

**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

МИСТЕНЕВА СВЕТЛАНА ЮРЬЕВНА

**РАЗРАБОТКА ОБОГАЩЕННОГО САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ С
ТОЛОКНОМ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ
СВОЙСТВАМИ ПИЩЕВЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ**

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент
Зайцева Лариса Валентиновна

Москва, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение.....	6
ГЛАВА 1. Обзор литературы.....	14
1.1 Анализ структуры питания населения РФ, в том числе детей дошкольного и школьного возраста.....	14
1.2 Принципы создания кондитерских изделий мучной группы для питания детей старше трех лет.....	24
1.2.1 Роль мучных кондитерских изделий группы печенья в составе дискреционных продуктов питания.....	24
1.2.2 Анализ современного состояния рынка специализированных кондитерских изделий для детей старше трех лет.....	28
1.2.3 Анализ законодательного регулирования в сфере производства и реализации кондитерских изделий для детского питания.....	38
1.3 Моделирование и реформулирование пищевых продуктов, в частности мучных кондитерских изделий.....	44
1.4 Продукты переработки цельного зерна, как перспективное сырье для производства мучных кондитерских изделий функциональной направленности.....	52
1.4.1 Определения, применяемые для цельного зерна, в разных странах мира.....	52
1.4.2 Идентификационные признаки и терминологические понятия в области производства цельнозерновых продуктов.....	55
1.4.3 Обоснование цельнозернового сырья отечественного производства для создания мучных кондитерских изделий.....	59
1.4.4 Перспективы использования цельнозернового сырья из овса, ячменя и гречки в технологии сахарного печенья с модифицированным пищевым профилем.....	66

1.4.5	Использование разных видов толокна для модификации пищевого профиля сахарного печенья.....	73
1.5	Влияние основных рецептурных компонентов на процесс тестообразования и качественные характеристики мучных кондитерских изделий.....	76
1.6	Закономерности структурообразования пищевых кондитерских систем при производстве мучных кондитерских изделий.....	83
1.6.1	Структура пищевых дисперсных систем и особенности процесса структурообразования.....	83
1.6.2	Основные типы и структурно-механические свойства кондитерских дисперсных систем.....	85
	Выводы по обзору литературы.....	91
	ГЛАВА 2. Объекты и методы исследований.....	94
2.1	Организация работы и схема проведения исследования.....	94
2.2	Объекты исследований.....	94
2.3	Методы исследований.....	95
2.3.1	Методы исследований физико-химических показателей	95
2.3.2	Методы исследований микробиологических показателей	103
2.3.3	Методы исследований гигиенических показателей безопасности.....	103
2.3.4	Методы исследований органолептических показателей	104
	ГЛАВА 3. Результаты исследований и их обсуждение.....	105
3.1	Формирование комплексного подхода к созданию сахарного печенья для детей дошкольного и школьного возраста	105
3.2	Исследование химического и гранулометрического состава толокна овсяного, ячменного, гречевого (однокомпонентных порошкообразных подсистем).....	115
3.3	Исследование влияния вида и количества толокна на функционально-технологические свойства его смесей с мукой пшеничной	

хлебопекарной высшего сорта (двухкомпонентных порошкообразных подсистем).....	125
3.4 Изучение физико-химических показателей и процесса структурообразования вязко-пластичного кондитерского теста с толокном (подсистемы коагуляционной структуры).....	139
3.4.1 Исследование реологических показателей слабоструктурированных модельных суспензий.....	140
3.4.2 Исследование физико-химических и реологических показателей вязко-пластичного кондитерского теста	154
3.5 Изучение качественных и структурно-механических характеристик сахарного печенья с толокном (пищевой системы конденсационной структуры).....	165
3.6 Формирование комплекса показателей для обеспечения качества и безопасности обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста	180
3.7 Разработка нормативной документации и исследование сохранности обогащенного сахарного печенья с толокном	187
3.8 Оценка экономических показателей обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста	198
ВЫВОДЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ.....	202
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	208
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	209
ПРИЛОЖЕНИЯ:	
Приложение 1. Рецептура на специализированное сахарное печенье с овсяным толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста, обогащенное пищевыми волокнами РЦ 10.86.10-001-19825192-2024.....	248
Приложение 2. Рецептура на специализированное сахарное печенье с ячменным толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста,	

обогащенное пищевыми волокнами РЦ 10.86.10-002-19825192-2024.....	249
Приложение 3. Технологическая инструкция на специализированное сахарное печенье с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста, обогащенное пищевыми волокнами ТИ 10.86.10-001-19825192-2024.....	250
Приложение 4. Технические условия на специализированное сахарное печенье с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста, обогащенное пищевыми волокнами ТУ 10.86.10-001-19825192-2024.....	251
Приложение 5. Квалиметрическая шкала с перечнем дескрипторов для проведения органолептической оценки обогащенного сахарного печенья с толокном МВИ 122-19825192-2024.....	252
Приложение 6. Методика определения коэффициента набухания муки МВИ № 92-19825192-2021.....	253
Приложение 7. Методика определения плотности вязко-пластичного теста МВИ № 112-19825192-2023.....	254
Приложение 8. Методика определения абсорбционной способности муки по жиру МВИ № 113-19825192-2023.....	255
Приложение 9. Методика определения прочности мучных кондитерских изделий группы печенья на текстурометре «Структурометр СТ-2» МВИ 119-19825192-2024.....	256
Приложение 10. Методика определения абсорбционной способности муки по воде МВИ № 120-19825192-2024.....	257
Приложение 11. Методика определения индекса растворимости муки МВИ № 121-19825192-2024.....	258
Приложение 12. Акт опытно-промышленной апробации сахарного печенья с толокном ячменным.....	259

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Питание является важным аспектом жизни человека, поэтому научные и общественные организации по всему миру работают над внедрением мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья населения, предотвращение заболеваний, связанных с потреблением неполноценных и несбалансированных пищевых продуктов. Государственная политика России направлена на поддержание и развитие научных исследований в области создания пищевых продуктов, в том числе кондитерских изделий, с высокой пищевой ценностью, специализированных для всех слоев населения.

Исследование согласуется со стратегическими целями и основными задачами «Доктрины о продовольственной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20) в части обеспечения доступности и расширения продовольственного ассортимента качественной и безопасной пищевой продукции, необходимой для формирования рациона здорового питания для всех групп населения, путем проведения фундаментальных и прикладных научных исследований по развитию традиционных агропромышленных технологий и технологий производства пищевой продукции, которые соответствуют установленным экологическим, санитарно-эпидемиологическим и иным требованиям, наращивания производства новой обогащенной, специализированной пищевой продукции [1, 2].

Исследование отвечает основным направлениям реализации задач в области повышения качества продукции в Российской Федерации, закрепленных в «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» в части создания пищевой продукции для здорового питания, в том числе со сниженным содержанием жира, сахара и соли, а также специализированной, функциональной и обогащенной пищевой продукции, обеспечения проведения научных исследований, направленных на медико-биологическое обоснование, разработку рецептур и составов, новых

технологических приемов производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества [3].

Распоряжением Правительства Российской Федерации утвержден План основных мероприятий, проводимых в рамках Десятилетия детства, на период до 2027 года. В этой связи на первый план выступают мероприятия, направленные на совершенствование системы организации питания детей. В качестве результата ожидается разработка предложений по повышению качества и безопасности всех групп пищевой продукции для питания детей, расширению ее ассортимента и увеличению объемов производства и потребления [4, 5].

