС белков люпиновой муки и муки чиа на основании литературных данных [46, 73] показал высокое содержание в них незаменимых аминокислот – 346 мг и 459 мг на 1 г белка, соответственно (таблица 3.2.5). Белки люпиновой муки лимитированы по сумме метионин + цистеин (73%), при этом АКС белков рисовой и кукурузной муки по этим аминокислотам превышает 100% (таблицы 3.2.2 и 3.2.5.). АКС люпиновой муки по лизину составляет 96%. Рассчитанный АКС муки чиа превышал 100% (идеальный белок). Таким образом

подтверждено, что люпиновая мука и мука чиа могут быть использованы в качестве добавления к рисовой и кукурузной муке для достижения сбалансированности белковой фракции печенья.

В соответствии с принципом пищевой комбинаторики по достижению сбалансированности аминокислотного состава, а также в соответствии с определенными естественными функциональными пищевыми ингредиентами для разработки рецептуры обогащенного печенья без глютена в качестве дополнительных видов муки 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

Разработка рецептуры включает в себя стадию определения рецептурных соотношений между различными видами муки. Потребитель привык к определенному качеству сдобного печенья, поэтому полученные модельные образцы печенья без глютена сравнивались по показателям качества с печеньем на пшеничной и кукурузной муке (базовая рецептура – контроль).

С этой целью 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 учетом высокого содержания рисовой муки добавление других видов муки на следующих этапах происходило за счет снижения ее содержания при сохранении количества кукурузной муки 30% от общего количества муки.

- Установление показателей качества печенья на рисовой и кукурузной муке при добавлении различных количеств люпиновой муки (5-25 % от общего количества муки), выбор оптимального количества. Установление показателей

качества печенья на рисовой, кукурузной и люпиновой муке при добавлении различных количеств муки чиа (1-5 % от общего количества муки), выбор оптимального количества.

Подбор рецептурных соотношений между различными видами муки без глютена осуществлялся 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.

Основные этапы изменения исходной рецептуры (вариант 1 – контроль) представлены в таблице 3.3.1

Таблица 3.3.1 – Основные рецептурные компоненты печенья по вариантам

№ варианта	Рецептурные компоненты								
	сливочное масло	ЗМЖ	сахар	мука пшеничная в.с.	мука кукурузная	мука рисовая	мука люпиновая	мука чиа	соль, сода, корица, ваниль
1	+	-	+	+	+	-	-	-	+
2	+	-	+	-	+	+	-	-	+
3	+	-	-	-	+	+	+	-	+
4	+	-	-	-	+	+	+	+	+

Исследование показателей качества опытного образца печенья по сравнению с контролем показало, что полная замена пшеничной муки на рисовую муку (вариант 2) не оказывала существенного влияния на массовую долю влаги и намокаемость печенья (таблица 3.3.2).

Таблица 3.3.2 – Показатели качества печенья, приготовленного на пшеничной муке (контроль) и на рисовой и кукурузной муке (опытный образец)

Показатель	Контроль (печенье на пшеничной и кукурузной муке)	Опытный образец печенья на рисовой и кукурузной муке
Массовая доля влаги, %	6,7±0,1	6,7±0,1
Намокаемость, %:	160,0±1,6	161,0±1,6
Щелочность, град.	0,7±0,1	0,4±0,1

Отмечено снижение щёлочности изделия в опытном образце, но при этом их показатели качества соответствовали ГОСТ 24901-2014 для печенья, полученного из пшеничной муки. Однако тесто при отсутствии в нем глютена растекалось, что приводило к увеличению диаметра и уменьшению высоты готового изделия при одинаковой массе тестовой заготовки по сравнению с контролем

На следующем этапе (вариант 3) была проведена частичная замена рисовой муки в рецептуре на люпиновую муку в количестве 5-25% от общего количества муки. Исследовано содержание белка в готовом изделии в зависимости от количества люпиновой муки в рецептуре (таблица 3.3.3).

Таблица 3.3.3 – Содержание белка в печенье на рисовой и кукурузной муке в зависимости от вносимого количества люпиновой муки

Показатели	Количество люпиновой муки от общей массы муки, %					
	0	5	10	15	20	25
Количество люпиновой муки, г/100 г продукта	0	2,61	5,23	7,84	10,45	13,06
Количество белка в печенье, г/100 г продукта	2,9±0,3	3,8±0,4	4,7±0,5	5,6±0,6	6,5±0,7	7,4±0,7

Исследования проведены путем постановки однофакторного эксперимента. В качестве нулевой точки было выбрано содержание белка в печенье, приготовленном на рисовой и кукурузной муке без добавления люпиновой муки. Математическая обработка результатов показала, что изменение количества белка в печенье (Y_6) в зависимости от количества люпиновой муки (x) описывается линейным уравнением следующего вида (рисунок 3.3.1):

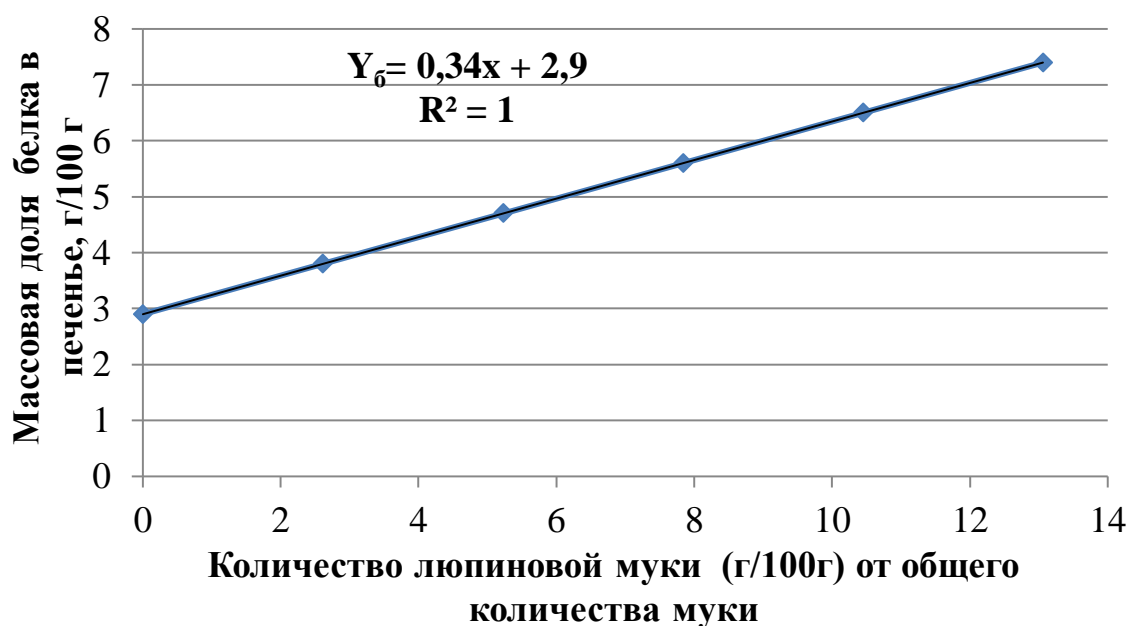


Рисунок 3.3.1 – Массовая доля белка в печенье (г/100 г) в зависимости от количества люпиновой муки (г/100 г)

Таким образом, содержание белка в печенье прямо пропорционально добавленному количеству люпиновой муки. Полученное уравнение позволяет рассчитывать содержание белка в печенье на основе рисовой и кукурузной муки в зависимости от добавленного количества люпиновой муки.

Установлено, что частичная замена рисовой муки на люпиновую муку не оказывала существенного влияния на массовую долю влаги и намокаемость печенья (таблица 3.3.4).

Таблица 3.3.4 – Показатели качества печенья, приготовленного на рисовой и кукурузной муке с добавлением люпиновой муки (опытные образцы)

Показатели	Опытные образцы печенья на рисовой и кукурузной муке с добавлением люпиновой муки			
	5%	10%	15%	20%
Массовая доля влаги, %	6,6±0,1	6,5±0,1	6,4±0,1	6,2±0,1
Намокаемость, %	163,0±1,6	163,0±1,6	164,0±1,6	164,0±1,6
Щелочность, град.	0,2±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1

Исследование органолептических свойств образцов печенья показало, что с добавлением 25% люпиновой муки от общего количества муки отмечены крупные трещины на поверхности, ухудшающие внешний вид изделия.

На основании полученных результатов выбрано внесение люпиновой муки в количестве 20% от общего количества муки, что обеспечивало увеличение содержания белка в изделии более, чем на 40% по сравнению с контролем, и в 2,3 раза – по сравнению с опытным образцом печенья на основе рисовой и кукурузной муки. При этом печенье характеризовалось приятным ореховым привкусом и запахом.

После определения количества вносимой люпиновой муки проведена дальнейшая замена части рисовой муки на муку чиа (вариант 4), характеризующуюся высоким содержанием ω -3 жирных кислот и ПВ, в количестве 1-5% от общего количества муки. Исследовано влияние количества добавляемой муки чиа на содержание ω -3 жирных кислот и ПВ в готовом изделии (таблицы 3.3.5 и 3.3.7).

Таблица 3.3.5 – Содержание ПНЖК ω -3 в печенье на рисовой, кукурузной и люпиновой муке в зависимости от вносимого количества муки чиа

Показатели	Количество муки чиа от общей массы муки, %					
	0	1	2	3	4	5
Количество муки чиа, г/100 г продукта	0	0,52	1,05	1,57	2,09	2,61
Количество ω -3 жирных кислот, г/100 г продукта	0,30 $\pm 0,01$	0,42 $\pm 0,01$	0,53 $\pm 0,01$	0,64 $\pm 0,01$	0,74 $\pm 0,02$	0,85 $\pm 0,02$

Исследование по влиянию количества муки чиа на содержание ω -3 жирных кислот в печенье осуществлено путем постановки однофакторного эксперимента. В качестве нулевой точки было выбрано содержание ω -3 жирных кислот в печенье, приготовленном на основе кукурузной, рисовой и люпиновой муки без добавления муки чиа. Математическая обработка результатов показала, что содержание ω -3 жирных кислот ($Y_{\omega-3}$) в печенье в зависимости от количества муки чиа (x) описываются линейным уравнением (рисунок 3.3.2):

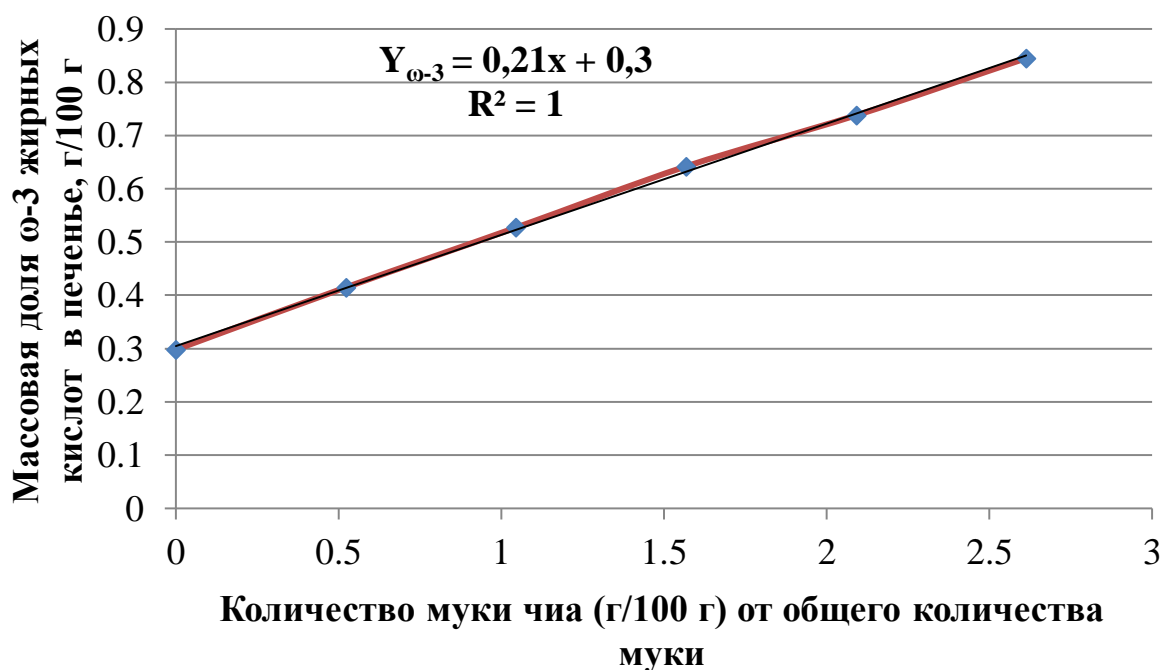


Рисунок 3.3.2 – Массовая доля ω -3 жирных кислот в печенье в зависимости от количества муки чиа

Полученное уравнение позволяет рассчитывать содержание ω -3 жирных кислот в печенье на основе рисовой, кукурузной и люпиновой муки в зависимости от добавленного количества муки чиа.

Установлено, что дальнейшая замена рисовой муки на муку чиа также не оказывала существенного влияния на массовую долю влаги и намокаемость печенья (таблица 3.3.6).

Таблица 3.3.6 – Показатели качества печенья, приготовленного на рисовой, кукурузной и люпиновой муке с добавлением муки чиа (опытные образцы)

Показатели	Опытные образцы печенья на рисовой, кукурузной и люпиновой муке с добавлением муки чиа				
	1%	2%	3%	4%	5%
Массовая доля влаги, %	6,2±0,1	6,1±0,1	6,0±0,1	5,9±0,1	5,8±0,1
Намокаемость, %	164,0±1,6	163,0±1,6	163,0±1,6	162,0±1,6	160,0±1,6
Щелочность, град.	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1	0,2±0,1

Дополнительное внесение муки чиа в количестве не менее 1% способствует повышению содержания ПВ в опытных образцах печенья до уровня их «источника» – не менее 3 г/100 г. Это количество ПВ способствовало дальнейшей структуризации теста, что сказывалось на уменьшении диаметра и увеличении высоты готового изделия до уровня контроля (таблица 3.3.7).

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

Таблица 3.3.7 – 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

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.

С учетом стоимости импортной муки чиа признано целесообразным вносить ее в количестве 2% от общей массы муки.

В результате проведенных 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 ω -3 жирных кислот при сохранении приемлемых органолептических показателей.

3.4 Обоснование выбора заменителя молочного жира с ω -3 жирными кислотами для получения обогащённого печенья без глютена

В исследованиях в п. 3.3 в качестве жирового сырья использовалось сливочное масло с массовой долей жира 82,5%. В настоящее время при производстве печенья сливочное масло часто заменяют на маргарины, кондитерские жиры или другие масложировые продукты, не имеющие определенных требований по пищевой ценности и рассматривающиеся в качестве более дешёвого, но часто и более технологичного масложирового сырья.

Следующим этапом являлась замена сливочного масла на жировое сырьё, содержащее ω -3 жирные кислоты. При получении печенья без глютена для структуризации пищевой системы преимущество имеет использование твёрдых масложировых продуктов.

В таблице 3.4.1 представлено содержание основных групп жирных кислот, определённое методом ГЖХ в образцах сливочного масла, маргарина для выпечки и заменителя молочного жира (ЗМЖ), выпущенного в соответствие с требованиями ГОСТ 31648-2022 (Марка 1).

Как видно из представленных данных, наряду с несомненными достоинствами сливочное масло отличается более высоким содержанием насыщенных жирных кислот (НЖК) при невысоком содержании ПНЖК с отсутствием жирных кислот класса ω -3. К недостаткам сливочного масла, как и любого жира жвачных животных, следует отнести достаточно высокое содержание в нем атерогенных трансизомеров жирных кислот, способствующих развитию целого ряда алиментарно зависимых заболеваний, в первую очередь сердечно-сосудистых [203].

Таблица 3.4.1 – Содержание основных групп жирных кислот в различных масложировых продуктах

Содержание основных групп жирных кислот	Сливочное масло	ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1)	Маргарин
Массовая доля жира, %	82,5	99,9	82,5
НЖК, %	69,2±6,9	45,8±4,6	41,6±4,2
МНЖК, %	27,1±2,7	30,2±3,0	34,7±3,5
ПНЖК, %	3,6±0,4	20,7±2,1	22,3±2,2
ω-3 жирные кислоты (α –линоленовая), г/100 г продукта	Следы	2,4±0,2	Следы
Трансизомеры жирных кислот, г/100 г	5,6±0,6	0,9±0,1	1,4±0,1

Маргарин для выпечки содержит практически такое же количество мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), что и сливочное масло, но характеризуется более низким содержанием НЖК при высоком содержании ПНЖК класса ω-6. Не является источником ω-3 жирных кислот. Содержание атерогенных трансизомеров в нем соответствует требованиям Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 024/2011 «Технический регламента на масложировую продукцию» и составляет менее 2% [124].

Единственным продуктом, содержащим в обязательном порядке ω-3 жирные кислоты, является ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1). Анализом ЖКС установлено, что по сравнению со сливочным маслом ЗМЖ характеризовался более низким содержанием НЖК за счет увеличения содержания ПНЖК, при содержании эссенциальных ПНЖК ω-3 в количестве 2,4 г/100 г. Сохранность ω-3 жирных кислот в ЗМЖ обеспечивалось присутствием токоферолов в количестве

$50,0 \pm 5,0$ мг/100 г ток. экв. α -токоферола. Содержание МНЖК составляло не менее 30%. Поэтому этот продукт был выбран в качестве жирового сырья для разработки рецептуры печенья без глютена, обогащённого естественными функциональными пищевыми ингредиентами.

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

Кривая плавления выбранного ЗМЖ была приближена к молочному жиру (рисунок 3.4.1), что позволяло прогнозировать сохранение физико-химических показателей печенья с его использованием.

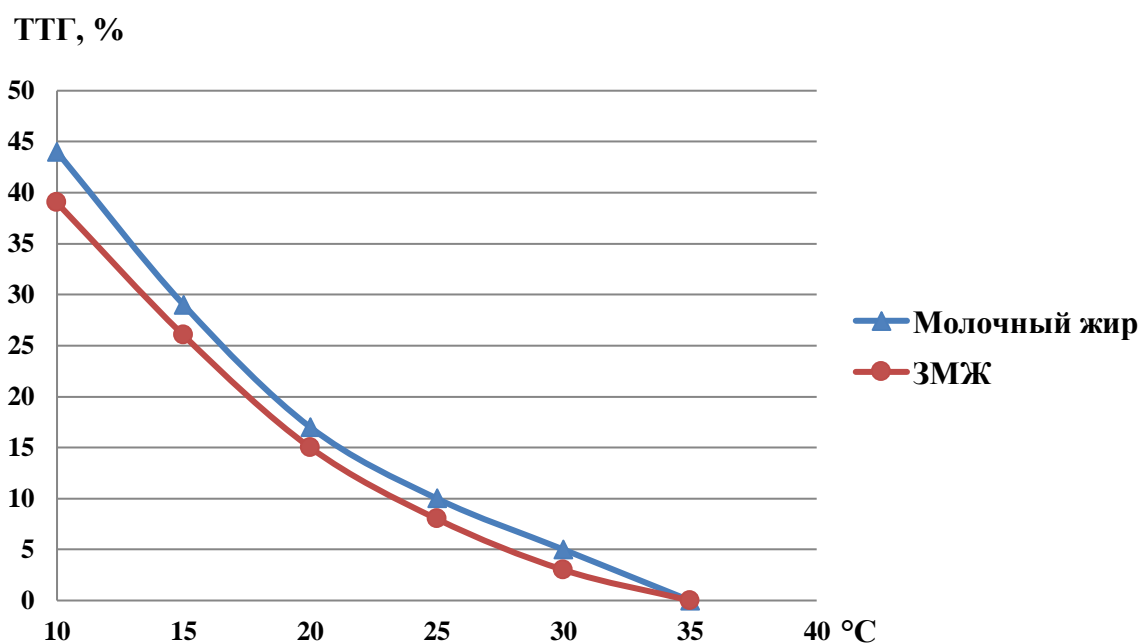


Рисунок 3.4.1 – Зависимость содержания твердых триглицеридов (ТТГ) от температуры для молочного жира и ЗМЖ

Экспериментально установлено, что использование ЗМЖ в качестве жирового ингредиента вместо сливочного масла не приводило к ухудшению показателей качества опытных образцов печенья без глютена (таблица 3.4.2).

Таблица 3.4.2 – 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

Исследуемые показатели соответствовали уровню, установленному ГОСТ 24901-2014 для печенья из пшеничной муки.

Был исследован ЖКС жировой фракции опытных образцов печенья. Содержание основных групп жирных кислот представлено на рисунке 3.4.2.

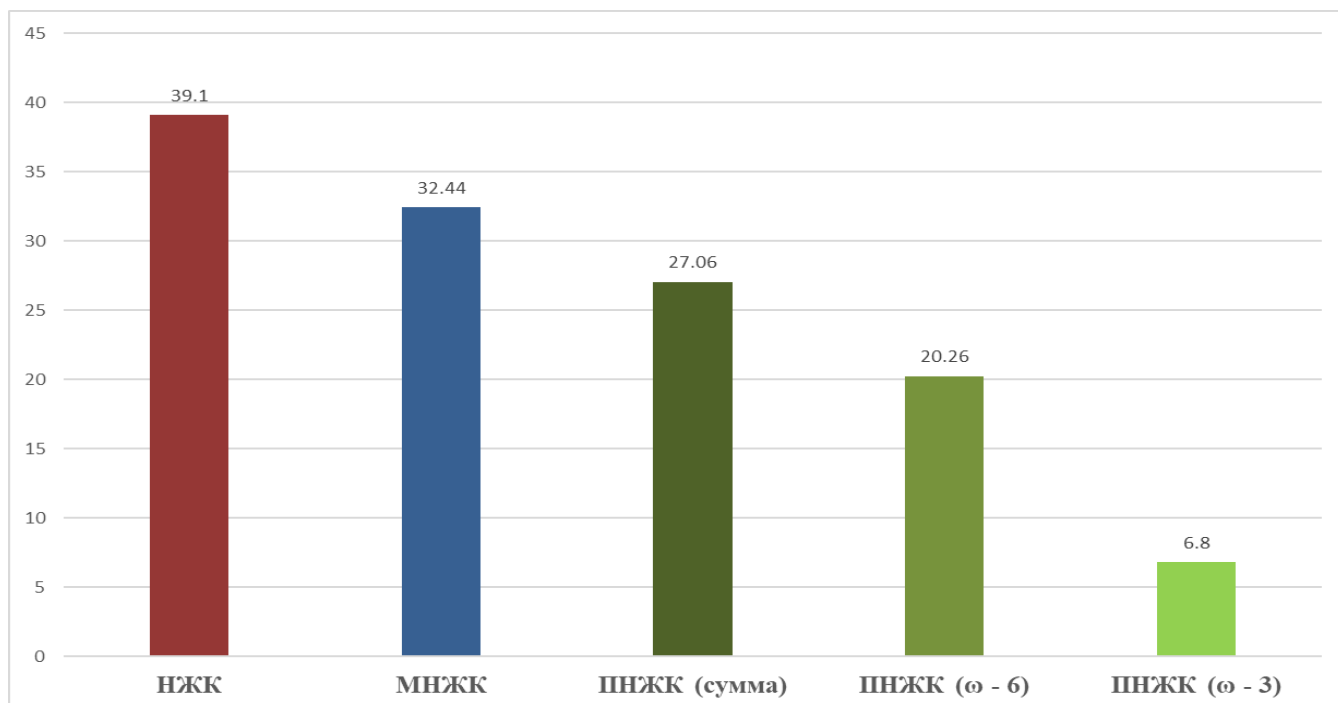


Рисунок 3.4.2 – Основные группы жирных кислот в жировой фракции опытных образцов печенья на ЗМЖ

Биологическая ценность (БЦ) жировой фракции печени оценивалась по содержанию в ней основных групп жирных кислот и сравнивалась с идеальным жиром (в природе не существует). За физиологически полноценный (идеальный) жир принимается жир, в котором насыщенные (НЖК), мононенасыщенные (МНЖК) и полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) присутствуют в соотношении 1:1:1. Такой жир оптимально усваивается организмом человека [128].

В результате анализа ЖКС жировой фракции опытных образцов печени было установлено, что она приближена к идеальному жиру (НЖК:МНЖК:ПНЖК=1,2:1:0,8) при соотношении ПНЖК ω -6: ω -3 равным 3:1. Это подтверждает обоснованность выбора ЗМЖ по ГОСТ 31648-2022 (Марка 1) для производства обогащённого ω -3 жирными кислотами печени.

Таким образом, в результате проведенных исследований достигнута сбалансированность химического состава печени по двум основным нутриентам – белку и жиру.

3.5 Разработка рецептуры и технологии печенья без глютена, обогащённого натуральными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья, и расчет его пищевой ценности

На основании проведенных исследований (п. 3.3 и 3.4) была разработана рецептура печенья без глютена, обогащённого натуральными функциональными пищевыми ингредиентами исходного сырья – ПВ и ω -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 учетом специфики используемого сырья были разработаны технологические параметры

для определенных стадий процесса производства. Все исследования проводились в производственных условиях АО «Перекрёсток вкусов».

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. Чем меньше размер частиц муки, тем больше их удельная поверхность и, следовательно, водопоглотительная способность, что влияет на структурно-механические свойства получаемого теста. Был проанализирован гранулометрический состав образцов муки: рисовой, кукурузной, люпиновой, чиа (рисунок 3.5.1.1).

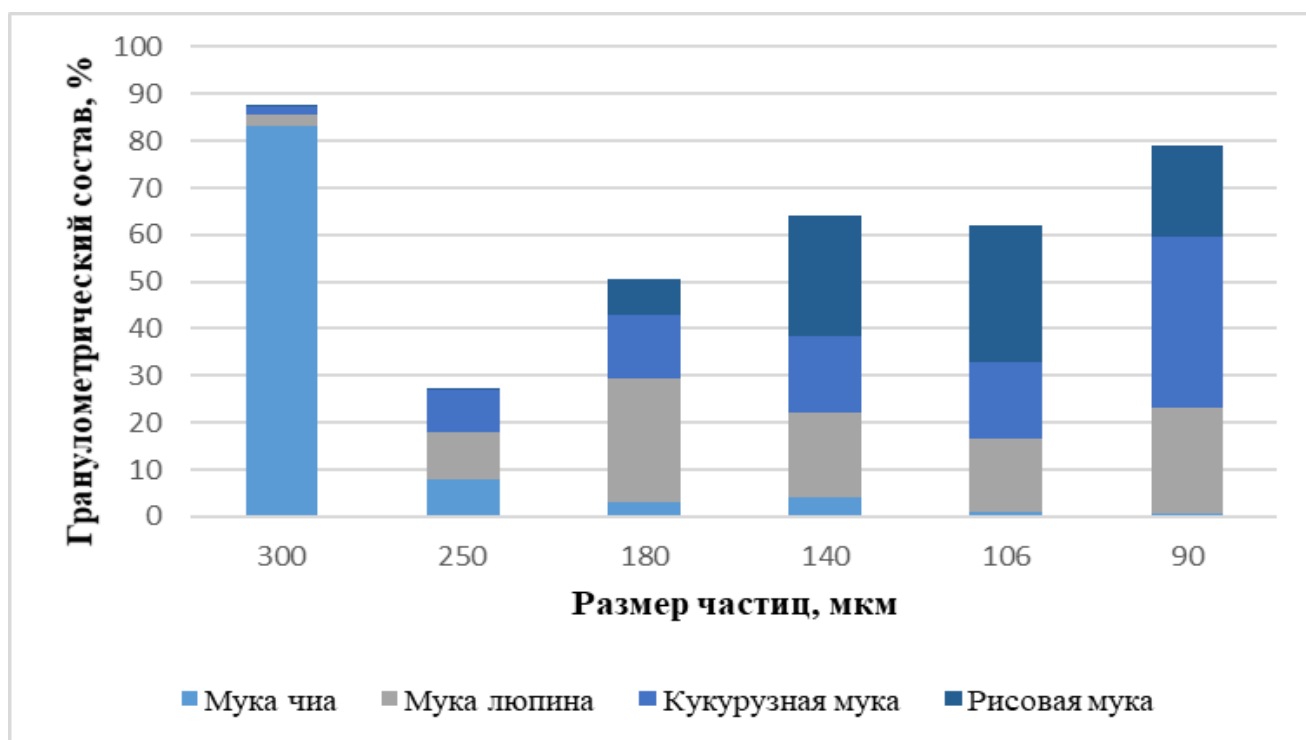


Рисунок 3.5.1.1 – Анализ гранулометрического состава различных видов муки

В результате проведённых 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.

Выявленные различия в гранулометрическом составе представлены на рисунке 3.5.1.2.

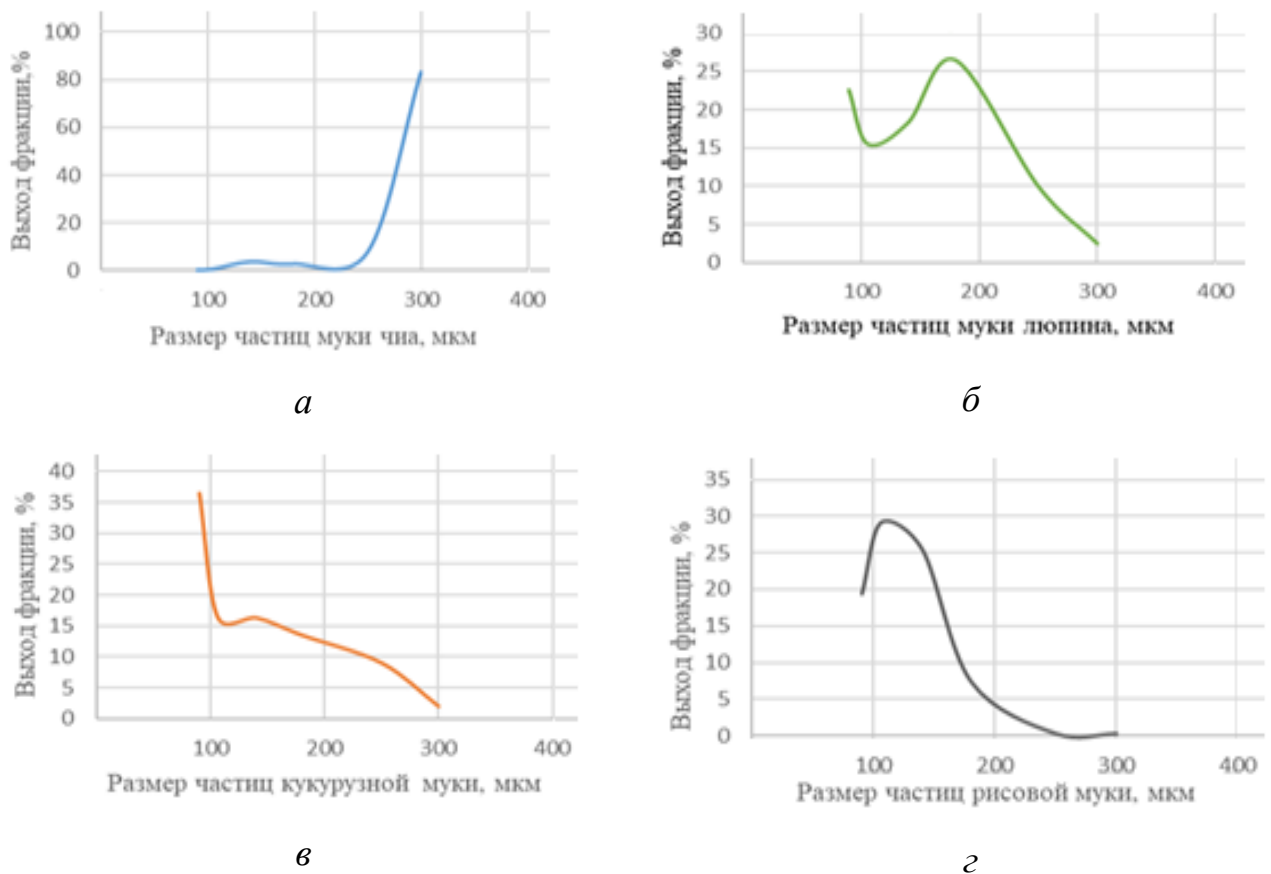


Рисунок 3.5.1.2 – Распределение частиц муки по размерам (% от числа частиц): а – мука чиа; б – люпиновая мука; в – кукурузная мука; г – рисовая мука

На основании гранулометрического состава муки и ее количества в рецептуре разработана последовательность приготовления сухих компонентов смеси. Предложено поочередное внесение компонентов от наименьшего количества муки с более крупным размером частиц до наибольшего количества муки с минимальным размером частиц.

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

Первым этапом производства МКИ является подготовка сырья к производству: сыпучее сырье (мука рисовая, мука кукурузная, мука люпиновая, сахар, соль пищевая, сода питьевая, пудра ванильная, корица) просеивалось через мукопросеиватель (ЛАККК МПС 141, Россия), вода проходила водоподготовку через систему фильтрации в производственных условиях, ЗМЖ поступало в камеру с температурой (Т) плюс 19 – 22 °С для пластифицирования.

На стадии приготовления смеси из различных видов муки в соответствии с исследованиями по гранулометрическому составу (п. 3.5.1) была предложена следующая последовательность внесения сырья: мука чиа вносится в люпиновую муку (смесь 1); в полученную смесь 1 вносится кукурузная мука (смесь 2); в полученную смесь 2 добавляется рисовая мука с получением смеси 3 (рисунок 3.5.2.1).

На всех стадиях производилось тщательное перемешивание смеси в смесителе (Sottoriva V2 60, Италия) при скорости вращения лопасти 800 – 1000 мин⁻¹ в течение 1 – 2 мин.

С целью получения теста мягкой и однородной консистенции были определены оптимальные параметры стадии подготовки ЗМЖ в производственных условиях в тестомесильной машине (Sottoriva EVO 160, Италия) при загрузке 80 – 100 кг ЗМЖ: температура ЗМЖ плюс 19-22 °С, скорость вращения лопасти 1500 ± 100 мин⁻¹, время не менее 1,5 часов.

Приготовление растворов сахара и соли производилось в емкостях при температуре плюс 18 – 20 °С в течение 15 минут при помешивании.

Далее ЗМЖ смешивался с растворами сахара и соли до получения однородной эмульсии и в нее вносились заранее подготовленная смесь соды, пудры ванильной и корицы. В полученную эмульсию постепенно добавляли смесь из разных видов муки и тщательно перемешивали до получения теста с

массовой долей влаги 11 – 13%. Из полученного теста на тестоотсадочной машине (Rondo, Швейцария) формировали тестовые заготовки массой нетто 20 (± 1) г, которые помещали в пекарную камеру (Sveba Dahlen, Швеция).

Были определены оптимальные режимы выпечки печенья без глютена, при которых достигалось высокое качество готовых изделий: первый период выпечки – температура плюс 160 ± 5 °C; во втором периоде выпечки температура повышалась с плюс 160 ± 5 °C до плюс 190 ± 5 °C при снижении относительной влажности воздушной среды пекарной камеры, что способствовало равномерной влагоотдаче, карамелизации сахаров и образования золотистой корочки на поверхности изделия. Общая продолжительность процесса выпечки составляла 18 – 20 мин.

Показано, что при температуре выпечки плюс 210 – 240 °C печенье приобретало более яркую окраску, оставаясь внутри не пропеченным. При температурах выпечки плюс 110 – 140 °C печенье характеризовалось расплывчатой светлой поверхностью и жесткостью при разламывании. При низких температурах выпечки процесс влагоотдачи происходил на третьем этапе, что значительно ухудшало органолептические показатели печенья.

С целью снижения микробиологической обсемененности было предложено охлаждать выпеченные изделия в вакуумной камере (Vacuspeed Werner & Pfleiderer, Германия) в течение 5 минут до температуры плюс 18 ± 2 °C с последующим его упаковыванием на автоматическом запайщике лотков (G. Mondini TRAVE 384 VG, Италия). Блок-схема производства обогащенного печенья без глютена (сдобного отсадного) изображена на рисунке 3.5.2.1.

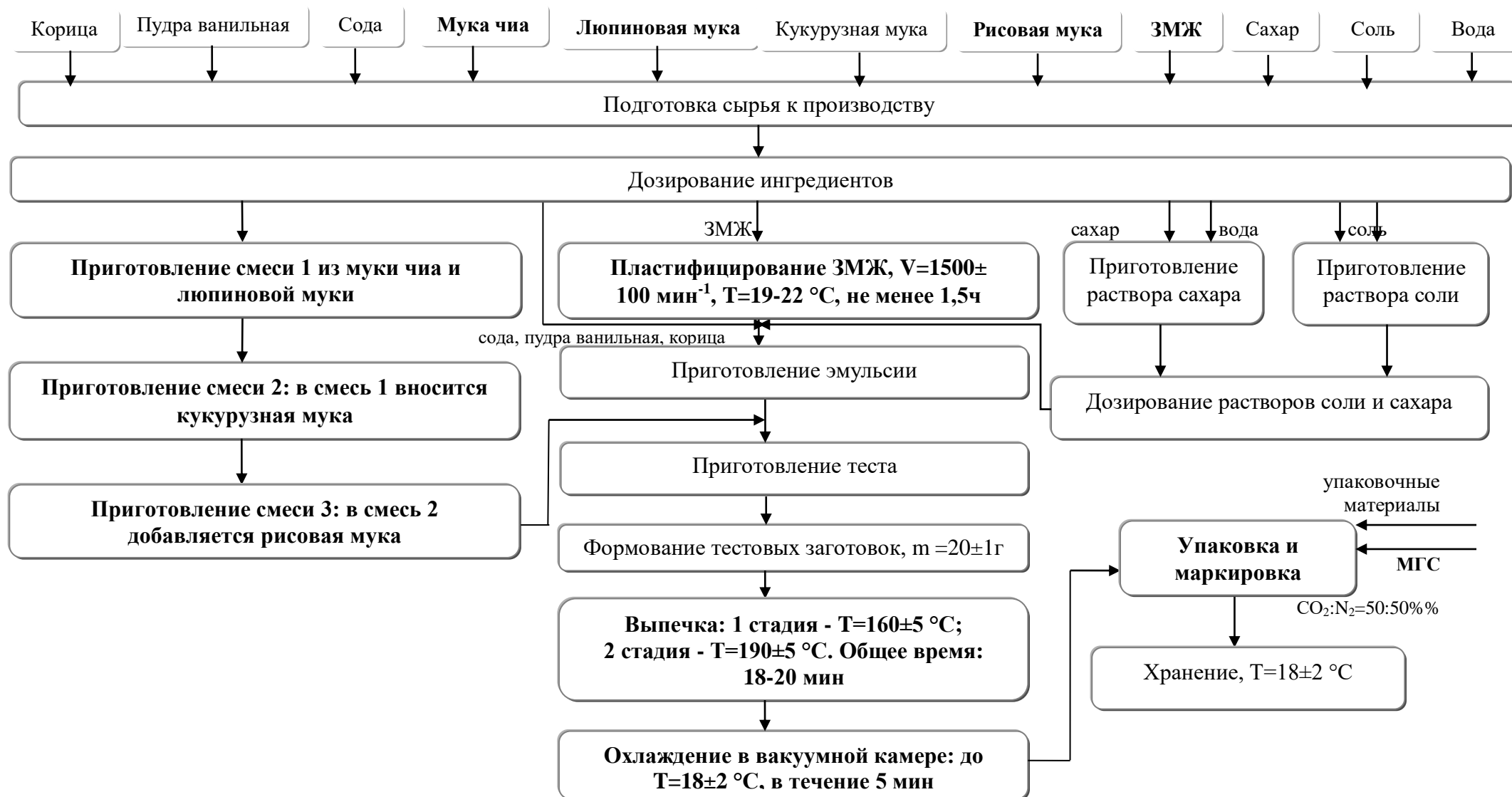


Рисунок 3.5.2.1 – Блок - схема производства обогащённого печенья без глютена (сдобного отсадного)

Таким образом, использование четырёх 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.

3.5.3 Расчёт пищевой ценности обогащённого печенья без глютена

В соответствие с требованиями Технического регламента ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» для упакованной пищевой продукции помимо её состава на этикетке необходимо указывать пищевую ценность продукта (п. 4.9). Пищевая ценность включает в себя энергетическую ценность (калорийность), а также количество белков, жиров и углеводов (г/100 г). При определении содержания углеводов в пищевой продукции учитывается их количество (за исключением ПВ), участвующее в обмене веществ в организме человека. Также в пищевой ценности указывается (при наличии) содержание витаминов и минеральных веществ. В соответствие с п. 4.10 информация об отличительных признаках, например, обогащённая пищевая продукция, указывается в соответствие с Приложением 5 к этому регламенту.

Проведен анализ содержания белков, жиров, ω -3 жирных кислот и ПВ в контрольном, опытном (на рисовой и кукурузной муке) образцах печенья и обогащенном печенье без глютена по разработанной технологии (таблица 3.5.3.1). Энергетическая ценность печенья рассчитана на основании рецептурного состава (Приложение Б).

Как видно из представленных данных, замена пшеничной муки на рисовую привела к снижению содержания белка в изделии. Содержание ω -3 жирных кислот и ПВ в контроле и опытном образце на рисовой и кукурузной муке было незначительным, что не позволяет рассматривать их в качестве обогащённых этими нутриентами.

Таблица 3.5.3.1 – 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 (ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки») является источником ПВ (не менее 3,0 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 аминокислотный скор (АКС) и БЦ белков (Приложение В) в контрольном и опытных образцах печенья, приведенные в таблице 3.5.3.2.

Таблица 3.5.3.2 – АКС и БЦ белков контрольного и опытного образцов печени

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	55	5,1	92
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 НАК	41,5	-	42,1	-
БЦ,%	39		76	

Установлено, что обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии, по сравнению с контролем, имело более сбалансированный аминокислотный состав белковой фракции. Хотя белок оставался лимитированным по лизину, его АКС повысился с 55 до 92%. В результате БЦ белков печени возросла почти в 2 раза. Обогащённое печенье без глютена, полученное по разработанной технологии, оценивали органолептически и сравнивали с контрольным образцом (таблица 3.5.3.3).

Таблица 3.5.3.3 – Органолептические показатели опытного и контрольного образцов печенья

Наименование показателя	Контроль	Обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха.	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха. Присутствие орехового послевкуся.
Форма	Слегка расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края.	Разнообразная, не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края.
Поверхность	Шероховатая, с вкраплениями частиц используемых компонентов. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная.	Шероховатая, с вкраплениями частиц используемых компонентов. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная.
Цвет	Равномерный, светло-соломенный с более тёмной окраской краёв печенья и нижней стороны.	Равномерный, ярко-желтый с более темной окраской краёв печенья и нижней стороны.
Вид в изломе	Пропечённое печенье с пористой структурой, без пустот и следов непромеса.	Пропечённое печенье с пористой структурой, без пустот и следов непромеса.