Всемирная организация здравоохранения ставит серьезные цели по разработке стратегий, направленных на расширение ассортимента пищевых продуктов с низким содержанием соли/натрия, насыщенных жиров, трансизомеров жирных кислот и добавленного сахара [6]. Вместе с другими странами РФ также разрабатывает и внедряет мероприятия, направленные на достижение поставленных целей в области питания. Кондитерские изделия занимают значительное место в современной пищевой структуре потребления современного человека. В России как среди взрослого, так и детского населения наблюдается значительное потребление хлебобулочных и кондитерских изделий, при одновременно низком количестве в рационе молочных, рыбных продуктов, фруктов и овощей. Количество кондитерских изделий в рационе россиян сравнимо с базовыми продуктами питания, такими как молоко и мясо. Почти половина населения (47,6%) включает кондитерские изделия в свой ежедневный рацион, а 28,0% потребляют их регулярно 1-2 раза в неделю. Ограничивают потребление кондитерских изделий только 24,4% населения. Традиционные кондитерские изделия не являются источником полезных питательных веществ, они содержат большое количество насыщенных жиров и добавленного сахара, а также пищевой соли [7-10]. Принимая во внимание рекомендации ВОЗ в области питания и медико-биологические рекомендации к продуктам для детерминированных групп населения, необходимо создание новых функциональных кондитерских изделий с измененным нутриентным составом за

счет изначального моделирования их рецептурного состава с использованием научно-обоснованного подхода к подбору сырьевых компонентов и их содержанию (соотношению) в рецептуре изделия, с учетом принципов здорового питания и медико-биологических рекомендаций, заложенных в основу создания продукта.

Специализированные продукты направлены на поддержание и укрепление здоровья человека. Это продукты с особыми свойствами, которые обогащены пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами, с заданным химическим составом, и сбалансированным нутриентным профилем. В случае недостаточного и несбалансированного питания возникают различного рода нарушения в организме и развитие хронических заболеваний. Одним из направлений решения данной проблемы может стать расширение ассортимента кондитерских изделий специализированного назначения. При этом исследований по изучению особенностей формирования пищевых кондитерских систем с модифицированным нутриентным составом, а также расширению ассортимента кондитерских изделий для питания детей проводится недостаточно. Таким образом, научно-исследовательские работы, направленные на создание обогащенных изделий для персонализированного питания с использованием цельнозернового сырья отечественного производства, а также изучение закономерностей формирования кондитерских дисперсных систем заданного состава, являются актуальными и практически значимыми.

Исследование посвящено актуальной теме – разработке мучных кондитерских изделий группы печенья с модификацией пищевого профиля путем использования цельнозернового сырья РФ, в том числе для питания детей старше трех лет, научно-практическому обоснованию их нутриентного состава и изучению основ формирования многофазных пищевых систем при проведении технологического процесса их получения.

Степень разработанности темы. Изучению процессов формирования пищевых дисперсных систем посвящены работы отечественных учёных Арета В.А., Горбатова А.В., Зубченко А.В., Мачихина Ю. А., Никифоровой В. И.,

Ребиндера П. А., Рогова И. А., Талейсника М. А., Урьева Н. Б., Черных В.Я. и многих других ведущих ученых. Разработке научных основ создания функциональных пищевых продуктов, в том числе кондитерских изделий, посвящены работы отечественных учёных Аксеновой Л. М., Кочетковой А. А., Липатова Н. Н., Матвеевой И. В., Нечаева А. П., Савенковой Т. В., Тутельяна В. А., Шатнюк Л. Н., Цыгановой Т. Б. и многих других отечественных ученых. Вместе с тем отсутствуют исследования по изучению особенностей формирования и закономерностей изменения качественных характеристик различных типов кондитерских дисперсных систем с толокном с высоким содержанием пищевых волокон.

Целью исследований является разработка обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей на основе управления свойствами пищевых дисперсных систем.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Сформировать комплексный подход к созданию сахарного печенья для детей дошкольного и школьного возраста;
2. Исследовать химический и гранулометрический состав толокна овсяного, ячменного, гречневого (однокомпонентных порошкообразных подсистем);
3. Исследовать влияние вида и количества толокна на функционально-технологические свойства его смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта (двухкомпонентных порошкообразных подсистем);
4. Изучить физико-химические показатели и процессы структурообразования вязко-пластичного кондитерского теста с толокном (подсистемы коагуляционной структуры);
5. Изучить качественные и структурно-механические характеристики сахарного печенья с толокном (пищевой системы конденсационной структуры);
6. Сформировать комплекс показателей для обеспечения качества и безопасности обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста;

7. Разработать нормативную документацию и исследовать сохранность обогащенного сахарного печенья с толокном.

Научная новизна. Теоретически обоснован и практически реализован комплексный подход к созданию сахарного печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста с использованием растительного сырья, содержащего значительные количества естественных функциональных пищевых ингредиентов.

Научно обосновано и подобрано цельнозерновое сырье для создания сахарного печенья, обогащенного пищевыми волокнами, для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Впервые установлен характер влияния вида и количества толокна (овсяного, ячменного, гречевого) на функционально-технологические свойства его смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта, а также физико-химические и структурно-механические показатели вязко-пластичного кондитерского теста;

Впервые установлены корреляционные зависимости плотности вязко-пластичного теста для сахарного печенья с толокном от функционально-технологических свойств зернового сырья: индекса растворимости и коэффициента набухания.

Впервые установлены закономерности влияния толокна на органолептические, физико-химические и структурно-механические показатели сахарного печенья, а также корреляционные зависимости прочности печенья от плотности вязко-пластичного теста с толокном.

Теоретическая и практическая значимость. Конкретизированы данные о химическом составе различных видов толокна: овсяного, ячменного, гречевого.

Разработан ассортимент сахарного печенья со сниженным содержанием добавленного сахара, жира и соли и различными видами толокна (овсяного, ячменного, гречевого) для питания детей дошкольного и школьного возраста, в том числе обогащенного.

Разработаны методики определения функционально-технологических свойств зернового сырья: индекса растворимости, коэффициента набухания, абсорбционной способности по воде и по жиру.

Разработана методика определения плотности вязко-пластичного кондитерского теста.

Разработана методика определения прочности сахарного печенья на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2».

Разработан пакет НТД на обогащенное печенье с толокном овсяным и ячменным (рецептуры, технологическая инструкция, технические условия) для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Методология и методы исследования. В основе методологии проведения исследований лежат основные положения системного подхода к развитию технологий мучных кондитерских изделий, позволяющие рассматривать их как единую целостную систему, состоящую из взаимосвязанных структурных элементов, и направленные на создание конкурентоспособных изделий с заданным профилем питательных веществ с высокими показателями качества, безопасности и технологичности. При проведении исследований использованы общепринятые и специальные методы анализа свойств сырья и готовых изделий.

Научные исследования по диссертационной работе проводились в рамках тем по гос. заданию: FNEN-2019-0035 2019-2022 гг. «Развитие научных основ формирования многокомпонентных масс с заданным составом и качеством, в том числе с использованием гидродинамических и акустических технологий» и FGUS-2022-0007 2022 - 2026 гг. Научные основы формирования кондитерских изделий с заданным нутриентным составом как многофазных гетерогенных дисперсных систем, в том числе с использованием кавитационных воздействий, и обоснование принципов обеспечения их сохранности.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- комплексный подход к созданию сахарного печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста;

- закономерности влияния вида и количества толокна на изменение функционально-технологических свойств его смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и структурообразование вязко-пластичного теста для сахарного печенья;

- закономерности формирования конденсационной структуры сахарного печенья с толокном.