Как видно из таблицы 3.5.3.3, обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии обладает приятным ореховым ароматом. Контрольный образец печенья слегка имел расплывчатую поверхность в отличие от обогащённого печенья без глютена по разработанной технологии, которое имело шероховатую поверхность, однако характеризовалось и большим количеством трещин. Также обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии имело более выраженный яркий жёлтый цвет, обусловленный присутствием каротиноидов люпиновой муки в сочетании с кукурузной мукой, в связи с чем и получило название «Янтарное» (рисунок 3.5.3.1 а – б).



Рисунок 3.5.3.1 – Полученное печенье: а – контроль;

б – обогащённое печенье без глютена по разработанной технологии

Полученные образцы печенья тестировались на группе людей из 15 человек. Печенье оценивалось по 5-ти бальной шкале вслепую по основным органолептическим показателям: вкус и запах, форма, поверхность, цвет, вид в изломе. Результаты тестирования респондентов складывались между собой и высчитывалось среднее значение по каждому показателю отдельно. Средние показатели тестирования приведены в таблице 3.5.3.4.

Таблица 3.5.3.4 – Средние показатели тестирования печенья

Показатель	Средняя оценка параметра	
	Контроль	Обогащенное печенье без глютена
Вкус и запах	4,8	5,0
Форма	4,8	4,8
Поверхность	5,0	4,6
Цвет	4,6	5,0
Вид в изломе	5,0	5,0
Средний балл	4,8	4,9

На рисунке 3.5.3.2 показана профилограмма, отображающая результат тестирования образцов по основным потребительским характеристикам.

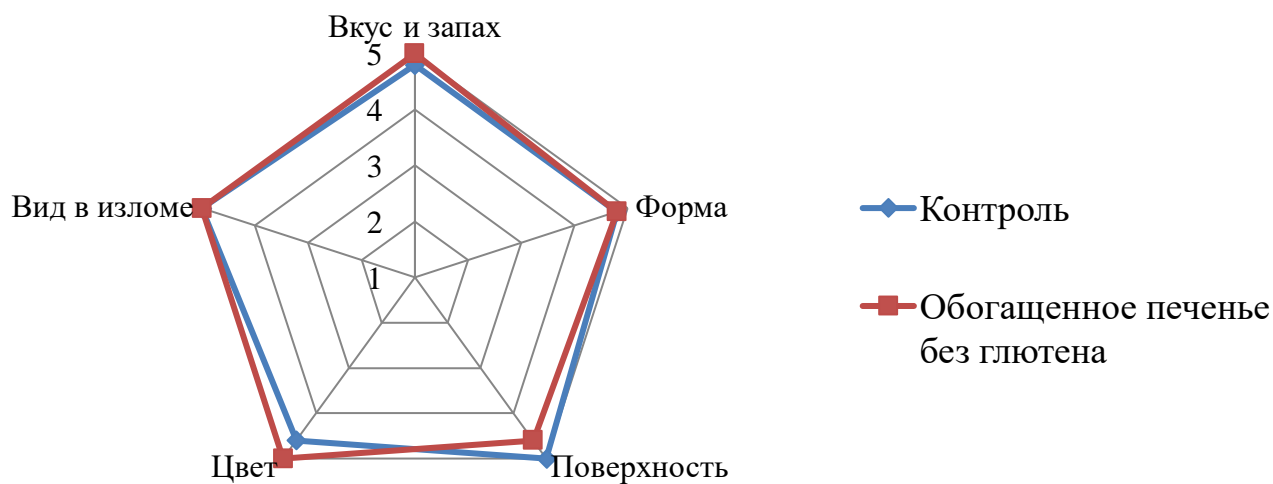


Рисунок 3.5.3.2 – Профилограмма обогащённого печенья без глютена по разработанной технологии и контрольного образца

В результате тестирования органолептических показателей обогащённого печенья без глютена по разработанной технологии и контроля респонденты высоко оценили полученные образцы, при этом выделили приятный ореховый вкус разработанного печенья.

Таким образом, разработанный системный подход на основе принципов пищевой комбинаторики позволил получить печенье без глютена, обогащённое натуральными функциональными пищевыми ингредиентами (ω -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», выбранная нами на основе анализа потребительских предпочтений, в первую очередь подразумевает отказ от использования пищевых добавок, в частности антиокислителей и консервантов.

В качестве альтернативного способа продления срока годности рассмотрено упаковывание изделия в МГС. Обзор исследований, проведенных за рубежом, показал, что при упаковывании хлебобулочных изделий и МКИ чаще всего используется смесь двуокиси углерода (CO_2) и азота (N_2). Двуокись углерода обладает фунгистатическим и бактериостатическим действием. Азот является инертным газом и используется в качестве наполнителя, т.к. не оказывает влияния на органолептические свойства продукта.

Использована смесь из двуокиси углерода и азота в соотношениях – 20:80; 30:70; 50:50 (об.%/об.%). Исследования по влиянию состава МГС на показатели качества различных сортов сдобного печенья ($W=6.5-10\%$; $a_w<0.7$) и выбор оптимальной концентрации смеси газов были проведены в производственных условиях АО «Перекрёсток вкусов».

Объектами исследований являлось сдобное печенье с массовой долей влаги 6,5 – 10,0%. В исследуемых образцах печенья отсутствовали консерванты и антиокислители. Упаковывание осуществлялось в контейнеры из полипропилена и барьерную многослойную пленку на основе полиэтилентерефталата под запайку на автоматическом запайщике лотков (G. Mondini TRAVE 384 VG, Италия). На данном этапе происходило создание вакуума, удаление воздуха из упаковки, а затем наполнение МГС. Смеси газов автоматически подготавливались в специализированных емкостях с предварительным переводом из сжиженного состояния в газообразное и передавались по трубопроводам к упаковочным линиям. При этом удаление кислорода из упаковки было быстрым и полным, его остаточный уровень составлял менее 1%. Количественное определение химического состава смеси газов определяли портативным газоанализатором Oxybaby M+i O₂/CO₂ (WITT - GASETECHNIK, Германия).

Контролем служили образцы печенья, герметично упакованные в воздушной среде без использования МГС. Хранение осуществлялось при температуре плюс 18 ± 2 °С в течение 60 суток. Органолептический и микробиологический анализ образцов производился каждые 10 суток.

Установлено, что замена воздушной среды на МГС во всех случаях позволяла дольше сохранять качество упакованного печенья. В таблице 3.6.1 приведены изменения органолептических показателей печенья при хранении в воздушной среде и в МГС. Полученные данные позволили установить, что наихудшие показатели при хранении выявлены для контрольных образцов печенья с массовой долей влаги 10%. При хранении более 10 суток наблюдалось появление постороннего запаха и горького привкуса.

Для образцов печенья с массовой долей влаги (W) 6,5% органолептическая порча в контрольных образцах фиксировалась на 20-е сутки хранения.

Замена воздушной среды на МГС при всех соотношениях газов в смеси позволила продлить сроки годности исследуемых сортов печенья. При использовании МГС 20:80 (CO₂:N₂) и 30:70 (CO₂:N₂) были получены одинаковые

результаты. В образцах печени с массовой долей влаги (W) 10% (образец 1) посторонние привкус и запах были выявлены на 40-е сутки хранения. Для печени с массовой долей влаги (W) 6,5% (образец 2) появление посторонних привкуса и запаха произошло на 60-е сутки хранения (таблица 3.6.1).

Таблица 3.6.1 – Влияние МГС на сохранение органолептических свойств печени

Печень	МГС	Время хранения, сутки						Органолептические показатели МКИ по окончании хранения
		5	10	20	30	40	60	
Печень (образец 1 – W=10%) ¹	без МГС	+	+	-				посторонний привкус
	N ₂ :CO ₂ (20:80)	+	+	+	+	-		посторонний запах
	N ₂ :CO ₂ (30:70)	+	+	+	+	-		посторонний запах
	N ₂ :CO ₂ (50:50)	+	+	+	+	+	+	соответствует
Печень (образец 2 – W=6,5%) ¹	без МГС	+	+	-				посторонний привкус
	N ₂ :CO ₂ (20:80)	+	+	+	+	+	-	посторонние привкус и запах
	N ₂ :CO ₂ (30:70)	+	+	+	+	+	-	посторонние привкус и запах
	N ₂ :CO ₂ (50:50)	+	+	+	+	+	+	соответствует

¹ Примечание: «+» – соответствуют, «-» – не соответствуют

Показано, что в печени, упакованном, как в воздушной среде, так и в МГС, преимущественно протекают процессы окислительной порчи, оказывающие влияние на изменение органолептических показателей. Наилучшие результаты были получены при использовании МГС с равным содержанием двуокиси углерода и азота (CO₂:N₂= 50:50 об.%/об.%). В этом случае при хранении печени (W=6,5%) в течение 60-ти суток органолептические показатели соответствовали исходным образцам (рисунки 3.6.1, 3.6.2).

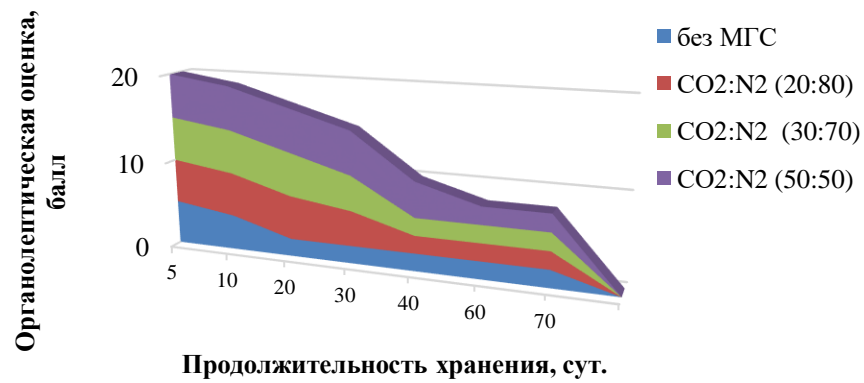


Рисунок 3.6.1 – Изменение органолептических показателей при хранении сдобного печенья с массовой долей влаги 10%

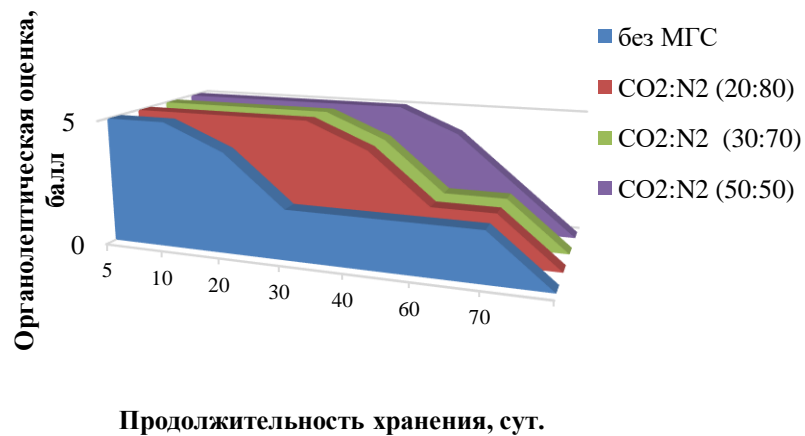


Рисунок 3.6.2 – Изменение органолептических показателей при хранении сдобного печенья с массовой долей влаги 6,5%

Соотношение газов в используемой МГС в значительной степени влияет на сохранность упакованных МКИ.

Проведенные исследования показали, что в упакованных образцах печенья с применением и без применения МГС при всех исследованных сроках (10 – 60 суток) хранения органолептическая порча происходила раньше, чем микробиологическая.

В таблице 3.6.2 приведены максимальные значения микробиологических показателей образцов МКИ на окончание срока годности, определенного по ухудшению органолептических показателей.

Таблица 3.6.2 – Микробиологические показатели печени в процессе хранения при температуре плюс 18 ± 2 °С (10 – 60 суток), упакованных с применением и без применения МГС

Печень	Содержание микроорганизмов, КОЕ/г, в процессе хранения при температуре плюс 18 ± 2 °С, 60 суток									
	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более		Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г (см ³)		S.aureus, не допускаются в массе продукта, г (см ³)		Плесени, КОЕ/г, не более		Дрожжи, КОЕ/г, не более	
	1 – е сутки	на конец срока годности	1 – е сутки	на конец срока годности	1 – е сутки	на конец срока годности	1 – е сутки	на конец срока годности	1 – е сутки	на конец срока годности
Печень (образец 1 – W=10%)	1×10^1 (±1)	5×10^1 (±1)	н/о	н/о	н/н	н/н	0	0	0	0
Печень (Образец 2 – W=6,5%)	2×10^1 (±1)	7×10^1 (±1)	н/о	н/о	н/н	н/н	0	0	0	0
Показатели по ТР ТС 021/2011	-	1×10^4	-	0,1	-	0,1	-	50	-	50

Примечание: «н/о» – не обнаружено, «н/н» – не нормируется

Как видно из приведённых данных, ни у одного из образцов печенья не наблюдалось превышение микробиологических показателей, нормируемых Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Проведённые исследования позволили подтвердить, что в печенье с массовой долей влаги не более 10% и активностью воды менее 0,7 при хранении преимущественно протекают процессы окислительной порчи, оказывающие влияние на изменение органолептических показателей.

Было установлено, что замена воздушной среды на МГС в герметично упакованном печенье положительно влияет на их сохранность. Применение МГС и герметичной упаковки позволяет увеличить сроки годности изделий в 3-6 раз.

Установлено, что замена воздушной среды на МГС во всех случаях позволила продлить срок годности упакованного печенья. Наилучшие результаты были получены при использовании МГС с соотношением газов $CO_2:N_2=50:50$ (об.%/об.%). Проведенные исследования доказывают эффективность использования МГС для продления срока годности печенья без дополнительного использования консервантов и антиокислителей.

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

В процессе хранения пищевой продукции ухудшение ее качества происходит в результате протекания в ней физико-химических, окислительных и микробиологических процессов. Эти процессы протекают одновременно, но их скорость во многом зависит от массовой доли влаги и активности воды. Активность воды (a_w) – безразмерный показатель, показывающий соотношение свободной и связанной воды, или степень связывания воды в пищевых системах.

В исследованиях, проведенных во Всероссийском научно-исследовательском институте кондитерской промышленности, было установлено, что в мучных кондитерских изделиях с низкой влажностью (менее 10%, $a_w < 0,6 - 0,7$) протекают преимущественно процессы окислительной порчи жиров, интенсивность которых зависит от качественного и количественного состава жиров, используемых при их производстве, а также от условий хранения продукта [5, 59, 118].

Использование сырья с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, в частности линолевой и линоленовой, увеличивает скорость протекания окислительных процессов, а использование упаковки с низкой паро- и воздухопроницаемостью в МГС наоборот замедляет эти процессы (п. 3.6).

Таким образом, обогащение пищевой продукции ω -3 жирными кислотами требует разработки подходов для обеспечения их сохранности на протяжении всего срока годности продукта. Исследования по хранению печенья с ω -3 жирными кислотами, упакованного в МГС, без дополнительного внесения консервантов и антиокислителей отсутствуют.

Проведены исследования окислительной порчи в обогащённом ω -3 жирными кислотами печенье без глютена (п. 3.6) в процессе его хранения в упакованном виде (п. 3.7) в воздушной среде и с внесением МГС с соотношением $\text{CO}_2:\text{N}_2$ равным 50:50 об.%/об.%. Хранение осуществлялось при температуре плюс 18 ± 2 °С с отбором проб один раз в 4 недели, определением перекисного числа (ПЧ) жировой фракции печенья и органолептических показателей.

В результате проведенных исследований был установлен характер изменений ПЧ в процессе хранения печенья при температуре плюс 18 ± 2 °С. После периода медленного окисления происходило резкое увеличение содержания пероксидов в результате окисления полиненасыщенных жирных кислот, потом снижение и вновь рост перекисного числа (рисунок 3.7.1). Было установлено, что в упакованном с использованием МГС печенье окислительные процессы протекают в 1,5 раза медленнее (рисунок 3.7.1). Было отмечено

образование пиков ПЧ, превышающих 10 ММоль/кг, в печень, упакованном без ГМС, на 8 неделе; в печень, упакованном с ГМС – на 12 неделе.

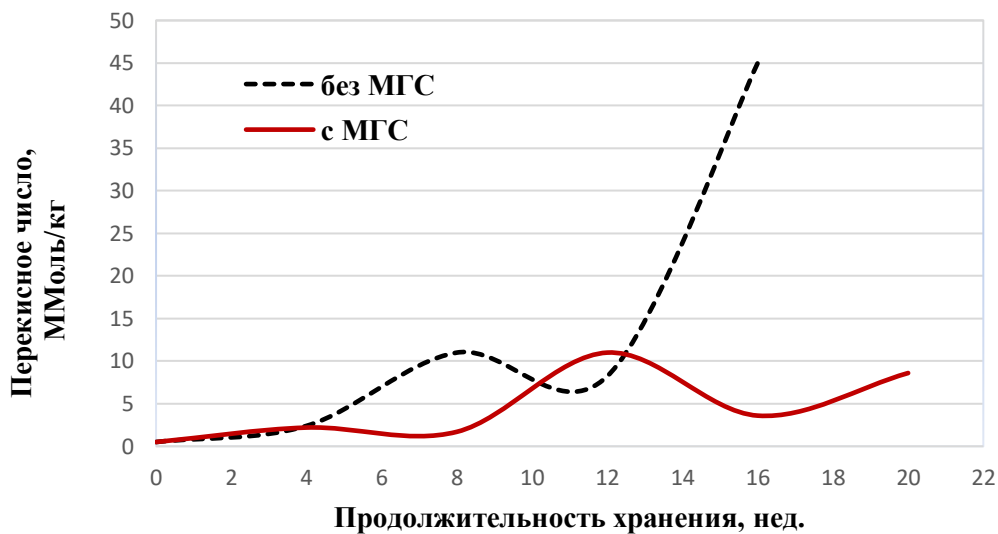


Рисунок 3.7.1 – Изменение ПЧ жировой фракции печени, упакованного с использованием ГМС и без ГМС, в процессе хранения при температуре 18 ± 2 °С

Установлено, что содержание ω -3 жирных кислот в печень, упакованном в воздушной среде, на 8 неделе хранения уменьшилось до 0,12 г/100г, что по Техническому регламенту ТР ТС 022/2011 не соответствует уровню «источника» функционального пищевого ингредиента. В печень, упакованном в ГМС, на 12 неделе хранения содержание ω -3 жирных кислот составило 0,45 г/100г, что сохраняет соответствие продукта высокому уровню обогащения ω -3 жирными кислотами (таблица 3.7.1).

В соответствии с МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г) потребность в витамине Е (сумма токоферолов) возрастает с увеличением потребления ПНЖК и составляет 0,4 – 0,6 мг ток. экв. α -токоферола на каждый грамм ПНЖК. Содержание в исходном сырье, муке чиа и ЗМЖ, α -линоленовой кислоты сопровождается одновременным присутствием высокого содержания токоферолов: 2,4 мг ток. экв.

α -токоферола/ 1 г ПНЖК в муке чиа и 1,7 мг ток. экв. α -токоферола/ 1 г ПНЖК в ЗМЖ. Проведенные исследования показывают, что этого количества оказывается недостаточно для обеспечения сохранности ω -3 жирных кислот в печенье на всем сроке его годности. В то время, как в печенье, упакованном в МГС, обеспечивается лучшая сохранность ω -3 жирных кислот на всем сроке годности.

Таблица 3.7.1 – Содержание жира, ω -3 жирных кислот и пищевых волокон на 1 и 12 неделе хранения в МГС

Показатель	Содержание в г/100 г печенья	
	на 1 неделе хранения	на 12 неделе хранения
Массовая доля жира, г/100 г	17,2±1,7	15,4±1,5
Массовая доля ω -3 жирных кислот (α –линоленовая), г/100 г	0,75±0,08	0,45±0,05
Массовая доля пищевых волокон, г/100 г	3,2±0,3	3,2±0,3

Таким образом, доказано, что применение МГС (CO₂:N₂=50:50 об.%/об.%) является эффективным способом для увеличения срока годности печенья, обогащённого ω -3 жирными кислотами, без дополнительного использования антиокислителей и консервантов.

Печенье во всех точках исследований и на конец срока годности оценивалось по его органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям. В результате проведенных исследований было установлено, что все органолептические характеристики и значения физико-химических показателей тестируемых образцов во всех контрольных точках соответствовали требованиям, регламентируемым ГОСТ 24901-2014 для сдобного печенья на основе пшеничной муки (таблицы 3.7.2, 3.7.3). Микробиологические нормативы безопасности соответствовали требованиям, установленным

Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» для данной группы продуктов (таблица 3.7.4).

В результате проведенных исследований было подтверждено, что для печенья, содержащего ω -3 жирные кислоты с $a_w < 0,6$, окислительные процессы, приводящие к разрушению эссенциальных жирных кислот, протекают быстрее, чем микробиологические процессы. Поэтому, обеспечение сохранности такой продукции должно обеспечиваться замедлением окислительных процессов.

Таблица 3.7.2 – Органолептическая оценка обогащённого печенья без глютена по разработанной технологии в процессе хранения

Наименование показателя	Характеристика печенья без глютена по разработанной технологии
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха. Присутствие орехового послевкуся.
Форма	Разнообразная, не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края
Поверхность	Шероховатая, с вкраплениями частиц используемых компонентов. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная.
Цвет	Равномерный, от светло-соломенного до темно-желтого с более темной окраской краев печенья и нижней стороны.
Вид в изломе	Пропеченное печенье с пористой структурой, без пустот и следов непромеса.