Степень достоверности результатов. Достоверность полученных результатов подтверждена применением современных физико-химических методов анализа и промышленной апробацией. Статистическую обработку данных проводили с доверительной вероятностью 0,95 в программе Microsoft Office Excel.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследований диссертационной работы представлены на конференциях: XVI Международной научно-практической конференции «Пища. Экология. Качество» (АГУ, г. Барнаул, 2019 г.); XII Международной конференции «Кондитерские изделия XXI века» (МПА, г. Москва, 2019 г.); XII Международной конференции «Торты. Вафли. Печенье. Пряники-2020. Производство – Рынок - Потребитель» (МПА, г. Москва, 2020 г.); Научно-практической конференций «Современные подходы к разработке и обеспечению сохранности кондитерских изделий с повышенной пищевой плотностью" (ВНИИКП – ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, 2021 г.); Международной научно-практической конференции «Перспективные технологии продуктов питания на зерновой основе: функциональность, безопасность, качество» (МГУПП, г. Москва, 2022 г.); XV Международной бизнес-конференции «Кондитерские изделия XXI века. Состояние. Вызовы. Перспективы» (МПА, г. Москва, 2023 г.); V Международной научно-практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения» (ФГАНУ «НИИХП», г. Москва, 2023 г.) с получением диплома III степени; 3-й Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение технологического развития и повышения конкурентоспособности в пищевой и перерабатывающей

промышленности» (Кубанский филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Краснодар, 2023 г.); IV Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в пищевых технологиях: наука и практика» (ВНИИЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, 2024 г.). Результаты работы апробированы в условиях цеха мучного производства ООО «КДВ Минусинск», г. Минусинск.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 печатных работ, в том числе: 10 статей, входящих в список ВАК (5 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в RSCI, 5 – в международных изданиях, входящих в наукометрические базы Scopus) и 2 статьи в сборниках материалов международных конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, обзора литературы, семи глав экспериментальной части, заключения по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 200 страницах, содержит 18 таблиц и 87 рисунков. Список использованной литературы включает 340 источников.

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 Анализ структуры питания населения РФ, в том числе детей дошкольного и школьного возраста

Представление о здоровом питании с течением времени претерпевает закономерные изменения, отражая более глубокое понимание роли, которую различные продукты играют в формировании здоровья людей. Алиментарно-зависимые факторы риска, связанные с изменением структуры питания и несбалансированным рационом, дисбаланс основных жизненно важных питательных веществ и нарушение принципов здорового питания являются одними из основных причин возникновения хронических алиментарно-зависимых заболеваний неинфекционного характера: диабета, ожирения и избыточного веса, сердечно-сосудистых, респираторных заболеваний, некоторых видов рака [11-14].

Структура и состав потребляемых пищевых продуктов существенно изменились за последние несколько десятилетий. Произошло формирование специфической модели питания, характеризующейся преобладанием в рационе калорийной пищи с высоким содержанием насыщенных жиров, трансизомеров жирных кислот, добавленного сахара, поваренной соли; увеличением размеров порций в сочетании с недостаточным потреблением фруктов, овощей, цельного зерна, продуктов с высоким содержанием пищевых волокон, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минералов. Данному типу питания свойственно избыточное потребление кондитерских и сладких хлебобулочных изделий, высокожирных молочных продуктов, красного мяса промышленной переработки, газированных и алкогольных напитков [15-17].

Результаты исследований, проводимых ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», выявили следующие основные нарушения пищевого статуса различных групп детского и взрослого населения РФ [18] (рисунок 1.1.1).

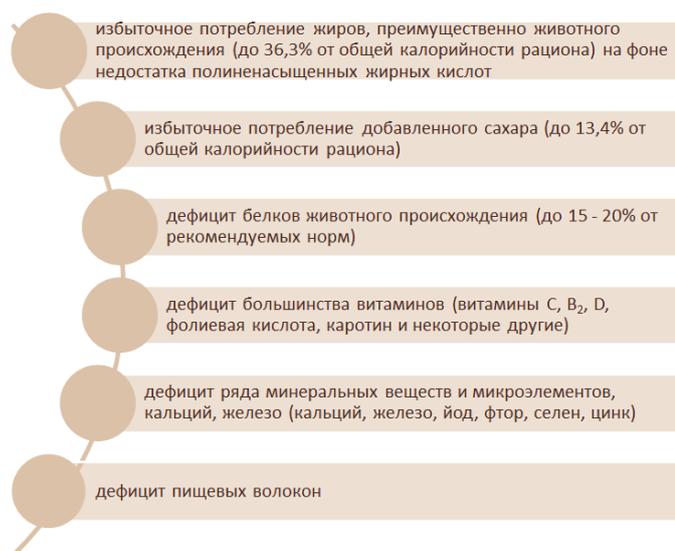


Рисунок 1.1.1 - Основные нарушения пищевого статуса различных групп населения Российской Федерации

Решение задач по борьбе с нездоровым и некачественным питанием на государственном уровне является одной из недорогих стратегий, направленных на снижение факторов риска возникновения неинфекционных заболеваний и создание благоприятной для здоровья среды. В качестве практических шагов для улучшения структуры питания Всемирная организация здравоохранения предлагает комплекс действенных и доступных мер с доказанной экономической эффективностью (рисунок 1.1.2) [6].

В мире проводится большое количество исследований, подтверждающих, что употребление определенных продуктов и питательных веществ оказывает положительное влияние на здоровье, продолжительность жизни и способствует профилактике возникновения и развития ряда неинфекционных заболеваний. В области доказательности рациона здорового питания основное внимание сосредоточено на изучении продуктов, участвующих в формировании ежедневного рациона. Они рассматриваются как основные источники питательных веществ, необходимых организму человека для полноценного функционирования и развития. Объектами исследований являются частота и уровни потребления основных продуктов питания: овощей, фруктов, зерновых продуктов, бобовых, семян и орехов, молочных продуктов, яиц, мяса, рыбы, масел и др. [12, 19-23].



Рисунок 1.1.2 - Комплекс мер, направленных на улучшение структуры питания в соответствии с рекомендациями ВОЗ

Опираясь на данные доказательной медицины, результаты научных исследований и комплексных метаанализов, многие страны разрабатывают специальные руководства, предназначенные для составления сбалансированных рационов, проведения успешной и эффективной политики в области здравоохранения, а также создания информационных и просветительских программ по вопросам питания, направленных на формирование здорового пищевого поведения, начиная с раннего возраста. Руководства по питанию содержат советы по группам и категориям необходимых для потребления продуктов, режимам и количеству питания с основной целью улучшить состояние здоровья населения и предотвратить возникновение и развитие алиментарно-зависимых заболеваний (рисунок 1.1.3) [24-27].