Таблица 3.7.3 – Физико-химические показатели печени в процессе хранения

Наименование показателя	Значение показателя печени			
	По ГОСТ 24901-2014	Контрольная точка (фон)	12 недель	
			в воздушной среде	с МГС
Массовая доля влаги, %	не более 16,0	6,5±0,7	5,7±0,6	5,4±0,5
Щелочность, град.	не более 2,0	0,4±0,4	0,4±0,4	0,4±0,4
Намокаемость, %,	не менее 150	165,0±1,7	163,0±1,6	160,0±1,6
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, %	не более 0,1	менее 0,1	менее 0,1	менее 0,1

Таблица 3.7.4 – Микробиологические показатели печени в процессе хранения

Наименование показателя	Значение показателя печени			
	По ТР ТС 021/2011	Контрольная точка (фон)	12 недель	
			без МГС	с МГС
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, КОЕ/г	не более 1x10 ⁴	1x10 ¹ (±1)	5x10 ¹ (±1)	1x10 ¹ (±1)
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 0,1 г (см ³) продукта	не допускаются	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
Плесени, КОЕ/г	не более 100	0	10 (±1)	1 (±1)
Дрожжи, КОЕ/г	не более 50	0	5 (±1)	0 (±1)

Обоснование сроков годности и условий хранения пищевой продукции является одной из основных задач, стоящих перед производителем. В соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» «срок годности пищевой продукции - это период времени, в течение которого пищевая продукция должна полностью соответствовать предъявляемым к ней требованиям безопасности..., а также сохранять свои потребительские свойства, заявленные в маркировке, и по истечении которого пищевая продукция непригодна для использования по назначению». Согласно ТР ТС 021/2011 сроки годности и условия хранения пищевой продукции устанавливаются изготовителем [122].

Прогнозируемый срок годности печенья без глютена с высоким содержанием ω -3 жирных кислот, упакованного в воздушной среде, составил 8 недель. Срок годности разработанного обогащённого печенья без глютена, упакованного с использованием МГС, составил 12 недель с сохранением органолептических, физико-химических и микробиологических показателей.

В современных условиях высокой конкуренции возрастает необходимость быстрого вывода на рынок нового ассортимента изделий, при этом проведение работ по санитарно-эпидемиологической оценке обоснования сроков годности и условий хранения в соответствии с действующим законодательством (МУК 4.2.1847-04) занимает длительное время, иногда больше года.

Для прогнозирования сроков годности МКИ с низкой влажностью во ВНИИКП был разработан метод «ускоренного старения», позволяющий интенсифицировать окислительные процессы. При этом хранение МКИ осуществляется при температуре плюс 50 ± 2 °С. Расширение номенклатуры объектов исследований по применению метода «ускоренного старения» для прогнозирования сроков годности кондитерских изделий является востребованным отраслью, о чем свидетельствует разработка национального стандарта ГОСТ Р 70412-2022 «Изделия кондитерские. Руководящие указания по установлению и обоснованию сроков годности».

Установлено, что наиболее информативным показателем для контроля за протеканием процесса окислительной порчи жировой фракции продукта является перекисное число, характеризующее накопление в нем перекисей и гидроперекисей, оказывающих существенное влияние на безопасность продукта и обуславливающих изменение его органолептических характеристик (вкус, запах). На основании динамики этого показателя при различных температурах хранения изделий рассчитывается коэффициент «ускоренного старения», показывающий во сколько раз увеличивается скорость процесса окислительной порчи продукта по сравнению с его хранением в условиях, регламентируемых нормативно-технической документацией для данного вида изделий.

С целью установления коэффициента «ускоренного старения» для прогнозирования сроков годности печенья были проведены исследования по хранению образцов упакованного обогащённого печенья без глютена методом «ускоренного старения». Отбор проб осуществляли один раз в неделю с определением ПЧ и органолептических показателей печенья.

В результате было установлено, что в условиях «ускоренного старения» наблюдалась значительная интенсификация окислительных процессов (рисунок 3.7.2).

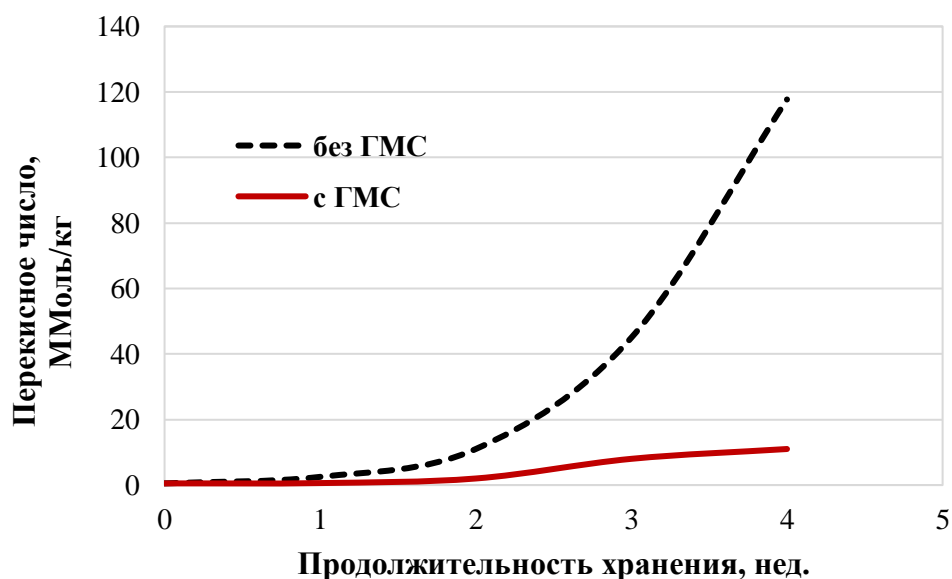


Рисунок 3.7.2 – Изменение ПЧ жировой фракции печенья, упакованного с использованием МГС и без МГС, в процессе хранения при температуре 50 ± 2 °С

Для печени, упакованного в воздушной среде, показатель ПЧ достигал значения 10 ММоль/кг на 2 неделе хранения, а для печени, упакованного в МГС – на 4 неделе хранения (рисунок 3.7.2). Метод «ускоренного старения» наглядно демонстрирует преимущество применения МГС для обеспечения сохранности печени, содержащего ω -3 жирные кислоты. В среде без МГС к 4-ой неделе хранения перекисное число жировой фазы печени достигало значения 120 ММоль/кг.

Сравнение скорости накопления продуктов окисления в печень в процессе хранения при плюс 18 ± 2 °С и плюс 50 ± 2 °С позволило рассчитать коэффициент «ускоренного старения» ($K_{ус}$).

$$K_{ус} = \frac{\text{срок годности, при котором ПЧ} > 10 \frac{\text{ММоль}}{\text{кг}}, \text{ при стандартном хранении}}{\text{срок годности, при котором ПЧ} > 10 \frac{\text{ММоль}}{\text{кг}}, \text{ при ускоренном хранении}} \quad (3.7.1)$$

Для образцов печени, упакованных в воздушную среду:

$$K_{ус} = 8/2 = 4$$

Для образцов печени, упакованных с применением МГС:

$$K_{ус} = 12/4 = 3$$

Показано, что использование газовой модифицированной среды из смеси двуокиси углерода и азота в соотношении 50:50 (об.%/об.%) является эффективным способом для замедления процессов окислительной порчи и увеличения сроков годности изделия в 1,5 раза.

Таким образом, использование метода «ускоренного старения» для прогнозирования срока годности печени, обогащенного ω -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 проведенных 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 проведенных выработок печенья на производстве подтвердила достоверность результатов исследований, что позволяет рекомендовать печенье без глютена, обогащенное натуральными функциональными пищевыми ингредиентами, к широкому внедрению на предприятиях отрасли для расширения ассортимента обогащенных МКИ отечественного производства.

Оценка экономической эффективности проекта производства печенья по исходной рецептуре (контроль)

На основании производственной мощности кондитерского цеха по изготовлению печенья проектируемый суточный выпуск продукции в натуральном выражении составит:

$$V_{сут} = 2 \text{ т,}$$

Проектируемый годовой выпуск продукции ($B_{год}$) рассчитывается, исходя из суточного выпуска ($B_{сут}$) и количества рабочих дней в году ($K_c = 350$ дней) по формуле:

$$B_{год} = B_{сут} * K_c, \quad (3.8.1)$$

$$B_{год} = 2 * 350 = 700 \text{ т,}$$

Расчет потребности и стоимости сырья на 1 тонну продукции представлены в таблице 3.8.1

Таблица 3.8.1 – Расчет потребности и стоимости сырья

Наименование сырья	Норма расхода на 1 т продукции, кг	Цена за кг сырья, руб.	Стоимость сырья на 1 т продукции, руб.
Мука пшеничная	365,66	26,5	9 690,0
Сахар-песок	394,14	35,0	13 794,9
Масло сливочное	173,30	555,0	96 181,5
Пудра ванильная	3,65	380,0	1 387,0
Соль	4,02	7,5	30,2
Сода питьевая	7,20	30,0	216,0
Корица	0,84	99,0	83,2
Мука кукурузная	156,84	28,0	4 391,5
Итого	1000,0	-	125 774,3

Тара, упаковочные материалы и МГС представлены в таблице 3.8.2

Таблица 3.8.2 – Расчет потребности и стоимости тары, упаковочных материалов и МГС

Наименование материала	Норма расхода на 1 т продукции, шт	Цена за шт, руб.	Стоимость материала на 1 т продукции, руб.
Контейнер из полиэтилентерефталата (250 г)	4000	4,5	18 000
Пленка многослойная из полипропилена под запайку	4000	0,8	3 200
Этикетка маркировочная	4000	1,5	6 000
Итого	-	-	27 200

Для определения себестоимости продукции затраты предприятия группируются и учитываются по статьям калькуляции. Расчет себестоимости печенья по исходной рецептуре (контроль) представлен в таблице 3.8.3.

Таблица 3.8.3 – Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статей затрат	Стоимость на 1 т продукции, руб.
Сырье	125 774,3
Тара, упаковочные материалы, МГС	27 200,0
Электроэнергия и вода на технологические цели	1500,0
Заработная плата основная и дополнительная производственных рабочих	850,0
Отчисления на социальные нужды (30%)	255,0
Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (5%)	42,5

Продолжение таблицы 3.8.3

Общепроизводственные расходы (30%)	255,0
Общехозяйственные расходы (27%)	229,5
Прочие затраты (5%)	42,5
Производственная себестоимость	156 148,8
Коммерческие расходы (8%)	12 491,9
Полная себестоимость	168 640,7

Полная себестоимость одной упаковки продукции (250 г) составляет 42,2 руб.

Проектируемая оптовая цена 1 т продукции (C_{np}) определяется исходя из калькуляции себестоимости (C) и принятого планового коэффициента прибыли ($\Delta П=15\%$).

$$C_{np} = C + C * \Delta П \quad (3.8.2)$$

$$C_{np} = 168\,640,7 + 168\,640,7 * 0,15 = 193\,936,8$$

Объем производства в стоимостном выражении (P_n) рассчитывается по формуле:

$$P_n = B_{год} * C_{np}, \quad (3.8.3)$$

где $B_{год}$ – годовой выпуск продукции в натуральном выражении,

Расчет основных экономических показателей

Выручка = оптовая цена за 1 т * V производства

Выручка = 193 936,8*700 = 135 755,8 (тыс. руб.)

Полная себестоимость продукции = Полная себестоимость * $B_{год}$

Полная себестоимость = 168 640,7* 700 = 118 048,5 (тыс.руб)

Прибыль = Выручка - Полная себестоимость

Прибыль = 135 755,8 - 118 048,5 = 17 707,3 (тыс. руб.)

Налог на прибыль = 17 707,3 *0,2 = 3 541,5 (тыс. руб.)

Чистая прибыль = 17 707,3 - 3 541,5 = 14 165,8 (тыс.руб.)

Рентабельность = Прибыль/Полная себестоимость * 100%

Рентабельность = 17 707,3/118 048,5*100% = 15%

Рассчитанные экономические показатели сведены в таблице 3.8.4.

Таблица 3.8.4 – Экономические показатели производства печенья по исходной рецептуре (контроль)

Наименование показателя	Единица измерения	Величина
Полная себестоимость продукции	тыс. руб.	118 048,5
Рентабельность продукции	%	15
Выручка от реализации продукции	тыс.руб.	135 755,8
Прибыль балансовая	тыс.руб.	17 707,3
Чистая прибыль	тыс. руб.	14 165,8

Оценка экономической эффективности проекта производства печенья на основе рисовой и кукурузной муки

На основании производственной мощности кондитерского цеха по изготовлению печенья проектируемый суточный выпуск продукции в натуральном выражении составит:

$$B_{сут}=2 \text{ т,}$$

Проектируемый годовой выпуск продукции ($B_{год}$) рассчитывается, исходя из суточного выпуска ($B_{сут}$) и количества рабочих дней в году ($K_c = 350$ дней) по формуле:

$$B_{год}=B_{сут} * K_c, \quad (3.8.4)$$

$$B_{год}=2*350=700 \text{ т,}$$

Расчет потребности и стоимости сырья на 1 тонну продукции представлены в таблице 3.8.5

Таблица 3.8.5 – Расчет потребности и стоимости сырья

Наименование сырья	Норма расхода на 1 т продукции, кг	Цена за кг сырья, руб.	Стоимость сырья на 1 т продукции, руб.
Мука рисовая	365,66	52,0	19014,3
Сахар-песок	394,14	35,0	13 794,9
Масло сливочное	173,30	555,0	96 181,5
Пудра ванильная	3,65	380,0	1 387,0
Соль	4,02	7,5	30,2
Сода питьевая	7,20	30,0	216,0
Корица	0,84	99,0	83,2
Мука кукурузная	156,84	28,0	4 391,5
Итого	1000,0	-	135098,6

Тара, упаковочные материалы и МГС представлены в таблице 3.8.6

Таблица 3.8.6 – Расчет потребности и стоимости тары, упаковочных материалов и МГС

Наименование материала	Норма расхода на 1 т продукции, шт	Цена за шт, руб.	Стоимость материала на 1 т продукции, руб.
Контейнер из полиэтилентерефталата (250 г)	4000	4,5	18 000
Пленка многослойная из полипропилена под запайку	4000	0,8	3 200
Этикетка маркировочная	4000	1,5	6 000
Итого	-	-	27 200

Для определения себестоимости продукции затраты предприятия группируются и учитываются по статьям калькуляции. Расчет себестоимости печенья на основе рисовой и кукурузной муки представлен в таблице 3.8.7.

Таблица 3.8.7 – Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статей затрат	Стоимость на 1 т продукции, руб.
Сырье	135098,6
Тара, упаковочные материалы, МГС	27 200,0
Электроэнергия и вода на технологические цели	1500,0
Заработная плата основная и дополнительная производственных рабочих	850,0

Продолжение таблицы 3.8.7

Отчисления на социальные нужды (30%)	255,0
Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (5%)	42,5
Общепроизводственные расходы (30%)	255,0
Общехозяйственные расходы (27%)	229,5
Прочие затраты (5%)	42,5
Производственная себестоимость	165 473,1
Коммерческие расходы (8%)	13 237,8
Полная себестоимость	181 878,5

Полная себестоимость одной упаковки продукции (250 г) составляет 45,5 руб.

Проектируемая оптовая цена 1 т продукции (C_{np}) определяется исходя из калькуляции себестоимости (C) и принятого планового коэффициента прибыли ($\Delta\Pi=15\%$).

$$C_{np} = C + C * \Delta\Pi \quad (3.8.5)$$

$$C_{np} = 181\,878,5 + 181\,878,5 * 0,15 = 209\,160,3$$

Объем производства в стоимостном выражении (P_n) рассчитывается по формуле:

$$P_n = B_{год} * C_{np}, \quad (3.8.6)$$

где $B_{год}$ - годовой выпуск продукции в натуральном выражении,

Расчет основных экономических показателей

Выручка = оптовая цена за 1 т * V производства

Выручка = $209\,160,3 \cdot 700 = 146\,412,2$ (тыс. руб.)

Полная себестоимость продукции = Полная себестоимость * $B_{год}$

Полная себестоимость = $181\,878,5 \cdot 700 = 127\,315,0$ (тыс.руб)

Прибыль = Выручка - Полная себестоимость

Прибыль = $146\,412,2 - 127\,315,0 = 19\,097,2$ (тыс. руб.)

Налог на прибыль = $19\,097,2 \cdot 0,2 = 3\,819,4$ (тыс. руб.)

Чистая прибыль = $19\,097,2 - 3\,819,4 = 15\,277,8$ (тыс.руб.)

Рентабельность = Прибыль/Полная себестоимость * 100%

Рентабельность = $19\,097,2 / 127\,315,0 \cdot 100\% = 15\%$

Рассчитанные экономические показатели сведены в таблице 3.8.8.

Таблица 3.8.8 – Экономические показатели производства печенья на основе рисовой и кукурузной муки

Наименование показателя	Единица измерения	Величина
Полная себестоимость продукции	тыс. руб.	127 315,0
Рентабельность продукции	%	15
Выручка от реализации продукции	тыс.руб.	146 412,2
Прибыль балансовая	тыс.руб.	19 097,2
Чистая прибыль	тыс. руб.	15 277,8

Оценка экономической эффективности проекта производства разработанного печенья без глютена обогащённого

На основании производственной мощности кондитерского цеха по изготовлению печенья проектируемый суточный выпуск продукции в натуральном выражении составит:

$$B_{сут}=2 \text{ т,}$$

Проектируемый годовой выпуск продукции ($B_{год}$) рассчитывается, исходя из суточного выпуска ($B_{сут}$) и количества рабочих дней в году ($K_c = 350$ дней) по формуле:

$$B_{год}=B_{сут} * K_c, \quad (3.8.7)$$

$$B_{год}=2*350=700 \text{ т,}$$

Расчет потребности и стоимости сырья на 1 тонну продукции представлены в таблице 3.8.9.

Таблица 3.8.9 – Расчет потребности и стоимости сырья

Наименование сырья	Норма расхода на 1 т продукции, кг	Цена за кг сырья, руб.	Стоимость сырья на 1 т продукции, руб.
Мука рисовая	250,71	52,0	13 036,9
Сахар-песок	394,14	35,0	13 794,9
ЗМЖ	142,97	243,0	34 741,7
Пудра ванильная	3,65	380,0	1 387,0
Соль	4,02	7,5	30,2
Сода питьевая	7,20	30,0	216,0
Корица	0,84	99,0	83,2
Мука кукурузная	156,84	28,0	4 391,5
Мука люпина	104,50	94,0	9 823,0
Мука чиа	10,45	390,0	4 075,5
Итого	1000,0	-	81 579,9

Тара, упаковочные материалы и МГС представлены в таблице 3.8.10.

Таблица 3.8.10 – Расчет потребности и стоимости тары, упаковочных материалов и МГС

Наименование материала	Норма расхода на 1 т продукции, шт	Цена за шт, руб.	Стоимость материала на 1 т продукции, руб.
Контейнер из полиэтилентерефталата (250 г)	4000	4,5	18 000
Пленка многослойная из полипропилена под запайку	4000	0,8	3 200
Этикетка маркировочная	4000	1,5	6 000
МГС N ₂ :CO ₂ (1:1 об.%/об.%)	4000	2,5	10 000
Итого	-	-	37 200

Для определения себестоимости продукции затраты предприятия группируются и учитываются по статьям калькуляции. Расчет себестоимости разработанного печенья без глютена обогащённого представлен в таблице 3.8.11.

Таблица 3.8.11 – Калькуляция себестоимости продукции

Наименование статей затрат	Стоимость на 1 т продукции, руб.
Сырье	81 579,9
Тара, упаковочные материалы, МГС	37 200,0
Электроэнергия и вода на технологические цели	1500,0
Заработная плата основная и дополнительная производственных рабочих	850,0

Продолжение таблицы 3.8.11

Отчисления на социальные нужды (30%)	255,0
Общепроизводственные расходы (30%)	255,0
Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования (5%)	42,5
Общехозяйственные расходы (27%)	229,5
Прочие затраты (5%)	42,5
Производственная себестоимость	121 954,4
Коммерческие расходы (8%)	9 756,4
Полная себестоимость	131 710,8

Полная себестоимость 1 упаковки продукции (250 г) = 33 руб.

Проектируемая оптовая цена 1 т продукции (C_{np}) определяется исходя из калькуляции себестоимости (C) и принятого планового коэффициента прибыли ($\Delta\Pi=15\%$).

$$C_{np} = C + C * \Delta\Pi \quad (3.8.8)$$

$$C_{np} = 131\,710,8 + 131\,710,8 * 0,15 = 151\,467,4$$

Объем производства в стоимостном выражении (P_n) рассчитывается по формуле:

$$P_n = B_{год} * C_{np}, \quad (3.8.9)$$

где $B_{год}$ - годовой выпуск продукции в натуральном выражении,

Расчет основных экономических показателей

Выручка = оптовая цена за 1 т * V производства

Выручка = $151\,467,42 \cdot 700 = 106\,027,2$ (тыс. руб.)

Полная себестоимость продукции = Полная себестоимость * $B_{год}$

Полная себестоимость = $131\,710,8 \cdot 700 = 92\,197,6$ (тыс.руб)

Прибыль = Выручка - Полная себестоимость

Прибыль = $106\,027,2 - 92\,197,6 = 13\,829,7$ (тыс. руб.)