Страна	Рекомендации по формированию здорового рациона
Россия	<ul style="list-style-type: none"> - ежедневно в рационе должно быть не менее 400 г или 5 порций овощей и фруктов, половину из этого количества должны составлять свежие продукты; - зерновые продукты должны составлять основу рациона: цельнозерновые продукты, нерафинированные крупы, хлеб из цельнозерновой муки; - птица (кура, индейка, утка), яйца, рыба и морепродукты (источники животного белка) 100-150 г в ден; рыба - не реже 2-х раз в неделю, - молочные продукты рекомендуется ежедневно потреблять 1-2 порции. Предпочтительна молочная продукция с низким содержанием жира - потребление красного мяса (говядина, свинина, баранина) из-за высокого содержания насыщенных жиров следует ограничивать до 2-3 раз в неделю; - ограниченное потребление соли — не более 5 г/сут. - ограниченное потребление добавленного сахара - ограниченное потребление жиров. Растительные масла (подсолнечное, оливковое и др.) полезнее животных жиров, именно они предпочтительны в приготовлении пищи. - потребление достаточного количества жидкости (воды) является важным для здоровья.
Великобритания	<ul style="list-style-type: none"> - 5 порций разнообразных фруктов и овощей ежедневно; - в качестве источника углеводов предпочтение в пользу цельнозерновых продуктов; - молочные продукты с низким содержанием жира и сахара; - фасоль, бобовые, рыба, яйца, мясо и другие белки (включая 2 порции рыбы каждую неделю, одна из которых должна быть жирной); - 6-8 стаканов жидкости в день; - исключить продукты и напитки с высоким содержанием добавленного сахара, жира и соли.
Нидерланды	<ul style="list-style-type: none"> - цельнозерновые продукты, такие как цельнозерновой хлеб, цельнозерновые макароны и коричневый рис. - сокращение употребления мяса в пользу продуктов на растительной основе, рыбы, бобовых, орехов и вегетарианских продуктов. - молочные продукты (молоко, йогурт и сыр). - горсть несоленых орехов ежедневно; - достаточное количество воды; - ограничение потребления продуктов переработки мяса; - минимальное употребление сахаросодержащих напитков; - потребление соли не более 6 граммов в день.
Германия	<ul style="list-style-type: none"> - большое количество злаков, желательна цельнозерновых, и картофеля; - овощи и фрукты пять раз в день; - молоко и кисломолочные продукты каждый день; - рыба 1-2 раза в неделю; и мясо, колбасы и яйца в умеренных количествах; - небольшое количество жирной пищи; - сахар и соль изредка и в умеренных количествах; - не менее 1,5 литров жидкости каждый день.
Израиль	<ul style="list-style-type: none"> - продукты в рационе должны быть разнообразными; - в ежедневный рацион должны входить все пять основных групп продуктов: молоко, мясо, фрукты и овощи, зерновые продукты, полезные масла; - каждый прием пищи должен содержать минимум три группы продуктов из пяти; - продукты, содержащие пищевые волокна, такие как цельные злаки, бобовые, фрукты и овощи; - много воды в течение дня, в том числе во время еды; - нежирные молочные продукты и постное мясо; - меньше масла при приготовлении пищи; - ограничить потребление продуктов с высоким содержанием насыщенных жиров и трансжиров, таких как пирожные, печенье и т.п.

Рисунок 1.1.3 - Рекомендации по формированию здорового рациона питания некоторых стран

Основной целевой аудиторией для рекомендаций по питанию является здоровое население старше двух лет. Наряду с перечнем продуктов, в рекомендации могут быть включены требования к образу жизни, регулярной физической активности и предупреждения, связанные с употреблением алкоголя. Наиболее распространенные примеры руководств по питанию имеют форму пищевой пирамиды или тарелки с едой. Многие страны разрабатывают руководства по питанию, основанные на культурных особенностях проживающего в ней населения, с учетом доступности и популярности региональных продуктов, однако основные принципы формирования полезных рационов во всех странах одинаковы (рисунок 1.1.4) [28].



Рисунок 1.1.4 Обобщенные рекомендации разных стран по формированию полезного рациона питания

В соответствии с требованиями Федерального закона ФЗ-29 от 02.01.2000 г. (с изменениями) «О качестве и безопасности пищевых продуктов» здоровое питание должно отвечать требованиям безопасности, создавать условия для гармоничного развития человека и обеспечивать ряд основных принципов [29]:

- сопоставимость энергетической ценности и химического состава ежедневного рациона с физиологическими потребностями человека в основных пищевых веществах и энергии без излишнего потребления. В таком рационе обеспечивается необходимое количество пищи и оптимальное соотношение белков, жиров, углеводов и других питательных веществ, соответствующее потребностям организма.

- важно включать в ежедневный рацион пищевые продукты с пониженным содержанием критически важных веществ, таких как добавленный сахар, насыщенные жиры (включая трансизомеры жирных кислот) и поваренная соль. Также целесообразно включать в рацион продукты, богатые витаминами, пищевыми волокнами и биологически активными веществами. Это позволяет обеспечить сбалансированное питание и внести вклад в поддержание здоровья и профилактику различных заболеваний.

- применение технологических приемов обработки продуктов, обеспечивающих максимальное сохранение нативных полезных веществ сырья.

В РФ для оценки эффективности мер реализации государственной политики, направленных на улучшение структуры потребления пищевых продуктов, Федеральной службой государственной статистики систематически проводятся наблюдения за рационом питания населения. По результатам проводимых исследований формируется комплекс мер, направленных на улучшение структуры питания, коррекцию пищевого поведения различных возрастных групп, способствующих ведению здорового образа жизни и предотвращения негативного влияния неполноценного питания на показатели заболеваемости и смертности [30].

Для обеспечения организма необходимым количеством основных питательных веществ они должны поступать с пищей в оптимальных количествах и соотношениях. В сбалансированном рационе питания на долю белка должно приходиться 10-15% от суточной калорийности рациона, на долю жиров - 30%, на долю углеводов - 55-60%. В соответствии с Техническим Регламентом ТС 022/2011 п. 15 ст. 4.9. в понятие «углеводы» входят моно-, дисахариды, полисахариды (за исключением пищевых волокон), участвующие в обмене веществ в организме человека, а также, подсластители-сахароспирты. В результате недавних исследований установлено, что при фактической калорийности рациона за счет макронутриентов свыше 2200 ккал у женщин и детей 3-13 лет и свыше 3000 ккал у мужчин большая доля калорий приходится на углеводы. Однако их уровень потребления у взрослых в среднем на 20% ниже физиологической потребности. При этом доля жира в общей калорийности рациона превышает рекомендуемый уровень у всех категорий населения (рисунок 1.1.5) [30].

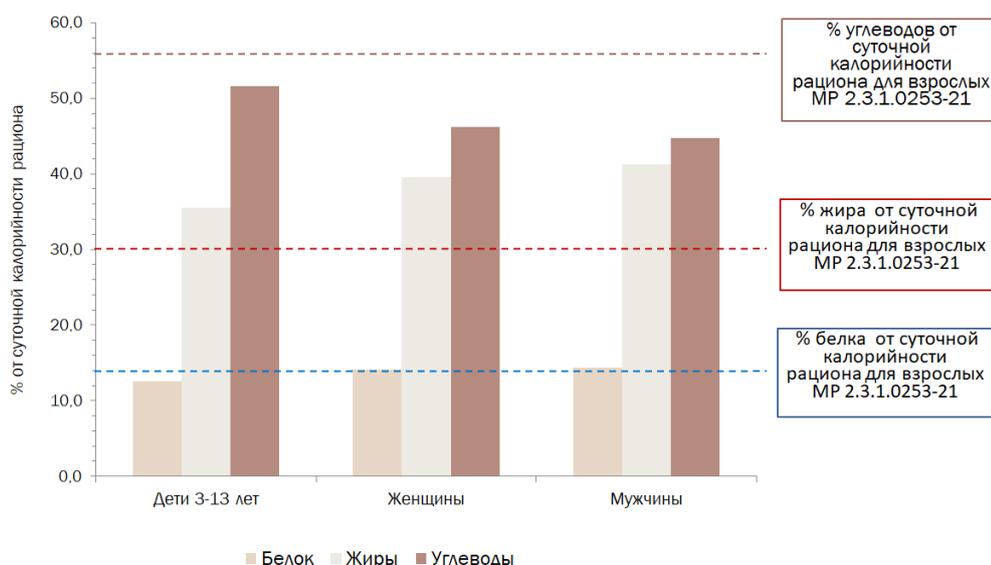


Рисунок 1.1.5 - Структура энергетической ценности рациона питания в РФ

Среди трудоспособного населения РФ более 30% имеют одно или нескольких заболеваний, или состояний, связанных с рационом питания. При этом большая часть из них приходится на возрастную категорию 25-64 лет (рисунок 1.1.6) [30].