Налог на прибыль = $13\,829,7 \cdot 0,2 = 2\,765,9$ (тыс. руб.)

Чистая прибыль = $13\,829,7 - 2\,765,9 = 11\,063,8$ (тыс.руб.)

Рентабельность = Прибыль/Полная себестоимость * 100%

Рентабельность = $13\,829,7/92\,197,6 \cdot 100\% = 15\%$

Рассчитанные экономические показатели сведены в таблице 3.8.12.

Таблица 3.8.12 – Экономические показатели производства разработанного печенья без глютена обогащённого

Наименование показателя	Единица измерения	Величина
Полная себестоимость продукции	тыс. руб.	92 197,6
Рентабельность продукции	%	15
Выручка от реализации продукции	тыс.руб.	106 027,2
Прибыль балансовая	тыс.руб.	13 829,7
Чистая прибыль	тыс. руб.	11 063,8

Проведен расчет экономической эффективности разработанного обогащенного печенья без глютена по сравнению с контрольным образцом и печеньем без глютена на основе рисовой и кукурузной муки. Замена пшеничной муки в рецептуре на муку без глютена увеличит стоимость изделия на 8%, но дальнейшая замена сливочного масла на ЗМЖ позволит компенсировать эти затраты и повысит экономическую эффективность. В результате себестоимость разработанного обогащенного печенья без глютена ниже себестоимости контрольного образца на 22%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований получены следующие результаты и сделаны выводы:

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 естественных источников функциональных пищевых ингредиентов.

3. Экспериментально установлены необходимые количества люпиновой муки и муки чиа в рецептуре печенья для обогащения продукта ω -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 ω -3 жирными кислотами, способствующего достижению в жировой фракции печенья соотношений НЖК:МНЖК:ПНЖК, приближенному к идеальному жиру (1,2:1:0,8), и ω -6: ω -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 ω -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 ω -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 СОКРАЩЕНИЙ

- АКС** – аминокислотный скор
- АО** – акционерное общество
- БАВ** – биологически активные вещества
- БЦ** – биологическая ценность
- ВАК** – высшая аттестационная комиссия
- ГМО** – генно-модифицированные организмы
- ЖК** – жирные кислоты
- ЖКС** – жирно-кислотный состав
- ЖКТ** – желудочно-кишечный тракт
- ЗМЖ** – заменитель молочного жира
- КРАС** – коэффициент различия аминокислотного сора
- МГС** – модифицированная газовая среда
- МГУПП** – Московский государственный университет пищевых производств
- МКИ** – мучные кондитерские изделия
- МНЖК** – мононенасыщенные жирные кислоты
- НАК** – незаменимые аминокислоты
- НЖК** – насыщенные жирные кислоты
- ПВ** – пищевые волокна
- ПД** – пищевые добавки
- ПНЖК** – полиненасыщенные жирные кислоты
- ПЧ** – перекисное число
- РАН** – Российская академия наук
- РФ** – Российская Федерация
- СФНЦА** – Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий
- США** – Соединенные Штаты Америки
- ТИ** – технологическая инструкция

ТР ТС – Технический регламент Таможенного союза

ТУ – технические условия

ФЗ – Федеральный закон

ФГБОУ ВО – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

ЦВК – центральный выставочный комплекс

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьянова, Е.В. Методические рекомендации по выполнению лабораторного практикума, контрольной работы и самостоятельного изучения разделов дисциплин «Пищевая комбинаторика» и «Производство продуктов питания с заданными свойствами» / Е.В. Аверьянова. – Бийск: Издательство Алтайского ГТУ, 2018. – 46 с.
2. Агасьянс, З.А. Рецептуры на печенье / З.А. Агасьянс, А.Т. Макаров. – М.: Госагропром СССР/ Всесоюзный научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 1987. – 260 с.
3. Агафонова, С.В. Оценка биологической ценности белков люпина и перспектив его использования в пищевой промышленности / С.В. Агафонова, А.И. Рыков, О.Я. Мезенова // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 2. – С. 79-85.
4. Айрумян, В.Ю. Химический состав продуктов переработки зерна риса и кукурузы для повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий / В.Ю. Айрумян, Н. В. Сокол, Е.А. Ольховатов // Ползуновский вестник. – 2020. – № 3. – С.1-10.
5. Аксенова, Л.М. Исследование изменений качества галет методом «ускоренного старения» / Л.М. Аксенова, Л.Е. Скокан, Н.Б. Кондратьев, А.П. Нечаев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №4. – С.6-8
6. Аксенова, Л.М. Основные принципы пищевой комбинаторики в создании продуктов здорового питания / Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования многокомпонентных пищевых продуктов: сб. материалов Всерос. науч.- практ. конф. – Углич: ГНУ ВНИИ маслоделия и сыроделия Россельхозакадемии, 2010. – С. 3-4.
7. Аксенова, Л.М. Научные основы развития технологий кондитерских изделий. Сборник научных трудов / Л.М. Аксенова, Т.В. Савенкова, И.М. Святославова. – Москва: Интеллект - Центр, 2013. – 320 с.

8. Анализ рынка мучных кондитерских изделий в России в 2017-2021гг, прогноз на 2022-2026 гг. Перспективы рынка в условиях санкций [Электронный ресурс]. – М., 2021. – 24 с. – URL: <https://businessstat.ru/catalog/id8186/> (дата обращения: 16.03.2022).
9. Бавыкина, И.А. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И.А. Бавыкина, А.А. Звягин, Л.А. Мирошниченко, К.Ю. Гусев, И.М. Жаркова // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86.– № 2. – С. 91-99.
10. Бессараб, О.В. Применение полимерной и комбинированной реторт - упаковки в производстве кондитерской продукции (обзор) / О.В. Бессараб, Н.Е. Посокина // Пищевая промышленность. – 2021. – № 10. – С. 51-59.
11. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 266 с.
12. ГОСТ 5867–90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.
13. ГОСТ 5897–90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. – М.: Стандартинформ, 2012. – 6 с.
14. ГОСТ 5898–2022 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 12 с.
15. ГОСТ 5900–2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
16. ГОСТ 5901–2014 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
17. ГОСТ ISO 6539–2016 Пряности. Корица. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.

18. ГОСТ 8050–85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2006. – 22 с.
19. ГОСТ 9404–88 Мука и отруби. Метод определения влажности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
20. ГОСТ 10114–80 Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости. – М.: Стандартинформ, 2012. – 2 с.
21. ГОСТ 10444.12–2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 10 с.
22. ГОСТ 10444.15 – 94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. – М.: Стандартинформ, 2010. – 4 с.
23. ГОСТ 10846–91 Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
24. ГОСТ 17527-2020 Упаковка. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2021. – 24 с.
25. ГОСТ 24901 – 2014 Печенье. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
26. ГОСТ 26574 – 2017 Мука пшеничная хлебопекарная. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 12 с.
27. ГОСТ 26889 – 86 Продукты пищевые и вкусовые. Общие указания по определению содержания азота методом Къельдаля. – М.: Стандартинформ, 2010. – 6 с.
28. ГОСТ 27494–2016 Мука и отруби. Методы определения зольности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
29. ГОСТ 31648–2022 Заменитель молочного жира. Технические условия. – М.: Российский институт стандартизации, 2022. – 12 с.
30. ГОСТ 31659 – 2012 (ISO 6579:2002) Продукты пищевые. Метод

- выявления бактерий рода *Salmonella*. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
31. ГОСТ 31663–2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. – М.: Стандартинформ, 2019. – 8 с.
 32. ГОСТ 31747–2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
 33. ГОСТ 31902 – 2012 Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
 34. ГОСТ 32189 – 2013 Маргарины, жиры для кулинарии, кондитерской, хлебопекарной и молочной промышленности. Правила приемки и методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2014. – 35 с.
 35. ГОСТ 32261 – 2013 Масло сливочное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 21 с.
 36. ГОСТ 32802 – 2014 Добавки пищевые. Натрия карбонаты E500. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2015. – 27 с.
 37. ГОСТ 33222 – 2015 Сахар белый. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 23 с.
 38. ГОСТ 33837 – 2016 Упаковка полимерная для пищевой продукции. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
 39. ГОСТ Р 51574 – 2018 Соль пищевая. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2018. – 8 с.
 40. ГОСТ Р 52349 – 2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
 41. Громько, Л.Г. Общая теория статистики: Практикум / Л.Г. Громько. – М.: Инфра-М, 1999. – 139 с.
 42. Дервянкина, О.А. Создание сбалансированных рыбных продуктов для школьного питания на основе принципов пищевой комбинаторики /

- О.А. Деревянкина, М.Е.Успенская, Л.В.Антипова // Успехи современного естествознания. – 2012. – №6. – С. 132-133.
43. Донскова, Л.А. Концептуальные основы разработки комбинированных мясных продуктов / Л.А. Донскова // Известия УрГЭУ. – 2013. – №2 (46). – С. 152-156.
44. Жиры, масла и производные продукты / Codex Alimentarius, Всемирная орг. здравоохранения, Продовольственная и с.-х. орг. ООН; науч. ред. К. И. Эллер; пер. с англ. Е. О. Акципетрова. – М.: Весь мир, 2007. – 65 с.
45. Заворохина, Н.В. Использование полбяной муки для обогащения мучных кондитерских изделий / Н.В. Заворохина, Е.В. Крюкова, О.В. Чугунова // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4 (4). – С. 161-164.
46. Зайцева, Л.В. Качество ржаных лепешек с добавлением муки чиа и масложирового продукта энзимной переэтерификации / Л. В. Зайцева, Т. А. Юдина, Н. В. Рубан // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – №5. – С. 31-34.
47. Зайцева, Л.В. Обогащение хлебобулочных изделий ω -3 жирными кислотами / Л.В. Зайцева, Т.В. Юдина, В.Г. Байков // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2014. – №7. – С. 24-27.
48. Зайцева, Л.В. Полиненасыщенные жирные кислоты в питании: современный взгляд / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев // Пищевая промышленность. – 2014. – №4. – С. 60-62.
49. Зайцева, Л.В. Современные подходы к разработке рецептур безглютеновых хлебобулочных изделий / Л.В. Зайцева, Т.А. Юдина, Н.В. Рубан, В.В. Бессонов, В.С. Мехтиев // Вопросы питания. – 2020. – Т.89. – №1. – С. 77-85.
50. Зайцева, Л.В. Транс-изомеры жирных кислот: аспекты потребления / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев // Вопросы диетологии. – 2012. – Т.2. – №4. – С. 17-23.
51. Зайцева, Л.В. Транс - изомеры жирных кислот: история вопроса,

- актуальность проблемы, пути решения / Л.В. Зайцева, А.П. Нечаев, В.В. Бессонов. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 56 с.
52. Зайцева, Л.В. Транс-изомеры жирных кислот: риски для здоровья и пути снижения потребления / Л.В. Зайцева, В.В. Бессонов // Вопросы питания. – 2016. – Т.85. – №3. – С.6-17.
53. Запорожский, А.А. Реализация принципов пищевой комбинаторики и обоснование новых биотехнологических решений в технологии продуктов геродиетического назначения: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.07, 05.18.04 / Запорожский Алексей Александрович. – Воронеж, 2009. – 302 с.
54. Зверев, С. В. Оптимизация пищевых композиций по профилю идеального белка / С.В. Зверев, В.И. Карпов, М.А. Никитина // Пищевые системы. – 2021. – Т. 4. – № 1. – С. 4-11.
55. Зинченко, В.В. Принципы пищевой комбинаторики - основа моделирования поликомпонентных пищевых продуктов. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции / Углич: Истина, 2010. – 220 с.
56. Исаев, В.А. ПНЖК омега-3 в коррекции нарушений при сахарном диабете II типа / В.А. Исаев, С.В. Симоненко, Е.А. Прохорович // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – №11. – С. 30-33.
57. Кабанова, Ю.В. Разработка каш быстрого приготовления с использованием семян чиа (*Salvia hispanica* L.) / Ю.В. Кабанова, М.В. Резникова, Л.А. Надточий // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2016. – № 3. – С. 1-11.
58. Као, Т.Х. Изучение жирнокислотного состава и противораковой активности экстрактов амаранта *amaranthusviridis* (на основе сырья Вьетнама) / Т.Х. Као, М.Х. Фам, Т.М.Х. Нгуен, Т.Т.О. Нгуен, Н.Т. Ле, Е.В. Спиридович, Т.Ф.Л. Чан, Т.Х. Као, Х.Ф. Мань // Молодой ученый. – 2017. – № 4 (138). – С.100-103.

59. Кондратьев, Н.Б. Повышение сохранности кондитерских изделий / Н.Б. Кондратьев. – М: Перо, 2015. – 249 с.
60. Король, В.Ф. Использование ультразвука при выделении антиалиментарных веществ из зерна люпина / В.Ф. Король, Г.Н. Лахмоткина // Южно-Сибирский научный вестник.– 2018.– № 1.– С.27-34.
61. Красильников, В.Н. Люпин: создание продуктов питания функционального назначения, вклад в обеспечение продовольственной безопасности страны / В.Н. Красильников, В.С. Мехтиев, В.Ю. Маркина, Ю.А. Тимошенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 8. – С. 43-49.
62. Краснова, Ю.В. Разработка биотехнологий функциональных продуктов питания на основе пектин-сывороточных гелей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07 / Краснова Юлия Валерьевна. – Москва, 2020. – 24 с.
63. Лайкам, К.Э. Рацион питания населения / К.Э. Лайкам, Ю.А. Баланова, А.К. Батурин и др. – Статистический сборник/Росстат. – М.: ИИЦ Статистика России, 2016. – 220 с.
64. Липатов, Н.Н. Методология проектирования продуктов питания с требуемым комплексом показателей пищевой ценности / Н.Н. Липатов, И.А. Рогов И.А.// Известия вузов. Пищевая технология. – 1987. – № 2. – С. 9-15.
65. Липатов, Н.Н. Принципы и методы проектирования рецептур пищевых продуктов, балансирующих рационы питания / Н.Н. Липатов // Известия вузов. Пищевая технология. – 1990. – №6. – С. 5-10.
66. Липатов, Н.Н. Создание отечественных продуктов нового поколения с повышенной пищевой и биологической ценностью // Принципы пищевой комбинаторики – основа моделирования многокомпонентных пищевых продуктов: сб. материалов Всерос. науч.- практ. конф., посвященной памяти академика Н.Н. Липатова. Углич: ГНУ ВНИИ маслоделия и сыроделия Россельхозакадемии, 2010 С. 3-8.

67. Макаренко, М.А. Определение эфиров монохлорпропандиола и глицидиловых эфиров методом длительной щелочной переэтерификации с газовой хроматографией с тандемным масс-спектрометрическим детектированием в пищевых растительных маслах и масложировых продуктах /М.А.Макаренко, А.Д. Малинкин, В.В. Бессонов, Д.О. Боков // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 6. – С. 113-122.
68. Матвеева, Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. – Орел: ФГОУ ВПО Госуниверситет – УНПК, 2011. – 358 с.
69. Матюнина, А.В. Барьер подход к продлению сроков годности / Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: сб. материалов VII Межд. науч. - практ. конф. – Новосибирск: Изд. центр НГАУ Золотой колос, 2019. – С. 314-318.
70. Матюнина, А.В. Влияние газовой модифицированной среды на сохранность мучных кондитерских изделий / А.В. Матюнина, Л.В. Зайцева, Н.Б. Кондратьев, А.Е. Баженова // Пищевая промышленность. – 2021. – № 12. – С. 91-94.
71. Махаева, Л.А. Использование порошка облепихи в мучных кондитерских изделиях / Л.А. Махаева, Г.К. Селезнева // Вестник КрасГАУ. – №7. – 2017. – С. 79-84.
72. Махнач, Е.В. Разработка технологии функционального продукта из пшеничной муки, обогащенного рыбным белково-минеральным наполнителем / Е.В. Махнач, И.А. Бессмертная // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – №1. – С. 1-10.
73. Мехтиев, В.С. Белки зерна люпина узколистного и широколистного: их биохимические и технологические свойства, использование в продукции для профилактического питания: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.18.07

- / Мехтиев Вадим Сейдуллаевич. – Спб, 2009. – 27 с.
74. Мусина, О.Н. Научные и прикладные аспекты целевого комбинирования сырья в производстве поликомпонентных молочных продуктов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.15 / Мусина Ольга Николаевна. – Барнаул, 2018. – 39 с.
75. Надточий, Л.А. Пищевая комбинаторика: учеб.-метод. пособие / Л. А. Надточий. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 76 с.
76. Надточий, Л.А. Инновации в биотехнологии. Ч.2. Пищевая комбинаторика: Учеб.-метод. пособие / Л.А. Надточий, О.Ю. Орлова. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 37 с.
77. Нечаев, А.П. Низкожирные майонезные соусы со вкусовыми добавками / А.П. Нечаев, Ю.В.Николаева, В.В. Тарасова, А.А.Максимкин // Пищевая промышленность. – 2020. – №12. – С.31-35.
78. Никитина, М.А. Многокритериальная оптимизация рецептурного состава продукта / М.А. Никитина, И.М. Чернуха // Теория и практика переработки мяса. – 2018. – № 3. – С. 89-98.
79. Никифорова, Т.А. Перспективы применения побочных продуктов переработки зерна гречихи / Т. А. Никифорова, С.А. Леонова, И.А. Хон // Ползуновский вестник. – 2017. – № 1. – С.8-12.
80. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: указ Президента РФ от 07 мая 2018 № 204. – URL: <http://static.government.ru/media/acts/files/0001201805070038> (дата обращения: 15.03.2022).
81. Определение содержания растворимых и нерастворимых пищевых волокон в пищевой продукции, в том числе БАД к пище. Методические указания МУК 4.1.3697-21. – М.: Роспотребнадзор, 2021. – 15 с.

82. Орещенко, А.В. Пищевая комбинаторика и генетическое здоровье человека / А.В. Орещенко. – М.: Пищепромиздат, 1999. – 206 с.
83. Рыков, А.И. Использование семян белого люпина (*Lupinus Albus L.*) в технологии мучных кондитерских изделий / А.И. Рыков, С.В. Агафонова // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2020. – № 57. – С. 118-127.
84. Патент 2468606 Российская Федерация, МПК 51 A23 L 1/10 (2006.01), A23 L 1/164 (2006.01), A23 G 3/00 (2006.01). Зерновой батончик, содержащий аминокислотный витаминно-минеральный комплекс и способ его производства: 2010122252/13: заявл. 01.06.2010: опубл.10.12.2012/ Первушин В.В., Еделев Д.А., Каплин Л.А., Доронин А.Ф., Бакуменко О.Е. – 8 с.
85. Патент № 2466541 Российская Федерация, МПК A21D 13/08 (2006.01), A23L 1/29 (2006.01). Способ производства безглютенового сахарного печенья «Веселые звездочки»: 2011125436/13: заявл. 20.06.2011: опубл. 20.11.2012 / Чугунова О.В., Лейберова Н.В. – 6 с.
86. Патент № 2538400 Российская Федерация, МПК A21D 13/08(2006.01). Способ производства безглютенового мучного кондитерского изделия: 2012151180/13: заявл. 29.11.2012: опубл. 10.01.2015 / Жаркова И.М., Хромых М.В. – 8 с.
87. Патент № 2541654 Российская Федерация, МПК A21D 13/08 (2006.01). Способ производства безглютенового печенья: 2013149788/13: заявл. 08.11.2013: опубл. 20.02.2015 / Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Сибирко К.И. – 8 с.
88. Патент № 2556725 Российская Федерация, МПК A21D 13/00 (2006.01). Способ производства безглютенового мучного изделия: 2014108261/13: заявл. 04.03.2014: опубл. 20.07.2015 / Козубаева Л.А., Музоватова Я.Ю. – 12 с.
89. Патент № 2569019 Российская Федерация, МПК A21D 13/08(2006.01). Способ производства заварных безглютеновых пряников: 2014132677/13:

- заявл. 07.08.2014: опубл. 20.11.2015 / Жаркова И.М., Денисова Н.А. - 7 с.
90. Патент № 2579257 Российская Федерация, МПК А21D 13/04 (2006.01). Способ производства безглютенового хлеба: 2015102878/13: заявл. 28.01.2015: опубл.10.04.2016 / Жаркова И.М., Мирошниченко Л.А., Росляков Ю.Ф., Кликонос А.А. – 7 с.
91. Патент № 2616831 Российская Федерация, МПК А21D 13/80 (2017.01). Состав для производства крекера: 2015155220: заявл. 22.12.2015: опубл. 18.04.2017 / Архипов В.Ю., Тарасенко Н.А., Болгова Д.Ю. – 9 с.
92. Патент № 2618119 Российская Федерация, МПК А21D 13/04 (2006.01). Способ приготовления безглютенового печенья: 2016100393: заявл. 11.01.2016: опубл.02.05.2017 / Щеколдина Т.В., Сокол Н.В., Христенко А.Г., Черниховец Е.А. – 11 с.
93. Патент № 2693092 Российская Федерация, МПК А21D 13/04 (2006.01), А21D 13/066 (2017.01), А21D 8/02 (2006.01). Способ производства безглютенового хлеба: 2019108197: заявл. 21.03.2019: опубл. 01.07.2019 / Зайцева Л.В., Юдина Т.А., Рубан Н.В., Юдин А.Ю., Спирюгов А.Н. – 12 с.
94. Пащенко, В.Л. Создание новых мучных кондитерских изделий с использованием биологически активных веществ растительного и животного происхождения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / Пащенко Валерия Леонардовна. – Воронеж, 2011. – 16 с.
95. Пащенко, Л.П. Функциональные пищевые продукты на основе пищевой комбинаторики / Л.П. Пащенко, Е.Е. Курчаева, М.П. Бахмет // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – №2-3. – С. 84- 87.
96. Першина, Е.Г. Разработка функциональных продуктов питания на основе методологии пищевой комбинаторики: автореф. канд. техн. наук: 05.18.15 / Першина Елена Геннадьевна. – Кемерово, 2009. – 18 с.

97. Петрова, Е.В. Использование люпиновой муки при изготовлении макаронных изделий / Е.В. Петрова, Н.К. Казеннова, А.А. Глазунов, Т.И. Шнейдер // Пищевая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 18-20.
98. Петьш, Я.В. Мировые тренды на российском рынке кондитерских изделий: роль и значение ингредиентов / Я.В. Петьш // Бизнес пищевые ингредиенты. – 2021. – №6. – С.18-20.
99. Производство мучных кондитерских изделий [Электронный ресурс]. – М.: Информационный портал о пищевом и кондитерском производстве, 2022. – URL: <https://baker-group.net/confectionery-formulations-technology-raw-materials-and-ingredients/> (дата обращения 15.02.2022).
100. Пырьева, Е.А. Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения / Е.А. Пырьева, А.И. Сафронова // Вопросы питания. – 2019. – Т 88. – № 6. – С. 5-11.
101. Регламент Европейского парламента и Совета Европейского Союза 1935/2004 от 27 октября 2004 г. о материалах и изделиях, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами, отменяющий Директивы 80/590/ЕЭС и 89/109/ЕЭС: сайт Гарант Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2004 [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/70471224/> (дата обращения: 15.03.2022).
102. Рекомендация. ГСИ. Перекисное, кислотное и йодное число жира в кондитерских изделиях. Методики выполнения измерений МИ 2586-2000. – М.: ВНИИМС Госстандарта России, 2000. – 15 с.
103. Рензьева, Т. В. Мучные кондитерские изделия функциональной направленности на основе многокомпонентных смесей / Т. В. Рензьева, А. С. Тубольцева, А. О. Рензьев // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 47, 4. – С. 77–83.
104. Рогов, Б.А. Технологическое оборудование для производства жировой

- продукции: учеб. Пособие / Б.А. Рогов. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2005. – 180 с.
105. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов; под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: Брандес, Медицина, 1998. – 340 с.
106. Рудаков, О.Б. Пищевая комбинаторика в мясной индустрии / О.Б. Рудаков, Л.В. Рудакова, Я.О. Рудаков // Мясные технологии. – 2021. – №2 (218). – С.14-17.
107. Рудаков, О.Б. Пищевая комбинаторика в продуктах переработки молока - наука и практика / О.Б. Рудаков, Л.В. Рудакова, Я.О. Рудаков // Переработка молока. – 2021. – № 1 (255). – С. 32-35.
108. Рудакова Р.П. Статистика / Р.П. Рудакова, Л.Л. Букин, В.И. Гаврилов – СПб.: Питер, 2007. – 288 с.
109. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище Р 4.1.1672-03. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 240 с.
110. Рукшан, Л.В. Качество семян люпина и перспективы использования в производстве бисквитного полуфабриката / Л.В. Рукшан, Е.С. Новожилова, В.П. Логовская, Д.А. Кудин // Food Science, Engineering and Technologies. – 2012. – С. 372-376.
111. Савинков, С.В. Теория и практика пищевой комбинаторики. Кейс: продуктовые рационы, адекватные нормам оптимального питания / С.В. Савинков, Т.П. Данько, Е.С. Петренко, В.Ю. Гарнова, В.Р. Мешков, Е.В. Петушкова // Инновации и инвестиции. – 2019. – №5. – С.339-346.
112. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-

- противоэпидемических (профилактических) мероприятий СанПиН 2.1.3684-21: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2021 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 14.02.2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177> (дата обращения: 15.03.2022).
113. Скурихин, И.М. Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
- 114 Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания аминокислот, жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / И.М. Скурихин, М.Н. Волгарев. – М.: ВО Агропромиздат, 1987. – Т.2. – Изд.2.– 361 с.
115. Сидорова, Ю.С. Белки зерна амаранта: перспективы использования в специализированной пищевой продукции / Ю.С. Сидорова, Н.А. Бирюлина, И.С. Зилова, В.К. Мазо // Вопросы питания. – 2022. – Т. 91. – № 3. – С. 96-106.
116. Символ «Перечеркнутый колос» [Электронный ресурс]: Спб.: Санкт-Петербургское общество больных целиакией «Эмилия», 2021. – 33 с. – URL: <https://перечеркнутыйколос.рф/>
117. Скворцова, Е.Н. Конструирование и проектирование продуктов питания / Е.Н. Скворцова // Витамины. – 2021. – №1 – С. 1-16.
118. Скокан, Л.Е. Исследование процесса окисления липидов в образцах галет при длительном хранении / Л.Е. Скокан, Н.Б. Кондратьев, Н.А. Дегтярева, Л.М. Аксенова, А.П. Нечаев // Кондитерское производство. –2001. – №1. – С. 40-41.
119. Сметнева, Н.С. Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний / Н.С. Сметнева, А.В. Погожева, Ю.Л. Васильев, С.С. Дыдыкин, И.С. Дыдыкина, А.А.Коваленко // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 3. – С. 114-124.

120. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: распоряжение правительства РФ от 29 июня 2016 № 1364-р. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения 17.01.2022).
121. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности упаковки» ТР ТС 005/2011: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2011 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 18.08.2016. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902299529> (дата обращения: 18.02.2022).
122. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2011 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 14.07.2021. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения: 18.02.2022).
123. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» ТР ТС 022/2011: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2011 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 14.09.2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 15.02.2022).
124. Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на масложировую продукцию» ТР ТС 024/2011: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2011 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 14.09.2018. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения: 15.02.2022).
125. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» ТР ТС 027/2012: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2012 [Электронный ресурс]. – URL:

- <http://docs.cntd.ru/document/902352823> (дата обращения: 27.02.2022).
126. Технический регламент Таможенного союза «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» ТР ТС 029/2012: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 2012 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 18.09.2014. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 01.03.2022).
 127. Типсина, Н.Н. Использование порошка облепихи в производстве кондитерских изделий / Н.Н. Типсина, В.В. Матюшев, Н.В. Присухина, Е.А. Царева // Вестник КрасГАУ. – №5. – 2013. – С. 223-227.
 128. Тутельян, В.А. Нутрициология и клиническая диетология: национальное руководство/ В.А. Тутельян, Д.Б. Никитюк. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 656 с.
 129. Урлапова, И.Б. Влияние гранулометрического состава на качество пшеничной хлебопекарной муки: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.01 /Урлапова Ирина Борисовна. – М., 2004. – 27 с.
 130. Урубков, С.А. Влияние амарантовой муки на содержание основных пищевых веществ в безглютеновом печенье / С.А. Урубков, С.С. Хованская, С.О. Смирнов // Хлебопечение России. –2021.– №2. – С. 30-34.
 131. Урубков, С.А. Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена/ С.А. Урубков, С.С. Хованская, С.О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50. – № 2. – С. 232-241.
 132. Урубков, С.А. Содержание селена в безглютеновой пищевой продукции / С.А. Урубков, С.С.Хованская, С.О. Смирнов // Вопросы питания. – 2021. – Т. 90. – № 1. – С. 102-107.
 133. Урубков, С.А. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена / С.А. Урубков, С.С. Хованская, С.О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т.49. –

- № 4. – С. 629-634.
134. Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» № 29-ФЗ: сайт Техэксперт Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – 1999 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 01.01.2022. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901751351> (дата обращения: 01.03.2022)
135. Федотова, О.Б. Исследование изменения структуры полиэтиленовой упаковки, контактирующей с пищевым продуктом, при воздействии ультрафиолетового излучения / О.Б. Федотова, Н.С. Пряничникова // Пищевые системы.– 2021. – 4(1) – С. 56-61.
136. Федотова, О.Б. Исследования санитарно-гигиенических характеристик многослойных полимерных пленок для вакуумной упаковки, модифицированной природными антимикробными компонентами / О.Б. Федотова, Д.М. Мяленко // Теория и практика переработки мусса. –2016.– Vol. 1. – № 2. – С. 51-55.
137. Филонова, Г.Л. Пищевая комбинаторика в технологиях поликомпонентных концентратов с использованием растительного сырья и напитков на их основе / Г.Л. Филонова, И.Л. Ковалева; Н.А. Комракова; В.В. Щербакова; Е.В. Никифорова; В.П. Осипова, Б.А. Гришковский // Технология. Пиво и напитки. – 2012. – № 4. – С.22-25.
138. Целиакия у детей. Клинические рекомендации [Электронный ресурс] – М.: Союз педиатров России, 2016. – 19 с. – URL: <https://www.pediatr-russia.ru/information/> (дата обращения: 20.03.2022).
139. Чижикова, О.Г. Разработка композитных мучных смесей с использованием измельченных семян чечевицы / О.Г. Чижикова, Л.О. Коршенко, М.А. Павлова // ISSN 2313-1748 Food Processing: Techniques and Technology. – 2017. – Vol. 46. – № 3. – С. 89-95.

140. Что означает маркировка Clean Label на продуктах питания [Электронный ресурс]. – М.: Крупные мировые ритейлеры, 2021. – 18 с. – URL: <https://www.retail.ru/rbc/pressreleases> (дата обращения: 15.03.2022).
141. Шарафетдинов, Х.Х. Ожирение как глобальный вызов XXI века: лечебное питание, профилактика и терапия / Х.Х. Шарафетдинов, О.А.Плотникова // Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – № 4. – С. 161-171.
142. Ших, Е.В. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω -3 в профилактике заболеваний у взрослых и детей: взгляд клинического фармаколога / Е.В. Ших, А.А. Махова // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88. – № 2. – С. 91-100.
143. Шнейдер, Д.В. Теоретические и практические аспекты создания безглютеновых продуктов питания на основе повышенной биодоступности сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Шнейдер Дарья Владимировна. – Москва, 2012. – 50 с.
144. Akewan, A. Influence of cognac flour on foaming properties of milk protein concentrate and quality characteristics of gluten-free cookie / A. Akewan // International Journal of Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 51. – P. 1560-1569.
145. Altındag, G. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase / G. Altındag, M. Certel, F. Erem, U.I. Konak // Food Science and Technology International. – 2014. – Vol. 21. – № 3. – P. 213-220.
146. Arufe, S. Determination of thermal transitions of gluten-free chestnut flour doughs enriched with brown seaweed powders and antioxidant properties of baked cookies / S. Arufe, J. Sineiro, R. Moreira // Heliyon. – 2019. – Vol. 5. – P. 1-9.
147. Bashir, S. Rheological and textural properties of gluten free cookies based on pearl millet and flaxseed / S. Bashir, M. Yaseen, V. Sharma, S.R. Purohit, S. Barak, D. Mudgil // Biointerface Research in Applied Chemistry. – 2020. –

- Vol. 10 (5). – P. 6565-6576.
148. Becker, F.S. Incorporation of buriti endocarp flour in gluten-free whole cookies as potential source of dietary fiber / F.S. Becker, C. Damiani, A.A. Machado de Melo, P. R.S. Borges, E. Valério de Barros Vilas Boas // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2014. – Vol. 69(4) – P. 344-350.
 149. Belorio, M. Assessing the influence of psyllium as a fat substitute in wheat and gluten-free cookies / M. Belorio, C. Moralejo, M. Gomez // *Food Science and Technology International*. – 2020. – Vol. 27 (8). – P.693–701.
 150. Belorio, M. Influence of flour particle size distribution on the quality of maize gluten-free cookies / M. Belorio, M. Sahagun, M. Gomez // *Foods*. – 2019. – Vol. 8 (2). – P. 1-9.
 151. Bolarinwa, I.F. Quality of gluten-free cookies from germinated brown rice flour / I.F.Bolarinwa, P.T. Lim, K. Muhammad // *Food Research*. – 2019. – Vol. 3. – P. 199-207.
 152. Brito, I.L. Nutritional and sensory characteristics of gluten-free quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) – based cookies development using an experimental mixture design / I.L. Brito, E. Leite de Souza, S.S.S. Felex, M.S. Madruga, F. Yamashita, M. Magnani// *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 52(9). – P. 5866-5873.
 153. Cairano, M. Focus on gluten free biscuits: ingredients and issues / M.Cairano, F.Galgano, R.Tolve, M.C. Caruso, N. Condelli // *Trends in Food Science & Technology*. – 2018. – Vol. 81. – P. 203-212.
 154. Cannas, M. Effect of substitution of rice flour with quinoa flour on the chemical-physical, nutritional, volatile and sensory parameters of gluten-free ladyfinger biscuits / M. Cannas, S.Pulina, P. Conte, A. Del Caro, P.P. Urgeghe, A. Piga, C. Fadda // *Foods*. – 2020. – Vol. 9 (6). – P. 1-16.
 155. Chakrabarti, T. Process optimization of gluten free cookies using cassava flour / T. Chakrabarti, A.Poonia, A.K. Chauhan // *International Journal of Food Science and Nutrition*. – 2018. – Vol. 2. – P.190-195.

156. Chauhan, A. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth flour / A. Chauhan, D.C. Saxena, S. Singh // *LWT - Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 63. – P. 939-945.
157. Christ-Ribeiro, A. Fermented rice-bran by *saccharomyces cerevisiae*: nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies / A. Christ-Ribeiro, L.M. Chiattoni, C.R.F. Mafaldo, E. Badiale-Furlong, L. A. Souza-Soares // *Food Bioscience*. – 2020. – Vol. 40. – P. 1-6.
158. Culetu, A. Evaluation of the storage-associated changes in the fatty acid profile of oat-based gluten-free cookies prepared with different fats / A. Culetu, V. Ionescu, M.C. Todasca, D.E. Duta // *The Korean Society of Food Science and Technology*. – 2019. – Vol. 29(6). – P. 759-767.
159. Culetu, A. Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten-free oat dough and cookie / A. Culetu, A. Stoica-Guzun, D.E. Duta // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 56. – P. 126–137.
160. Debonne, E. Technological and microbiological evaluation of different storage conditions of par-baked bread / E. Debonne, I. De Leyn, A. Vroman, G. Spaepen, M. Van Hecke, T. Ruysen, M. Eeckhout // *LWT - Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 131. – P. 1-8.
161. Degirmencioglu, N. Influence of modified atmosphere packaging and potassium sorbate on microbiological characteristics of sliced bread / N. Degirmencioglu, D. Gocmen, A.N. Inkaya, E. Aydin, M. Guldaz, S. Gonenc // *Journal of Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 48. – № 2. – P. 236-241.
162. Demirkesen, I. Formulation of chestnut cookies and their rheological and quality characteristics / I. Demirkesen // *Journal of Food Quality*. – 2016. – Vol. 39. – P. 264-273.

163. Dhankhar, P. A study on development of coconut based gluten free cookies / P. Dhankhar, M. Tech // International Journal of Engineering Science Invention ISSN. – 2013. – Vol. 2. – P.10-19.
164. Duta, D.E. Evaluation of rheological, physicochemical, thermal, mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies / D.E. Duta, A.Culetu// Journal of Food Engineering. – 2015. – Vol. 162. – P.1-8.
165. Eyres, L. Coconut oil consumption and cardiovascular risk factors in humans / L.Eyres, M.F. Eyres, A. Chisholm, R.C. Brown // Nutrition Reviews. – 2016. –Vol. 74 (4). – P. 267–280.
166. Fernandez, U. Extended shelf-life of soy bread using modified atmosphere packaging / U.Fernandez, Y. Vodovots, P. Courtney, M.A. Pascal // Journal of Food Protection.–2016. –Vol. 69(3). – P. 693-698.
167. Ferreira Brotes, L.T.G. Gluten-free cookies elaborated with buckwheat flour, millet flour and chia seeds / L.T.G. Ferreira Brotes, F. Drtdlan, D.W. SOLVA, F.R. Buend, T.S Rdcha, Y. K. Chang, C.J. Steel // Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 39. – №2. – P. 458-466.
168. Ferreira da Silva, T. Potentiality of gluten-free chocolate cookies with added inulin / oligofructose: chemical, physical and sensory characterization / T. Ferreira da Silva, A.C. Conti-Silva // LWT - Food Science and Technology. – 2018. –Vol. 90. – P. 172-179.
169. Ferreira, S.M.R. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta / S.M.R. Ferreira, A.P. de Mello, M. de Caldas Rosa dos Anjos, C.C.H. Krüger, P.M. Azoubel, M.A. de Oliveira Alves // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 191. – P. 147-151.
170. Fik, M. Quality and shelf-life of calcium-enriched wholemeal bread stored in a modified atmosphere / M. Fik, K. Surowka, I. Maciejaszek, M. Macura, M. Michalczyk // Journal of Cereal Science. – 2012. –Vol. 56. –P. 418-424.
171. Filipcev, B. Sugar beet molasses as an ingredient to enhance the nutritional and functional properties of gluten-free cookies / B. Filipcev, A. Misan, B. Saric, O.

- Simurina // *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. – 2016. – Vol. 67. – № 3. – P. 249-256.
172. Folch, J. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues / J. Folch, M. Lees, G.H. Sloane Stanley // *J. Biol. Chem.* – 1957. – Vol. 226. – P. 497-509.
173. Gagneten, M. Gluten-free cookies added with fibre and bioactive compounds from blackcurrant residue / M. Gagneten, D.A. Archaina, M.P. Salas, G.E. Leiva, D.M. Salvatori, C. Schebor // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 56. – P. 1734-1740.
174. Galić, K. Packaging and the shelf-life of bakery goods / K. Galić, D. Curic, D. Gabric // *Food Scientist Nutrients*. – 2019. – Vol. 49. – P. 405-426.
175. Garcia-Solis, S.E. Plantain flour: a potential nutraceutical ingredient to increase fiber and reduce starch digestibility of gluten-free cookies / S.E. Garcia-Solis, L.A. Bello-Perez, E. Agama-Acevedo, P.C. Flores-Silva // *Journal Starch*. – 2018. – Vol. 70. – P. 1-5.
176. Garzón, A.G. Effects of baking on γ -aminobutyric acid and free phenolic acids from gluten-free cookies made with native and malted whole sorghum flours / A.G. Garzón, M. Erben, C.A. Osella, S.R. Drago // *Wiley Journal of Food Processing and Preservation*. – 2020. – Vol. 44 (8). – P. 1-12.
177. Gimenez-Bastida, J. A. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products / J.A. Gimenez-Bastida, M. Pisku, H. Zielinski // *Trends in Food Science & Technology*. – 2015. – Vol. 44. – P. 58-65.
178. Giri, N.A. Development of sweet potato flour based high protein and low calorie gluten free cookies / N.A. Giri, B.K. Sakhale // *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. – 2019. – Vol. 7. – № 2. – P. 427-435.
179. Giri, N.A. Effects of incorporation of orange - fleshed sweet potato flour on physicochemical, nutritional, functional, microbial, and sensory characteristics of gluten-free cookies / N.A. Giri, B.K. Sakhale // *Wiley Journal of Food Processing and Preservation*. – 2021. Vol. 1 – P. 1-15.

180. Giri, N.A. Physico- mechanical and nutritional evaluation of taro (*Colocasia esculenta*) flour-based gluten-free cookies / N.A. Giri, M.S. Sajeev // *National Academy of Agricultural Sciences*. – 2020. – Vol. 9 (1). – P.125-131.
181. Giuberti, G. Exploitation of alfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: nutritional, antioxidant and quality characteristics / G. Giuberti, G. Rocchetti, S. Sigolo, P. Fortunati, L. Lucini, A. Gallo // *Food Chemistry*. – 2018. – Vol. 239. – P. 679-687.
182. Giuberti, G. Gluten free rice cookies with resistant starch ingredients from modified waxy rice starches: nutritional aspects and textural characteristics / G. Giuberti, A. Marti, P. Fortunati, A. Gallo // *Journal of Cereal Science*. – 2017. – Vol. 76. – P. 157-164.
183. Giuberti, G. Reducing the glycaemic index and increasing the slowly digestible starch content in gluten-free cereal-based foods: a review / G. Giuberti, A. Gallo // *International Journal of Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 53. – P. 50–60.
184. Golay, P. A. Determination of labeled fatty acids content in milk products, infant formula, and adult/pediatric nutritional formula by capillary gas chromatography: Collaborative study / P. A. Golay, Y. Dong // *Journal of AOAC International*. – 2015. – Vol. 98 (6). – P. 1679-1696.
185. Gul, H. Evaluation of nutritional, physical, textural and sensorial properties of gluten free cookies / H. Gul, S. Gul Tekeli // *Biotechnologies*. – 2018. – Vol. 22. – P. 221-228.
186. Hadnadev, T.R.D. Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough / T.R.D. Hadnadev, A.M. Torbica, M.S. Hadnadev // *Food and Bioprocess Technology*. – 2013. – Vol. 5(5). – P. 1770-1781.