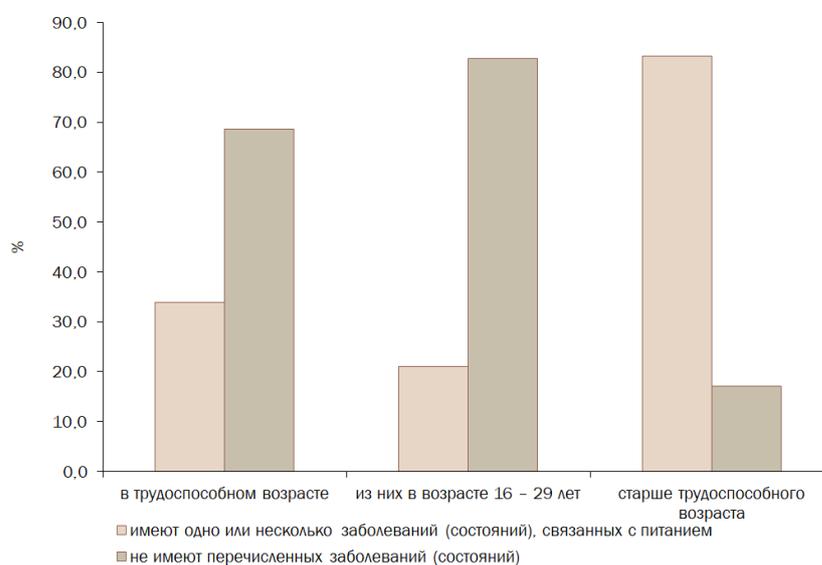


Рисунок 1.1.6 - Распределение населения по наличию заболеваний (состояний), связанных с питанием по категориям трудоспособности

Более 80% людей старше трудоспособного возраста в России страдают от заболеваний, вызванных неполноценным и несбалансированным рационом питания. Данный факт убедительно доказывает, что в РФ питание является серьезным фактором риска, способствующим не только увеличению вероятности

возникновения и развития определенных заболеваний, но и их существенному прогрессированию с возрастом (рисунок 1.1.7) [30].

Одним из наиболее масштабных и распространенных неинфекционных заболеваний, связанных с питанием, является ожирение. По статистике в мире с избыточным весом и ожирением связаны 44 процента случаев диабета, 23 процента случаев ишемической болезни сердца и от 7 до 41 процента некоторых видов рака. Распространенность избыточной массы тела среди детей в возрасте до 5 лет за последние несколько лет выросла с 5,1 до 6,2 процента. Если эта тенденция сохранится, то к 2025 году их количество достигнет 70 миллионов [31-34].

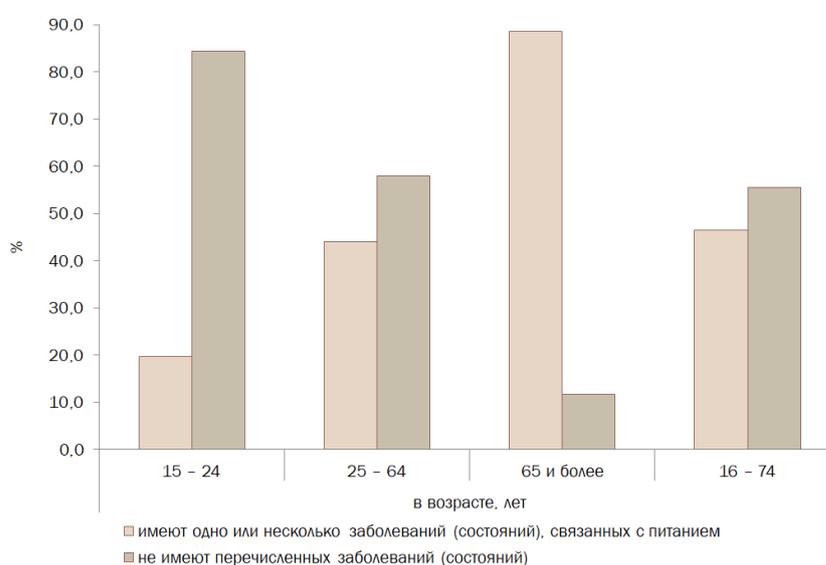


Рисунок 1.1.7 - Распределение населения по наличию заболеваний (состояний), связанных с питанием по возрастным категориям

В РФ порядка 45% детей в возрасте от 3 до 13 лет имеют избыточную массу тела или ожирение, в том числе выраженное. В подростковый период этот показатель несколько снижается. При этом наблюдается разница в процентном отношении между девушками и юношами 14-18 лет: количество людей с избыточной массой тела и ожирением среди девушек составляет порядка 13%, среди юношей – порядка 22%. Увеличение массы тела имеет тенденцию к существенному росту во взрослом возрасте (рисунок 1.1.8) [30].

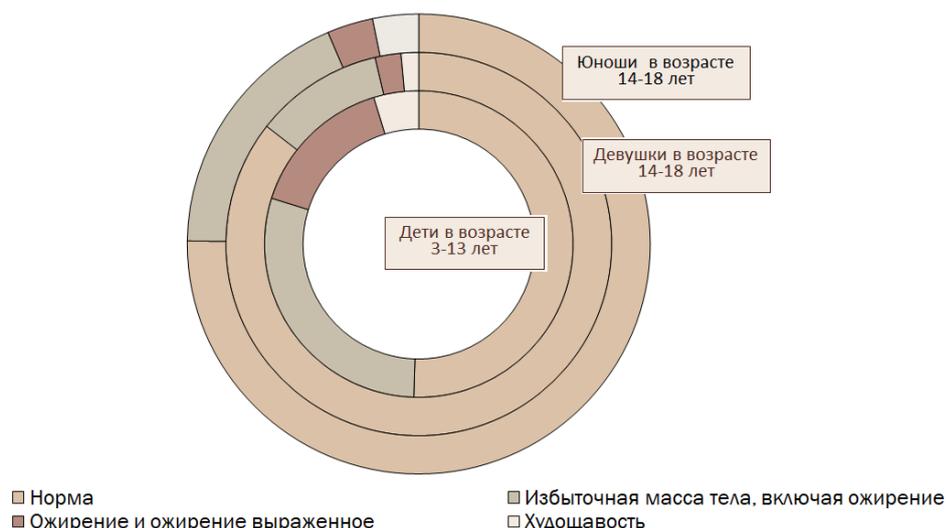


Рисунок 1.1.8 - Распределение детского населения РФ по антропометрическим характеристикам, %

В РФ около 30% взрослых россиян страдают ожирением и около 64 % имеют избыточную массу тела. Среди мужского населения порядка 65% имеют подобную проблему, среди женского – порядка 60% (рисунок 1.1.9). Мужчины с возрастом быстрее набирают лишний вес, чем женщины [30].

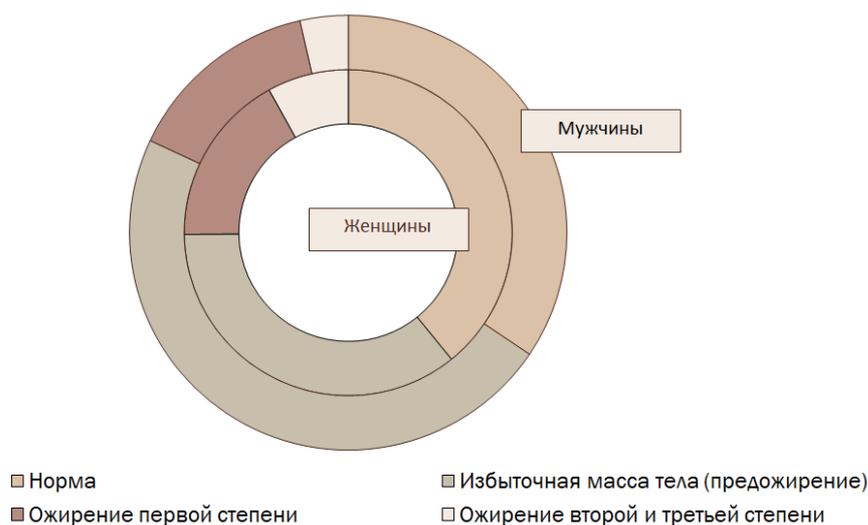


Рисунок 1.1.9 - Распределение взрослого населения РФ по антропометрическим характеристикам, %

Изучение структуры питания детей и подростков в РФ позволило установить существенный дисбаланс в потреблении основных нутриентов. У 90% обследованных детей наблюдалось превышение рекомендуемых норм потребления жиров в рационе, 50% детей 3-7 лет потребляют избыточное

количество соли на фоне низкой обеспеченности кальцием, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами Д, А, фолиевой кислотой, йодом [35].

В соответствии с рекомендациями ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» основными принципами здорового питания детского населения, обеспечивающими эффективное влияния алиментарного фактора в укреплении здоровья детей, являются:

- поддержание энергетического баланса (соответствия калорийности рациона фактическим энергозатратам);
- адекватность рациона по основным значимым пищевым факторам (количеству и аминокислотному составу белка, количеству и жирнокислотному составу жира, витаминам, минеральным веществам, пищевым волокнам);
- сбалансированность рациона питания посредством его максимального разнообразия;
- соблюдение оптимального режима питания;
- обеспечение максимальной сохранности нативных пищевых веществ сырья при технологической обработке продуктов питания;
- формирование рациона ребенка на основе индивидуальных показаний и требований к составу питания (при наличии непереносимости определенных видов продуктов и т.д.);
- контроль показателей безопасности продуктов питания на всем протяжении логистической цепи.

На фоне сложившейся неблагоприятной ситуации с характером и структурой питания в РФ и связанным с ней развитием алиментарно-зависимых заболеваний остро стоит проблема по поиску путей оптимизации рационов всех категорий населения. Приоритетным становится развитие научных исследований, направленных на развитие технологий и расширение рынка изделий с модифицированным пищевым профилем, в том числе специализированной продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста, обогащенной важнейшими нутриентами (пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами и т.п.), в соответствии с принципами здорового питания [12, 36-40].

1.2 Принципы создания кондитерских изделий мучной группы для питания детей старше трех лет

1.2.1 Роль мучных кондитерских изделий группы печенья в составе дискреционных продуктов питания

В современном обществе перекусы составляют около одной трети ежедневного потребления энергии, при этом, как правило, они состоят из дискреционных продуктов питания. К данной категории относятся спонтанно приобретаемые потребителями продукты, которые не являются неотъемлемой частью полноценного рациона и не служат для удовлетворения среднесуточной потребности в пищевых веществах. В большинстве своем группу дискреционных продуктов составляют изделия с повышенной энергетической ценностью и несбалансированным нутриентным составом (высоким содержанием добавленного сахара, насыщенных жиров, соли): мучные кондитерские изделия, в частности, разные виды печенья. Исследования показывают, что наиболее распространенными продуктами для перекуса являются печенье, чипсы, мороженое, конфеты, попкорн, крекеры, пирожные, молоко и реже фрукты, орехи, семена и йогурт. Существует взаимосвязь между перекусами и избыточным весом или ожирением, а также с качеством рационов питания в целом. Полезные перекусы могут быть регулярной и важной частью здорового питания. Отличие этих двух путей развития ситуации зависит от поведения человека: что он выбирает для перекуса, какова частота перекусов и как продукты для перекуса вписываются в основной рацион питания [41-44].

Существуют различные побудительные причины для перекуса, в частности фактический голод, социальная/пищевая культура, отсутствие продовольственной безопасности и т.д. Кроме того, важным мотивационным фактором выступает так называемое «рассеянное или отвлеченное питание», при котором потребление пищи происходит во время выполнения какой-либо деятельности, в связи с чем

значимость употребленной пищи или воспоминание о ней уменьшаются или полностью утрачиваются [45].

Некоторые исследования показали, что перекусы, не вызванные голодом, связаны с более высоким общим потреблением калорий. Было обнаружено, что люди, питающиеся эмоционально, и те, кто находится в состоянии психологического стресса, едят более калорийные снековые закуски, преимущественно с высоким содержанием сахара и жиров. Во время пандемии COVID-19 частота употребления дискреционных пищевых продуктов среди людей в возрасте до 35 лет и родителей с детьми до 18 лет значительно увеличилась [46, 47].

Потребление высококалорийных дискреционных продуктов способствует возникновению дисбаланса между потреблением и расходом энергии и приводит к ряду заболеваний, первые признаки которых могут проявляться уже в детском возрасте, включая резистентность к инсулину, увеличенный уровень холестерина в крови и повышенное артериальное давление. У детей чрезмерное потребление дискреционных продуктов приводит к несбалансированности в структуре питания, вытеснению из рациона представителей пяти основных пищевых групп (овощей, фруктов, злаков, молочных продуктов, мяса) и способствует увеличению веса и развитию хронических заболеваний [46, 47].

Результаты исследований, изучавших связь между перекусами и статусом веса среди подростков 12–19 лет в США, показывают, что дети данной возрастной категории получают около 20% суточной энергии от перекусов, при этом соленая и сладкая пища составляет основную их часть. Рацион школьников с лишним весом и ожирением состоит из большего количества высококалорийных дневных перекусов [48-50]. Ученые установили, что показатели увеличения массы тела у мужчин и женщин с избыточным весом или ожирением находятся в прямой зависимости от частоты дискреционных перекусов [51].

Проведенные исследования установили, что основным населением, потребляющим дискреционные пищевые продукты, являются люди в возрасте от 13 до 18 лет (64%), от 19 до 24 лет (58%) и дети от 4 до 12 лет (55%). Самый

высокий процент населения, потребляющего сладкое печенье, составляли дети в возрасте от 2 до 4 лет (44%), пожилые люди в возрасте 75 лет и старше (42%), дети от 5 до 12 лет (41%) и люди от 65 до 74 лет (37%). Среди основных потребителей соленых закусок, кондитерских изделий, батончиков мюсли и замороженных молочных продуктов выделялись люди в возрасте 18 лет и младше. Основными потребителями тортов и пирожных являлись дети в возрасте от 5 до 13 лет (28%) [52].