187. Hamdani, A.M. Gluten free cookies from rice-chickpea composite flour using exudate gums from acacia, apricot and karaya / A.M. Hamdani, I.A. Wani, N. A. Bhat // *Food Bioscience*. – 2020. – Vol. 35. – P. 1-9.
188. Hamdani, A.M. Pasting, rheology, antioxidant and texture profile of gluten free cookies with added seed gum hydrocolloids / A.M. Hamdani, I.A. Wani, N.A. Bhat // *Food Science and Technology International*. – 2020. – Vol.27 (7). – P. 649-659.
189. Hasan, S.M. Shelf-life extension of pita bread by modified atmosphere packaging / S.M. Hasan, S. Al Naje, S. Abosalloum // *Journal of Food and Dairy Sciences*. – 2014. – Vol. 5. – № 2. – P. 55-62.
190. Hempel, A.W. Use of smart packaging technologies for monitoring and extending the shelf-life quality of modified atmosphere packaged (MAP) bread: application of intelligent oxygen sensors and active ethanol emitters / A.W. Hempel, M.G. O’Sullivan, D.B. Papkovsky, J.P. Kerry // *European Food Research and Technology*. – 2013. – Vol. 237. – P. 117-124.
191. Inglett, G.E. Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranthe oat composites / G.E. Inglett, D. Chen, S.X. Liu // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 63. – P. 214-220.
192. Jan, K.N. Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour / K.N. Jan, P.S. Panesar, S. Singh // *LWT - Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 93. – P. 573-582.
193. Jan, R. Effect of storage conditions and packaging materials on the quality attributes of gluten-free extrudates and cookies made from germinated chenopodium (*Chenopodium album*) flour / R. Jan, D.C. Saxena, S. Singh // *Food Measure*. – 2017. – Vol.11. – P. 1071-1080.

194. Jan, R. Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten free cookies made from raw and germinated *Chenopodium* (*Chenopodium album*) flour / R. Jan, D.C. Saxena, S. Singh // *LWT - Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 71. – P. 281-287.
195. Jensen, S. Oxidative stability of whole wheat bread during storage / S. Jensen, H. Oestdal, M.R. Clausen, M.L. Andersen, L.H. Skibsted // *LWT - Food Science and Technology*. – 2011. – Vol. 44. – P. 637-642.
196. Jnawali, P. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods / P. Jnawali, V. Kumar, B. Tanwar // *Food Science and Human Wellness*. – 2016. – Vol. 5. – P. 169-176.
197. Khoshakhlagh, K. Quality and microbial characteristics of part-baked Sangak bread packaged in modified atmosphere during storage / K. Khoshakhlagh, N. Hamdami, M. Shahedi, A. Le-Bail // *Journal of Cereal Science*. – 2014. – Vol. 60. – P. 42-47.
198. Korus, A. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuits made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites / A. Korus, D. Gumul, M. Krystyjan, L. Juszczak, J. Korus // *European Food Research and Technology*. – 2017. – Vol. 243. – P. 1429-1438.
199. Kurek, M.A. Effect of modified atmosphere packaging on the quality of wheat bread fortified with soy flour and oat fibre / M.A. Kurek, J. Wyrwicz, S. Karp, A. Wierzbicka // *Journal of Food Measurement and Characterization*. – 2019. – Vol. 13. – P. 1864-1872
200. Kwasniewska-Karolak, I. Starch transformations during freezing and refrigerating storage of hot dog rolls packaged in modified atmosphere / I. Kwasniewska-Karolak, R. Mostowski // *Biotechnology and Food Science*. – 2018. – Vol. 82. – №2. – P. 85-96.
201. Kwasniewska-Karolak, I. The influence of storage conditions on the staling rate and starch retrogradation in wheat rolls packaged in a modified atmosphere / I. Kwasniewska - Karolak, R. Mostowski // *Journal of Microbiology*,

- Biotechnology and Food Sciences. – 2019. – Vol. 8. – № 5. – P. 1188-1193.
202. Kwasniewska - Karolak, I. Factors influencing quality and shelf-life of baking products / I. Kwasniewska - Karolak, J. Rosicka-Kaczmarek, L. Krala // Journal on Processing and Energy in Agriculture. – 2014. – Vol.18. – №1. – P. 1-7.
203. Magalhaes, A.O. Replacement of rice flour by meat flour mechanically separated from tilapia on the technological, nutritional, and sensory quality of salted gluten-free cookies / A.O. Magalhaes, E.T. Marsico, M.S. SoaresJunior, M. Caliar, M.L.G. Monteiro // Journal of Aquatic Food Product Technology. – 2020. – Vol.29. – № 7. – P. 661-670.
204. Maghaydah, S. Enhancing the nutritional value of gluten-free cookies with inulin / S. Maghaydah, S. Abdul-Hussain, R. Ajo, B.Obeidat, Y.Tawalbeh // Advance Journal of Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 5. – P. 866-870.
205. Man, S. Preparation and quality evaluation of gluten-free biscuits / S. Man, A. Paucean, S. Muste // Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 71. - № 1 – P. 38-49.
206. Mancebo, C.M. Assessing rice flour-starch-protein mixtures to produce gluten free sugar - snap cookies / C.M. Mancebo, P. Rodriguez, M.Gomez // LWT - Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 67. – P. 127-132.
207. Mancebo, C.M. Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies / C.M. Mancebo, J. Picon, M. Gomez // LWT - Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 64. – P. 264-269.
208. Miranda, J. Nutritional differences between a gluten-free diet and a diet containing equivalent products with gluten / J. Miranda, A. Lasa, M. A. Bustamante, I. Churruca, E. Simon // Plant Foods for Human Nutrition. – 2014. – Vol. 69. – P. 182-187.

209. Misan, A. Gluten - free cookies enriched with blueberry pomace: optimization of baking process / A. Misan, B. Saric, N. Nedeljkovic, M. Pestoric, P. Jovanov, M. Pojic, J. Tomic, B. Filipcev, M. Hadnadev, A. Mandic // *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*. – 2014. – Vol. 8. – №4. – P. 340-343.
210. Molinari, R. Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies / R. Molinari, L. Costantini, A. M. Timperio, V. Lelli, F. Bonafaccia, G. Bonafaccia, N. Merendino // *Journal of Cereal Science*. – 2018. – Vol. 80. – P. 37-43.
211. Morreale, F. Designing a score-based method for the evaluation of the nutritional quality of the gluten-free bakery products and their gluten-containing counterparts / F. Morreale, D. Angelino, N. Pellegrini // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2018. – Vol. 73. – P. 154-159.
212. Morren, S. Effect of product microstructure and process parameters on modified atmosphere packaged bread / S. Morren, Q. Tri Ho, J. Stoops, T.V. Dyck, J. Claes, P. Verboven, B. Nicolai, L.V. Campenhout // *Food Bioprocess Technology*. – 2017. – Vol.10. – P. 328-339.
213. Nascimento, A.B. Availability, cost and nutritional composition of gluten-free product / A.B. Nascimento, G.M.R. Fiates, A. Anjos, E. Teixeira // *British Food Journal*. – 2014. – Vol. 116. – № 12. – P. 1842-1852.
214. Nikitina, M. Applying simulation method in formulation of gluten-free cookies / M. Nikitina, I. Nikitin, V. Kulakov // *ITM Web of Conferences 10*. – 2017. – P. 1-3.
215. Novak, J.S. Microbial safety of minimally processed foods / S.N. John , G.M. Sapers, V.K. Juneja. – Florida: CRC Press LLC, 2003. – 1956 p.
216. Ogunbusola, E.M. Assessment of gluten-free cookies made from rice and soy protein isolate blends / E.M. Ogunbusola, O.O. Alabi, T.A. Sanni, K.T. Seidu, H.O. Oke, O.R. Akinwale // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. – 2020. – Vol. 9 (5). – P. 899-906.

217. Olawoye, B. Gluten-free cookies with low glycemic index and glycemic load: optimization of the process variables via response surface methodology and artificial neural network/ B. Olawoye, S.O. Gbadamosi, I.O. Otemuyiwa, C.T. Akanbi // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6. – P. 1-13.
218. Olawoye, B. Sensory profiling and mapping of gluten-free cookies made from blends Cardaba banana flour and starch / B. Olawoye, S.O. Gbadamosi // *Wiley Journal of Food Processing and Preservation*. – 2020. – Vol. 44 (7). – P.1-17.
219. Omran, A.A. Production and evaluation of gluten-free cookies from broken rice flour and sweet potato / A.A. Omran, H.A. Hussien // *Advances in Food Sciences*. – 2015. – Vol. 37. – № 7. – P. 184-191.
220. Ostermann-Porcel, M.V. Incorporation of okara into gluten-free cookies with high quality and nutritional value / M.V. Ostermann-Porcel, N.Quiroga-Panelo, A.N. Rinaldoni, M.E. Campderros // *Hindawi Journal of Food Quality*. – 2017. – Vol. 2017. – P. 1-10.
221. Paciulli, M. Effect of chestnut flour supplementation on physico-chemical properties and oxidative stability of gluten-free biscuits during storage / M. Paciulli, M. Rinaldi, A. Cavazza, T. Ganino, M. Rodolfi, B. Chiancone, E. Chiavaro // *LWT - Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 98. – P. 451-457.
222. Paesani, C. Effect of extrusion of whole-grain maize flour on the characteristics of gluten-free cookies / C. Paesani, A. Bravo-Núñez, M. Gomez // *LWT - Food Science and Technology*. – 2022. – Vol. 132. – P. 1-6.
223. Pagamunici, L.M. Using chemometric techniques to characterize gluten-free cookies containing the whole flour of a new quinoa cultivar / L.M. Pagamunici, A.K. Gohara, A.H.P. Souza, P.R.S. Bittencourt, A.S. Torquato, W. P. Batiston, S.T.M. Gomes, N.E. Souza, J.V. Visentainerc, M. Matsushita // *Journal of the Brazilian Chemical Society*. – 2014. – Vol. 25(2). – P. 219-228.

224. Pasqualone, A. Bread packaging: features and functions / A. Pasqualone // Bread Packaging: Features and Functions. – 2019. – Vol. 17. – P. 211-224.
225. Paucean, A. Effect of quinoa flour addition on quality characteristics of rice gluten-free cookies / A. Paucean, S. Man, S. Muste, A. Pop // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. – 2015. – Vol. 21. – № 4. – P. 371-378.
226. Pestoric, M. Physicochemical characteristics as the markers in predicting the shelf-life of gluten-free cookies / M. Pestoric, M. Sakac, L. Pezo, D. Skrobot, N. Nedeljkovic, P. Jovanov, O. Simurina, A. Mandic // Journal of Cereal Science. – 2017. – Vol. 77. – P. 172-179.
227. Poonnakasem, N. Effect of HPMC addition and modified atmosphere packaging on the qualities of chilled pound cake / N. Poonnakasem // Journal of Culinary Science & Technology. – Vol. 15. – № 1. – P. 43-53.
228. Radhika. Development and nutritional evaluation of multigrain gluten free cookies and pasta products / Radhika, A. Virk, M. Kaur, P. Thakur, D. Chauhan, Q.U.E.H. Rizvi, S. Jan, K. Kumar // Current Research in Nutrition and Food Science Journal. – 2019. – Vol. 7. – № 3. – P. 842-853.
229. Raheem, D. Application of plastics and paper as food packaging materials. An overview / D. Raheem // Emirates Journal of Food and Agriculture. – 2012. – Vol. 25. – № 3. – P. 177-188.
230. Rai, S. Quality characteristics of gluten free cookies prepared from different flour combinations / S. Rai, A. Kaur, B. Singh // Journal Food Sciences and Technology. – 2014. – Vol. 51. - № 4. – P. 785-789.
231. Rakcejeva, T. Thermal treatment influence on the quality of rye bread packaged in different polymer films / T. Rakcejeva, L. Dukalska, O. Petrova, D.Klava, E. Kozlinskis, M.Sabovics // International Journal of Nutrition and Food Engineering. – 2012. – Vol.6. – № 7. – P. 538-546
232. Ranok, A. Effect of whey protein and riceberry flour on quality and antioxidant activity under gastrointestinal transit of gluten-free cookies / A.Ranok, C.

- Kupradit // AIMS Agriculture and Food. – 2020. – Vol. 5. – P. 434-448.
233. Rocchetti, G. In vitro large intestine fermentation of gluten-free rice cookies containing alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour: A combined metagenomic/metabolomic approach / G. Rocchetti, A. Senizab, A. Gallo, L. Lucini, G. Giuberti, V. Patrone // Food Research International. – 2019.- Vol. 120. – P. 312-321.
234. Roman, L. Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies / L. Roman, A. Gonzalez, T. Espina, M. Gomez // Journal Food Sciences and Technology. – 2017. – Vol. 54. – № 7. – P. 2094-2103.
235. Rybicka, I. Selenium in gluten-free products / I. Rybicka, M. Krawczyk, E. Stanis, A. Gliszczynska-Swiglo // Plant Foods for Human Nutrition. – 2015. – Vol. 70. – P. 128-134.
236. Sahagun, M. Influence of protein source on characteristics and quality of gluten-free cookies / M. Sahagun, M. Gomez // Journal Food Sciences and Technology. – 2018. – Vol. 55. – № 10. – P. 4131-4138.
237. Sakac, M. Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies / M. Sakac, M. Pestoric, A. Mandic, A. Misan, N. Nedeljkovic, D. Jambrec, P. Jovanov, V. Lazic, L. Pezo, I. Sedej // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 336-343.
238. Sand, C.K. Packaging Solutions for Baked Goods / C.K. Sand // Food Technology. – 2019. – №1. – P. 75-77.
239. Sarabhai, S. Effect of protein concentrates, emulsifiers on textural and sensory characteristics of gluten free cookies and its immunochemical validation / S. Sarabhai, D. Indrani, M. Vijaykrishnaraj, M.V. Arun Kumar, P. Prabhasankar // Journal Food Sciences and Technology. – 2015. – Vol. 52. – № 6. – P. 3763-3772.

240. Sarabhai, S. Influence of whey protein concentrate and potato starch on rheological properties and baking performance of Indian water chestnut flour based gluten free cookie dough / S. Sarabhai, P. Prabhasankar // *LWT – Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 63. – P. 1301-1308.
241. Saranraj, P. Microbial spoilage of bakery products and its control by preservatives / P. Saranraj, M. Geetha // *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*. – 2012. – Vol. 3. – №1. – P.38-48
242. Saric, B. Fiber concentrates from raspberry and blueberry pomace in gluten-free cookie formulation: effect on dough rheology and cookie baking properties / B. Saric, T. Dapcevic - Hadnadev, M. Hadnadev, M. Sakac, A. Mandic, A. Misan, D. Skrobot // *Journal of Texture Studies*. – 2018. – Vol. 50. – P. 124-130.
243. Saric, B. Valorisation of raspberry and blueberry pomace through the formulation of value-added gluten-free cookies / B. Saric, A. Misan, A. Mandic, N. Nedeljkovic, M. Pojic, M. Pestoric, S. Dilas // *Journal Food Sciences and Technology*. – 2016. – Vol. 53. – № 2. – P. 1140-1150.
244. Shahzad, S.A. Gluten-free cookies from sorghum and Turkish beans; effect of some non-conventional and commercial hydrocolloids on their technological and sensory attributes / S.A. Shahzad, S. Hussain, A.A. Mohamed, M.S. Alamri, A.A.A. Qasem, M.A. Ibraheem, S.A.M. Almainan, M.F. El - Din // *Food Science and Technology*. – 2021. – Vol. 41. – №1. – P. 15-24.
245. Sharma, S. Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten-free cookies prepared from flour blends of minor millets / S. Sharma, D.C. Saxena, C.S. Riar // *Journal of Cereal Science*. – 2016. – Vol. 72. – P. 153-161.
246. Sharma, V. Effect of chia (*Salvia hispanica* L.) seeds incorporation on nutritional quality of muffin mix / V. Sharma, R. Mogra // *Nutrition & Food Science*. – 2020. – Vol. 50. – № 6. – P. 1151-1161.

247. Sielicka-Rozynska, M. Consumer perception of packaging: an eye-tracking study of gluten-free cookies / M.Sielicka-Rozynska, E. Jerzyk, N.Gluza // Wiley International Journal of Consumer Studies. –2021. – Vol. 45. – P. 14-27.
248. Silva, T.F. Preference mappings for gluten-free chocolate cookies. Sensory and physical characteristics / T.F. Silva, A.C. Conti-Silva // Nutrition & Food Science. – 2016. – Vol. 46. – № 3. – P. 374-387.
249. Simons, C.W. Consumer acceptability of gluten- free cookies containing raw cooked and germinated pinto bean flours / C.W. Simons // Wiley Food Science & Nutrition. – 2018. – Vol. 6. – P. 77-84.
250. Smith, J.P. Shelf life and safety concerns of bakery products – A Review / J.P. Smith, D.P. Daifas, W. El-Khoury , J. Koukoutsis, A. El-Khoury // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2010. – Vol. 44 (1). – P. 19-55.
251. Souza, E.J.D. Quality of gluten-free cookies made with rice flour of different levels of amylose and cowpea beans / E.J.D. Souza, A.M. Pereira, M. Fontana, N.L. Vanier, M.A. Gularte // British Food Journal. – 2021. –Vol. 123. – № 5. – P. 1810-1820.
252. Torbica, A. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality / A. Torbica, M. Hadnadev, T.D. Hadnadev // Food Research International. – 2012. – Vol.48. – P. 277-283.
253. Wyrwicz, J. Optimization of modified atmosphere gases composition used for storage of high-fiber muffins / J. Wyrwicz, M. Kurek, S. Karp, M. Moczowska, A. Stelmasiak, A. Wierzbicka // Journal of Food Process Engineering. – 2016. – Vol. 40. –№3. – P. 1-14.
254. Xu, J. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: a review / J. Xu, Y. Zhang, W. Wang, Y. Li // Trends in Food Science & Technology. – 2020. – Vol. 103. – P. 200-213.
255. Yamsaengsung, R. Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour / R. Yamsaengsung, E. Berghofer, R.

- Schoenlechner // International Journal of Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 47. – P. 2221–2227.
256. Yildiz, E. Use of almond flour and stevia in rice-based gluten-free cookie production / E. Yildiz, D. Gocmen // Journal Food Sciences and Technology. – 2021. – Vol. 58. – № 3. – P. 940-951.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Расчет аминокислотного сора белков различных видов муки

Аминокислотный скор белка (АКС, %) муки рассчитывали по формуле:

$$АКС = \frac{мгАКв1гбелка}{мгАКв1гэтало́на} \cdot 100$$

Аминокислотный состав белков муки пшеничной, рисовой, кукурузной, люпиновой и чиа представлен в п. 3.2 (таблицы 3.2.2; 3.2.3).

Расчет АКС пшеничной муки:

$$АКС_{лейцина} = 78/70 \cdot 100 = 111\%$$

$$АКС_{фенилаланина+тирозина} = 72/60 \cdot 100 = 120\%$$

$$АКС_{лизина} = 24/55 \cdot 100 = 44\% \text{ (лимитирующая аминокислота)}$$

$$АКС_{валина} = 46/50 \cdot 100 = 92\%$$

$$АКС_{триптофана} = 9/10 \cdot 100 = 90\%$$

$$АКС_{изолейцина} = 42/40 \cdot 100 = 105\%$$

$$АКС_{метионина+цистеина} = 34/35 \cdot 100 = 97\%$$

$$АКС_{треонина} = 30/40 \cdot 100 = 75\%$$

Вывод: белок пшеничной муки является несбалансированным и лимитирован по лизину.

Расчет АКС рисовой муки:

$$АКС_{лейцина} = 63/70 \cdot 100 = 90\%$$

$$АКС_{фенилаланина+тирозина} = 66/60 \cdot 100 = 110\%$$

$$АКС_{лизина} = 22/55 \cdot 100 = 40\% \text{ (лимитирующая кислота)}$$

$$АКС_{валина} = 46/50 \cdot 100 = 92\%$$

$$АКС_{триптофана} = 8/10 \cdot 100 = 80\%$$

$$АКС_{изолейцина} = 32/40 \cdot 100 = 80\%$$

$$АКС_{метионина+цистеина} = 37/35 \cdot 100 = 106\%$$

$$АКС_{треонина} = 35/40 \cdot 100 = 88\%$$

Вывод: белок рисовой муки является несбалансированным и лимитирован по лизину.

Расчет АКС кукурузной муки:

$$\text{АКС лейцина} = 118/70 * 100 = 169\%$$

$$\text{АКС фенилаланина+тирозина} = 71/60 * 100 = 118\%$$

$$\text{АКС лизина} = 34/55 * 100 = 62\% \text{ (лимитирующая кислота)}$$

$$\text{АКС валина} = 54/50 * 100 = 108\%$$

$$\text{АКС триптофана} = 12/10 * 100 = 124\%$$

$$\text{АКС изолейцина} = 35/40 * 100 = 88\%$$

$$\text{АКС метионина+цистеина} = 38/35 * 100 = 109\%$$

$$\text{АКС треонина} = 37/40 * 100 = 93\%$$

Вывод: белок кукурузной муки является несбалансированным и лимитирован по лизину.

Расчет АКС люпиновой муки:

$$\text{АКС лейцина} = 68/70 * 100 = 97\%$$

$$\text{АКС фенилаланина+тирозина} = 72/60 * 100 = 121\%$$

$$\text{АКС лизина} = 53/55 * 100 = 96\%$$

$$\text{АКС валина} = 40/50 * 100 = 81\%$$

$$\text{АКС триптофана} = 8/10 * 100 = 80\%$$

$$\text{АКС изолейцина} = 45/40 * 100 = 114\%$$

$$\text{АКС метионина+цистеина} = 26/35 * 100 = 73\% \text{ (лимитирующая кислота)}$$

$$\text{АКС треонина} = 34/40 * 100 = 86\%$$

Вывод: белок люпиновой муки лимитирован по метионину и цистеину.