Обзор и обобщение рекомендаций ведущих стран мира позволил ученым выявить группы продуктов, рекомендованных для формирования перекусов, в числе которых присутствует печенье с использованием цельнозернового сырья. (рисунок 1.2.1.1. 2) [53].

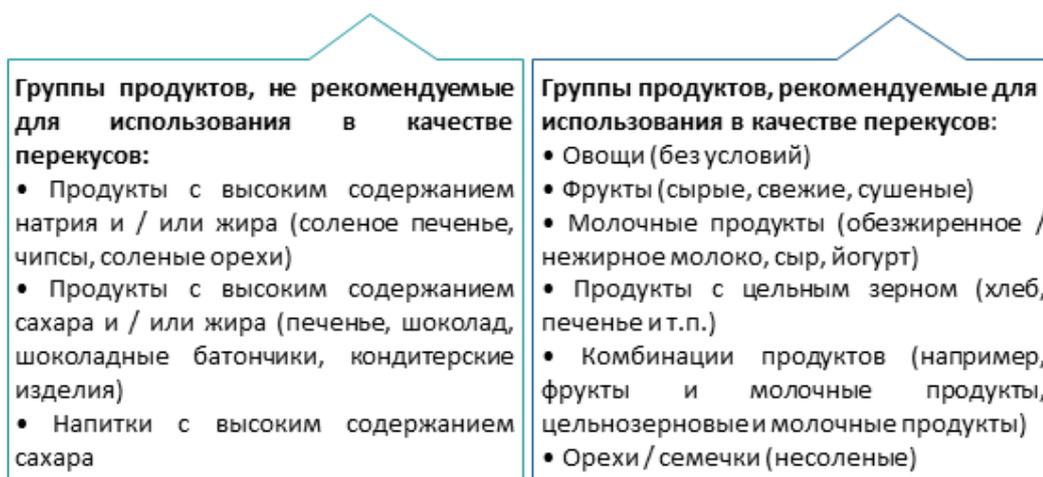


Рисунок 1.2.1.1 - Мировые рекомендации по выбору продуктов для формирования перекусов

Изучение взаимосвязи между чувством сытости и видом продуктов для перекусов показало, что продукты с высоким содержанием белка, клетчатки и цельного зерна усиливают чувство сытости при их употреблении в качестве закуски и могут привести к снижению потребления калорий при последующем приеме пищи [54-56].

Американская кардиологическая ассоциация (АНА), Британская ассоциация диетологов (BDA) пришли к выводу, что ключом к определению полезного или вредного влияния перекусов является вид и количество пищевых продуктов, которым отдается предпочтение. При тщательном выборе и

планировании перекусы могут стать здоровой частью рациона. ВДА рекомендует выбирать для перекусов продукты, содержащие не более 3 г общего жира, 5 г добавленного сахара и не более 0,3 г соли в 100 г продукта. Однако время от времени допустимо употреблять продукты с более высоким содержанием: жирностью до 17,5 г на 100 г, содержанием сахара до 22,5 г на 100 г и содержанием соли до 1,5 г на 100 г. Ограничения в употреблении данных веществ связаны с их негативным влиянием на здоровье. Важно соблюдать баланс и осознанно выбирать продукты для поддержания здорового рациона [57].

Реформулирование или направленное изменение рецептуры существующих пищевых продуктов в настоящее время является мировым трендом и одной из базовых стратегий повышения качества пищевой продукции, поскольку играет важную роль в формировании благоприятной пищевой среды, снижении уровня алиментарно-зависимых заболеваний и, как следствие, сокращении расходов на общественное здравоохранение [58, 59]. Во многих странах мира реформулирование становится приоритетным направлением государственного регулирования рынка продовольственных товаров [60, 61]. Реформулирование пищевых продуктов можно определить как совокупность действий, направленную на изменение рецептуры существующих продуктов, предназначенных для ежедневного потребления, с целью повышения их нутриентной адекватности и формирования сбалансированных по составу пищевых рационов. В первую очередь, реформулирование направлено на снижение в продуктах критически значимых веществ: добавленного сахара, жира (в том числе насыщенного и содержания трансизомеров жирных кислот) и соли [62, 63].

Изменение количества и соотношения отдельных компонентов в традиционных пищевых продуктах для перекуса, в частности, мучных кондитерских изделиях, является перспективным направлением совершенствования их пищевого профиля, поскольку требует минимальных финансовых затрат и изменений в пищевом поведении [64].

1.2.2 Анализ современного состояния рынка кондитерских изделий для детей

В современном мире самыми доступными и широко продаваемыми продуктами питания являются энергетически насыщенные продукты с низким содержанием питательных веществ, полученные из сырья глубокой переработки, содержащие большое количество сахара, жира и соли [65-67].

Результаты исследований показывают, что из всех продуктов питания, ориентированных на детскую аудиторию, от 13 до 87%, в зависимости от категории продукта, являются не полезными с точки зрения здорового и правильного детского питания (рисунок 1.2.2.1) [68-70].

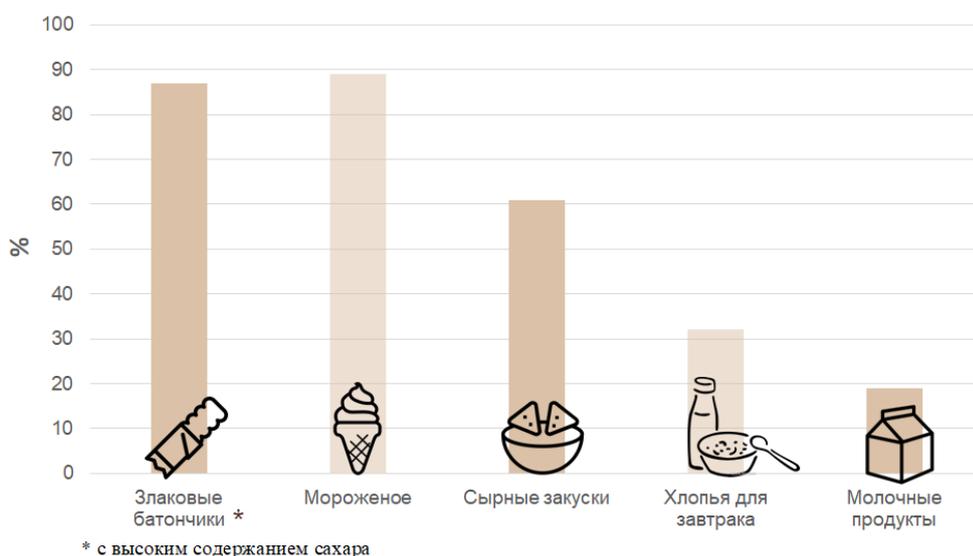


Рисунок 1.2.2.1 - Процент «нездоровых» изделий, среди пищевой продукции, ориентированной на детскую аудиторию

В условиях современного общества дети становятся наиболее уязвимой и незащищенной группой населения. В странах, таких как Россия, страны Евросоюза, США и другие, огромные суммы денег вкладываются в маркетинг продуктов питания и напитков, которые оказывают разрушительное влияние на здоровье детей и подростков. Результаты исследований подтверждают, что дети, которые имеют нездоровые рационы, предрасположены к развитию хронических заболеваний во взрослом возрасте [71-73].