Расчет АКС муки чиа:

$$\text{АКС лейцина} = 83/70 * 100 = 119\%$$

$$\text{АКС фенилаланина+тирозина} = 96/60 * 100 = 160\%$$

$$\text{АКС лизина} = 59/55 * 100 = 107\%$$

$$\text{АКС валина} = 58/50 * 100 = 116\%$$

$$\text{АКС триптофана} = 16/10 * 100 = 160\%$$

$$\text{АКС}_{\text{изолейцина}} = 49/40 * 100 = 123\%$$

$$\text{АКС}_{\text{метионина+цистеина}} = 55/35 * 100 = 157\%$$

$$\text{АКС}_{\text{треонина}} = 43/40 * 100 = 108\%$$

Вывод: белок муки чиа является сбалансированным.

Полученные данные АКС муки пшеничной, рисовой, кукурузной, люпиновой и чиа приведены в таблице А2.

Таблица А2 – Аминокислотный скор незаменимых аминокислот белков муки пшеничной, рисовой, кукурузной, люпиновой и чиа

Наименование незаменимых аминокислот	Аминокислотный скор муки, %				
	пшеничная	рисовая	кукурузная	люпиновая	чиа
Лейцин	111	90	169	97	119
Фенилаланин+ тирозин	120	110	118	121	160
Лизин	44	40	62	96	107
Валин	92	92	108	81	116
Триптофан	90	80	124	80	160
Изолейцин	105	80	88	114	123
Метионин+ цистеин	97	106	109	73	157
Треонин	75	88	93	86	108

Приложение Б

**Расчет энергетической ценности печенья по исходной рецептуре
и обогащенного печенья без глютена по разработанной рецептуре**

Расчет энергетической ценности печенья осуществлялся на основании энергетической ценности сырья, указанной в маркировке, и его содержания в рецептуре изделия.

Расчет энергетической ценности печенья (контроль) приведен в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Расчетные данные энергетической ценности печенья по исходной рецептуре (контроль)

Наименование сырья	Энергетическая ценность сырья в 100 г продукта (средние значения)		Расход сырья на 100 г готовой продукции	Энергетическая ценность 100 г печенья (средние значения)	
	ккал	кДж		ккал	кДж
Мука пшеничная в.с.	340	1445	36,57	124,3	528,4
Сахар-песок	400	1700	39,41	157,6	670,0
Масло сливочное	750	3070	17,33	130,0	532,0
Пудра ванильная	395	1685	0,37	1,5	6,2
Соль	-	-	0,40	-	-
Сода питьевая	-	-	0,72	-	-
Корица	-	-	0,08	-	-
Мука кукурузная	330	1380	15,68	51,7	216,4
ИТОГО				465,1	1953,0

Согласно правилам округления ТР ТС 022/2011 (Приложение 3), калорийность печенья по исходной рецептуре (контроль) составила 470 ккал, энергетическая ценность - 1950 кДж.

Расчет энергетической ценности обогащенного печенья без глютена по разработанной рецептуре приведен в таблице Б2.

Таблица Б.2 – Расчетные данные энергетической ценности обогащенного печенья без глютена по разработанной рецептуре

Наименование сырья	Энергетическая ценность сырья в 100 г продукта (средние значения)		Расход сырья на 100 г готовой продукции	Энергетическая ценность 100 г печенья (средние значения)	
	ккал	кДж		ккал	кДж
Мука рисовая	350	1470	25,07	87,7	368,5
Сахар-песок	400	1700	39,41	157,6	670,0
ЗМЖ	900	3700	14,30	128,7	529,1
Пудра ванильная	395	1685	0,37	1,5	6,2
Соль	-	-	0,40	-	-
Сода питьевая	-	-	0,72	-	-
Корица	-	-	0,08	-	-
Мука кукурузная	330	1380	15,68	51,7	216,4
Мука люпиновая	275	1160	10,45	28,7	121,2
Мука чиа	470	1960	1,05	5,0	20,6
ИТОГО				460,9	1932,0

Согласно правилам округления ТР ТС 022/2011 (Приложение 3), калорийность обогащенного печенья без глютена по разработанной рецептуре составила 460 ккал, энергетическая ценность - 1930 кДж.

Приложение В

**Расчет аминокислотного сора и биологической ценности белков
обогащенного печени без глютена по разработанной технологии и
контрольного образца**

По экспериментальным данным, приведенным таблице В1, рассчитан аминокислотный скор в обогащенном печенье без глютена по разработанной технологии и для сравнения рассчитан АКС белков печенья контрольного образца.

Таблица В1 – Содержание незаменимых аминокислот в 100 г печенья

Наименование незаменимых аминокислот	Содержание незаменимых аминокислот в печенье, мг/г белка		
	Обогащенное печенье без глютена по разработанной технологии	Контроль	Идеальный белок
Лейцин	8,7	10,0	7,0
Фенилаланин+тирозин	8,4	8,4	6,0
Лизин	5,1	3,0	5,5
Валин	5,2	5,6	5,0
Триптофан	1,1	1,4	1,0
Изолейцин	4,8	4,7	4,0
Метионин+цистеин	4,7	4,7	3,5
Треонин	4,1	3,7	4,0
Сумма НАК	42,1	41,5	36,0

$$AKC = \frac{мгAKв1гбелка}{мгAKв1гэтало́на} \cdot 100$$

Контрольный образец печени (по исходной рецептуре):

$$\text{АКС}_{\text{лейцин}} = 10:7*100 = 143\%$$

$$\text{АКС}_{\text{фенилаланин+тирозин}} = 8,4:6*100 = 140\%$$

$$\text{АКС}_{\text{лизин}} = 3:5,5*100 = 55\% \text{ (лимитирующая кислота)}$$

$$\text{АКС}_{\text{валин}} = 5,6:5*100 = 111\%$$

$$\text{АКС}_{\text{триптофан}} = 1,4:1*100 = 135\%$$

$$\text{АКС}_{\text{изолейцин}} = 4,7:4*100 = 118\%$$

$$\text{АКС}_{\text{метионин+цистеин}} = 4,7:4*100 = 135\%$$

$$\text{АКС}_{\text{треонин}} = 3,7:4*100 = 92\%$$

Вывод: белок контрольного образца является не сбалансированным и лимитирован по лизину.

Обогащенное печенье без глютена по разработанной технологии:

$$\text{АКС}_{\text{лейцин}} = 8,7:7*100 = 124\%$$

$$\text{АКС}_{\text{фенилаланин+тирозин}} = 8,4:6*100 = 140\%$$

$$\text{АКС}_{\text{лизин}} = 5,1:5,5*100 = 92\%$$

$$\text{АКС}_{\text{валин}} = 5,2:5*100 = 104\%$$

$$\text{АКС}_{\text{триптофан}} = 1,1:1*100 = 115\%$$

$$\text{АКС}_{\text{изолейцин}} = 4,8:4*100 = 120\%$$

$$\text{АКС}_{\text{метионин+цистеин}} = 4,7:4*100 = 135\%$$

$$\text{АКС}_{\text{треонин}} = 4,1:4*100 = 103\%$$

Вывод: белок обогащенного печенья без глютена по разработанной технологии является сбалансированным (АКС более 90%).

Полученные данные приведены в таблице В2:

Таблица В2 – Аминокислотный скор контрольного образца печени и обогащенного печени без глютена по разработанной технологии

Наименование незаменимых аминокислот	Аминокислотный скор, %	
	Контроль	Печень без глютена по разработанной технологии
Лейцин	143	124
Фенилаланин+тирозин	140	140
Лизин	55	92
Валин	111	104
Триптофан	135	115
Изолейцин	118	120
Метионин+цистеин	135	133
Треонин	92	103

Рассчитано различие аминокислотного сора ($\Delta PAC, \%$), коэффициент различия аминокислотного сора ($KPAC, \%$), биологическая ценность ($BC, \%$) контрольного образца печени.

$$\Delta PAC = AKC_i - AKC_{min}$$

$$\Delta PAC_{\text{лейцин}} = 143 - 55 = 88\%$$

$$\Delta PAC_{\text{фенилаланин+тирозин}} = 140 - 55 = 85\%$$

$$\Delta PAC_{\text{лизин}} = 0\%$$

$$\Delta PAC_{\text{валин}} = 111 - 55 = 56\%$$

$$\Delta PAC_{\text{триптофан}} = 135 - 55 = 80\%$$

$$\Delta PAC_{\text{изолейцин}} = 118 - 55 = 63\%$$

$$\Delta PAC_{\text{метионин+цистеин}} = 135-55 = 80\%$$

$$\Delta PAC_{\text{треонин}} = 92-55 = 37\%$$

$$KPAC = \sum \Delta PAC / n$$

$$KPAC = (88+85+0+56+80+63+80+37)/8 = 61\%$$

$$БЦ = 100 - KPAC$$

$$БЦ = 100 - 61 = 39\%$$

Рассчитано различие аминокислотного сора ($\Delta PAC, \%$), коэффициент различия аминокислотного сора ($KPAC, \%$), биологическая ценность ($БЦ, \%$) обогащенного печенья без глютена по разработанной технологии.

$$\Delta PAC_{\text{лейцин}} = 124-92 = 32\%$$

$$\Delta PAC_{\text{фенилаланин+тирозин}} = 140-92 = 48\%$$

$$\Delta PAC_{\text{лизин}} = 0\%$$

$$\Delta PAC_{\text{валин}} = 104-92 = 12\%$$

$$\Delta PAC_{\text{триптофан}} = 115-92 = 23\%$$

$$\Delta PAC_{\text{изолейцин}} = 120-92 = 28\%$$

$$\Delta PAC_{\text{метионин+цистеин}} = 133-92 = 41\%$$

$$\Delta PAC_{\text{треонин}} = 103-92 = 11\%$$

$$KPAC = (32+48+0+12+23+28+41+11)/8 = 24\%$$

$$БЦ = 100 - 24 = 76\%$$

Полученные данные приведены в таблице В3:

Таблица В3 – КРАС и БЦ контрольного образца печенья и обогащенного печенья без глютена по разработанной технологии

Показатель	Содержание, %	
	Контроль	Обогащенное печенье без глютена по разработанной технологии
КРАС	61	24
БЦ	39	76

Как видно из представленных расчетов, обогащенное печенье без глютена по разработанной рецептуре имеет БЦ белковой составляющей практически в 2 раза выше по сравнению с контрольным образцом.

Приложение Г

Акт производственных испытаний

УТВЕРЖДАЮ



Директор пищевого производства

АО «Перекресток вкусов»

Старосельский И.Е.

17.02.2022 г

АКТ**выработки сдобного печенья «Янтарное без глютена обогащенное»**

Мы, ниже подписавшиеся: руководитель управления пищевым производством АО «Перекресток вкусов» Ватолин А.М., главный технолог Кожевникова Т.Б., руководитель управления качеством, аспирант ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН Матюнина А.В. составили настоящий акт о том, что 15.02.2022 г. на АО «Перекресток вкусов» были проведены производственные выпечки печенья из муки без глютена (рисовой, кукурузной, люпиновой муки и муки чиа) и жирового продукта - заменителя молочного жира по ГОСТ 31648.

Показатели качества используемого сырья:

- мука рисовая (изготовитель «ХЛЕБЗЕРНОПРОДУКТ»): массовая доля влаги - 10,0 %, содержание белка - 6,0 г/100 г, содержание углеводов – 79,0 г/100 г, содержание жира - 1,0 г/100 г;

- мука кукурузная тонкого помола (изготовитель «ХЛЕБЗЕРНОПРОДУКТ»): массовая доля влаги - 14,5%, содержание белка - 7,0 г/100 г, содержание углеводов – 72,0 г/100 г, содержание жира - 1,5 г/100 г;

- мука люпиновая «ЛЮПИСАН» (изготовитель «Soja Austria»): массовая доля влаги - 7,1%, содержание белка - 43,7 г/100 г, содержание углеводов – 14,0 г/100 г; содержание пищевых волокон - 13,28 г /100 г, содержание жира - 9,7 г/100 г;

- мука чиа (изготовитель ООО «ПОЛЕЗЗНО»): массовая доля влаги - 7,3%, содержание белка - 29,0 г/100 г, содержание углеводов – 34,0 г/100 г, содержание пищевых волокон - 32,7 г/100 г, содержание жира - 33,7 г/100 г;

- заменитель молочного жира по ГОСТ 31648: массовая доля жира - 99,99%, массовая доля влаги - 0,01%, содержание полиненасыщенных жирных кислот класса омега-3 (альфа-линоленовая) - 2,4 г/100 г.

Технология производства сдобного печенья предусматривает следующие основные стадии: подготовку сырья, приготовление сыпучей смеси, приготовление теста, формование, выпечку, охлаждение и упаковку готовых изделий.

Печенье вырабатывалось по ТУ 10.72.12-045-86574578-22 на сдобное печенье «Янтарное без глютена обогащенное» и рецептуре, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура сдобного печенья «Янтарное без глютена обогащенное»

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на загрузку, кг	
		В натуре	В сухих веществах
Рисовая мука	90,00	34,28	30,85
Сахар-песок	99,85	53,90	53,81
Масло сливочное	84,00	23,70	19,91
Пудра ванильная	99,85	0,50	0,50
Соль	96,50	0,55	0,53
Сода питьевая	50,00	0,98	0,49
Корица	100,00	0,12	0,12
Мука кукурузная	85,50	21,44	18,34
Мука люпина	92,93	14,29	13,28
Мука чиа	92,70	1,43	1,33
ИТОГО	-	151,19	139,16
ВЫХОД	94,50	130,00	122,85

На этапе подготовки сырья к производству его освобождали от упаковки поставщика, сыпучее сырье (мука рисовая, мука кукурузная, мука люпиновая, сахар, соль пищевая, сода питьевая, пудра ванильная, корица) просеивали через мукопросеиватель (ЛАККК МПС 141, Россия). Вода проходила водоподготовку через систему фильтрации в производственных условиях, заменитель молочного жира поступал в камеру с температурой 19-22 °С для пластикации.

Растворение сахара и соли производили в емкостях с водой при температуре 18-20 °С в течение 5-10 мин при перемешивании.

Заменитель молочного жира взбивали в тестомесильной машине (SottorivaEVO 160, Италия) при температуре 19-22 °С, скорости вращения лопасти 1500 об/мин в течении 1,5 часов при загрузке 80-100 кг.

Растворы сахара и соли добавляли к взбитому заменителю молочного жира и перемешивали до получения однородной эмульсии. Далее в нее вносили заранее подготовленную смесь соли, соды, пудры ванильной и корицы.

На стадии приготовления сыпучей смеси соблюдали следующую последовательность внесения сырья: ванильную пудру, соду питьевую и корицу вносили в муку чиа; далее полученную смесь вносили в люпиновую муку; эту смесь добавляли в кукурузную муку; затем полученную смесь из ванильной пудры, соды питьевой, корицы, муки чиа, люпиновой и кукурузной муки вносили в рисовую муку. На всех стадиях производили тщательное перемешивание смеси в смесителе (SottorivaV2 60, Италия) при скорости вращения лопасти 800-1000 об/мин в течение 1 мин для равномерности распределения компонентов.

К полученной эмульсии постепенно добавляли сыпучую смесь и тщательно перемешивали до получения теста с массовой долей влаги 11-13%. Из полученного теста на тестоотсадочной машине (Rondo, Швейцария) формировали тестовые заготовки массой 20 (± 1) г., которые помещали в пекарную камеру (SvebaDahlen, Швеция).

Выпечка печенья производилась при следующих температурных условиях: первый период выпечки – температура 160°C; во втором периоде выпечки температура повышалась до 190°C при снижении относительной влажности воздушной среды пекарной камеры для обеспечения равномерной влагоотдачи, карамелизации сахаров и образования золотистой корочки на поверхности изделия. Общая продолжительность процесса выпечки составляла 18-20 мин.

Выпеченные изделия охлаждали в вакуумной камере (VacuspeedWerner&Pfleiderer, Германия) в течение 5 минут до температуры 18±5 °С с последующим их упаковыванием на автоматическом запайщике лотков (G. MondiniTRAVE384VG, Италия) в газовую модифицированную среду с соотношением углекислого газа и азота равным 50:50 об/об. Смесь газов подготавливалась автоматически в специализированных емкостях с предварительным переводом из сжиженного состояния в газообразное и передавалась по трубопроводам к упаковочной линии. При этом удаление кислорода из упаковки было быстрым и полным, его остаточный уровень составлял менее 1%. Количественное определение химического состава смеси газов определяли портативным газоанализатором OxybabyM+i O₂/CO₂ (WITT-GASETECHNIK, Германия).

Анализ изделий проводили через 16-18 часов после выпечки. В связи с отсутствием ГОСТ на печенье без глютена, полученное печенье сравнивали по общепринятым показателям для печенья из пшеничной муки по ГОСТ 24901 и дополнительным показателям.

Органолептические показатели выработанного печенья приведены в таблице 2. Массовая доля влаги, намокаемость, щелочность, массовая доля золы в выработанном печенье, а также содержание белка, жира, пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот класса омега-3 приведены в таблице 3. Микробиологические показатели печенья приведены в таблице 4.

Таблица 2 – Органолептическая оценка выработанного сдобного печенья

Наименование показателя	Характеристика печенья
Вкус и запах	Выраженные, свойственные вкусу и запаху компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкуса и запаха. Присутствие орехового послевкусия.
Форма	Разнообразная, не расплывчатая, без вмятин, вздутий и повреждений края
Поверхность	Шероховатая, с вкраплениями частиц используемых компонентов. Не подгорелая, без вздутий. Нижняя поверхность ровная.
Цвет	Равномерный, от светло-соломенного до темно-желтого с более темной окраской краев печенья и нижней стороны.
Вид в изломе	Пропеченное печенье с пористой структурой, без пустот и следов непромеса.

Таблица 3 – Физико-химические показатели выработанного сдобного печенья

Наименование показателя	Значение показателя печенья	
	выработанного на производстве	По ГОСТ 24901
Массовая доля влаги, %	6,67	не более 16,0
Щелочность, град.	0,36	не более 2,0
Намокаемость, %,	161,6	не менее 150
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, %	0,08	не более 0,1
Содержание жира, %	17,0	Не более 40,0
Содержание белка, г/100 г	6,5	-
Содержание альфа-линоленовой кислоты, г/100 г	0,72	-
Содержание пищевых волокон, г/100 г	6,2	-

Таблица 4 – Микробиологические показатели выработанного сдобного печенья

Наименование показателя	Значение показателя печенья	
	выработанного на производстве	По ТР ТС 021/2011
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных, КОЕ/г	1×10^1	не более 1×10^4
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) в 0,1 г (см^3) продукта	отсутствуют	не допускаются
Плесени, КОЕ/г	0	не более 100
Дрожжи, КОЕ/г	0	не более 50

Таким образом, проведенные производственные испытания показали, что полученное в результате апробации сдобное печенье «Янтарное без глютена обогащенное» соответствовало показателям качества, установленным в ГОСТ 24901 - 2014 «Печенье. Общие технические условия» для печенья, произведенного на основе пшеничной муки высшего сорта. По микробиологическим показателям выработанное печенье соответствовало значениям, нормируемым Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

В соответствие с Приложением 5 Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» выработанное сдобное печенье «Янтарное без глютена обогащенное» может быть маркировано, как продукт с высоким содержанием пищевых волокон (не менее 6 г/100 г) и омега-3 жирных кислот (не менее 0,4 г/100 г).

Руководитель управления пищевым производством АО «Перекресток вкусов»

Ватолин А.М.

Главный технолог
АО «Перекресток вкусов»

Кожевникова Т.Б.

Руководитель управления качеством,
аспирант ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

Матюнина А.В.

Приложение Д

Патент на изобретение

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2775071

Печенье без глютена обогащенное

Патентообладатели: *Зайцева Лариса Валентиновна (RU),
Матюнина Александра Владимировна (RU)*

Авторы: *Матюнина Александра Владимировна (RU),
Зайцева Лариса Валентиновна (RU), Белявская Ирина
Григорьевна (RU), Алексеенко Елена Викторовна (RU)*

Заявка № **2022107150**

Приоритет изобретения **18 марта 2022 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **28 июня 2022 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **18 марта 2042 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов

Приложение Е

Технические условия на обогащенное печенье без глютена

АО «ПЕРЕКРЕСТОК ВКУСОВ»

ОКПД 2 10.72.12.150

ОКС 67.060 (Группа Н 42)

УТВЕРЖДАЮ

Директор пищевого производства

АО «ПЕРЕКРЕСТОК ВКУСОВ»

И.Е. Старосельский

«01» февраля 2022 г.



Сдобное печенье «Янтарное без глютена обогащенное»

Технические условия

ТУ 10.72.12-045-86574578-22

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие - «01» февраля 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:

Руководитель управления качеством

 А.В. Матюнина

г. Долгопрудный
2022

Приложение Ж

**Технологическая инструкция на производство обогащенного печенья
без глютена**

АО «ПЕРЕКРЕСТОК ВКУСОВ»

ОКПД 2 10.72.12.150

ОКС 67.060 (Группа Н 42)

УТВЕРЖДАЮ

Директор пищевого производства

АО «ПЕРЕКРЕСТОК ВКУСОВ»



И.Е. Старосельский

«01» февраля 2022 г.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
по изготовлению сдобного печенья
«Янтарное без глютена обогащенное»**

**ТИ 10.72.12-045-86574578-22
по ТУ 10.72.12-045-86574578-22**

(Утверждены впервые)

Дата введения в действие - «01» февраля 2022 г.

РАЗРАБОТАНО:

Руководитель управления качеством

 А.В. Матюнина

г. Долгопрудный
2022