Президентом Российской Федерации в 2017 г. подписан указ, утверждающий проект «Десятилетия детства» на период 2018–2027 годы. В этой

связи важной составляющей развития детей всех возрастных категорий становится правильное, здоровое питание, которое должно обеспечиваться путем потребления безопасных, полноценных пищевых продуктов [74]. По оценке Росстата в 2020 году доля детей и подростков в возрасте до 18 лет, постоянно проживающих в России, достигла 22,4% от общей численности населения страны. Это самая высокая доля детей в общей структуре населения страны за последние 10 лет - в 2010 году дети и подростки составляли 21,4% населения [75]. Период детства является временем интенсивного роста и развития организма, а также ключевым этапом формирования пищевого поведения, которое может оказывать влияние на здоровье и качество жизни во взрослом возрасте [76-78]. Множество исследований, проводимых в различных странах, направлены на изучение характера и структуры питания детей и подростков. Основными проблемами, связанными со здоровьем детей дошкольного и школьного возраста в России, являются ожирение, кариес, неполноценное или несбалансированное питание по содержанию макро- и микронутриентов, недостаток физической активности и неправильные пищевые привычки [79-81].

В нашей стране, как и в других странах, также выявлены проблемы, связанные с избытком потребления продуктов с высокой энергетической ценностью. У детей старших возрастов (11-19 лет) обращают на себя внимание высокие величины потребления общего жира - 34-35% от общей калорийности рациона. При этом среднее содержание насыщенных жирных кислот в этих группах составляет 14% от энергии рациона при рекомендуемом менее 10%. Анализируя проблему качественного питания в детском возрасте, следует учитывать тот факт, что приоритеты в питании родителей существенным образом влияют на формирование пищевого поведения их детей, в основе которого лежат наблюдения за пищевыми привычками взрослых. Анализ результатов исследований в отношении структуры питания дошкольников и школьников поставил вопрос о необходимости проведения разъяснительной работы по вопросам питания среди детей и их родителей. Наряду с этим, своевременным и

актуальным является вопрос создания различных групп доступных специализированных продуктов для детского питания [35, 82-85].

Детское ожирение представляет собой серьезную и актуальную проблему общественного здравоохранения, которая может привести к возникновению сопутствующих заболеваний уже в раннем возрасте [86, 87]. Результаты исследований показывают, что дети с избыточным весом имеют более высококалорийный рацион питания. По сравнению с высокой распространенностью общего подросткового ожирения и избыточной массы тела в США (совокупная распространенность 25,4%) и низкими показателями в Китае (совокупная распространенность 7,0%), в России средняя распространенность составляет 16% и эти тенденции усиливаются. В настоящее время детское ожирение достигло эпидемического уровня и требует серьезного внимания со стороны государства. При этом важно отметить, что во многих случаях детское ожирение может быть предотвратимым состоянием при условии наличия в рационах детей специализированных пищевых продуктов [88-94].

Хотя кондитерские изделия не являются продуктами первой необходимости, они занимают значительное место в рационе современного человека, особенно детей и подростков. Конфеты, пирожные, печенье, шоколад на протяжении всей истории ассоциируются с праздником и хорошим настроением. Ограничение доступа детей к этим продуктам имеет негативные последствия, так как оно может вызвать увеличение потребления этих продуктов в подростковом и взрослом возрасте и привести к последующему перееданию [95, 96]. Консультативный комитет по диетическим рекомендациям США пришел к выводу, что умеренное потребление темного шоколада или какао может оказывать положительный эффект на состояние здоровья [97-99].

Сбалансированное и разнообразное питание, особенно в первые годы жизни, оказывает существенное влияние на пищевое поведение ребенка, которое может сохраняться и во взрослом возрасте. Мучные кондитерские изделия группы печенья являются популярными видами «снэковой» продукции, используемой в перекусах детей разных возрастных категорий [100-102]. Они также часто

становятся частью маркетинговых компаний, ориентированных на детскую аудиторию [103-104].

При этом, согласно системе классификации NOVA, широко используемой в мировой практике для классификации пищевых продуктов по степени их переработки, печенье относится к категории неполезных ультраобработанных продуктов из-за содержания в составе значительного количества сахара, жира и пищевых добавок [105]. Некоторые страны выступают с инициативой к производителям изменять рецептурный состав печенья для детей и ограничивать маркетинговые компании по их продвижению на рынке [106].

В четырех европейских странах (Германии, Нидерландах, Испании и Великобритании) были проведены исследования по сравнению пищевого профиля и уровня использования натуральных сырьевых компонентов в печенье для разных возрастных групп (детей до трех лет, детей старше трех лет и взрослых). Наряду с этим были проанализированы основные источники сахара в изделии, количество пищевых добавок и ряд других факторов. Результаты исследований показали, что печенье для детей до трех лет обладало лучшим профилем питательных веществ по сравнению с остальными группами, а также имело высокое содержание натурального сырья, соответствовало критериям ВОЗ по принадлежности к группе, содержанию жира и соли. Однако некоторые изделия имели высокую энергетическую плотность и уровень сахара. Печенье для детей старше трех лет имело высокий уровень добавленной соли, превышающий даже ее содержание в печенье для взрослых. Оно также отличалось низким содержанием натурального сырья и высоким содержанием пищевых добавок [107]. Для защиты детей от нездоровой пищевой среды и возможности развивать привычки здорового питания в отношении печенья необходим переход к более сбалансированному и натуральному составу. Необходимо развивать рынок специализированных продуктов для питания детей, а также вводить меры по стимулированию производителей печенья к изменению его пищевого профиля [108].

Мировой опыт показывает, что альтернативными продуктами для перекуса дошкольников и школьников в ближайшей перспективе должны стать: печенье с высоким содержанием клетчатки, низким содержанием жира и сахара; цельнозерновые злаковые батончики; обезжиренные снеки с низким содержанием соли, без консервантов, с натуральными ароматизаторами и красителями; несоленые орехи и семена; сухофрукты без дополнительного сахара. Основные направления совершенствования пищевых продуктов для детей представлены на рисунке (1.2.2.2) [108-110].



Рисунок 1.2.2.2 - Основные направления совершенствования пищевых продуктов для питания дошкольников и школьников

Некоторое время назад ВОЗ и Служба общественного здравоохранения Англии (Public Health England) разработали рекомендации по формированию нутриентного профиля пищевых продуктов для детей до трех лет [111, 112]. Их позиция в отношении профиля питательных веществ (Nutrient profile model или сокращенно NPM) заключается в запрете добавления сахара и подсластителей в продукты для данной категории населения, а также сокращении количества в них жира и соли. По мнению этих организаций, сладкие «снэковые» продукты, такие как печенье, не должны использоваться в рекламных кампаниях, направленных на детскую аудиторию. В странах Евросоюза в соответствии с принятыми обязательствами (European Union Pledge) промышленные компании на добровольной основе отказываются использовать в рекламе для детей в возрасте до 13 лет пищевые продукты и напитки, если они не соответствуют определенным установленным критериям [113].

Согласно требованиям Технического регламента 021/2011, принадлежность кондитерских изделий к категории специализированных продуктов для питания детей старше трех лет подтверждается получением свидетельства о государственной регистрации [114]. Этот процесс осуществляется на этапе подготовки продукции к производству и предоставляет право на ее производство и реализацию на рынке стран Евразийского Экономического Союза.

В данной работе был произведен анализ ассортимента специализированных кондитерских изделий, предназначенных для детей старше трех лет, которые производятся и/или находятся в продаже на территории Российской Федерации. Для анализа была использована информация, представленная в Едином реестре свидетельств о государственной регистрации (ЕРСГР) Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) [115] (рисунок 1.2.2.3).

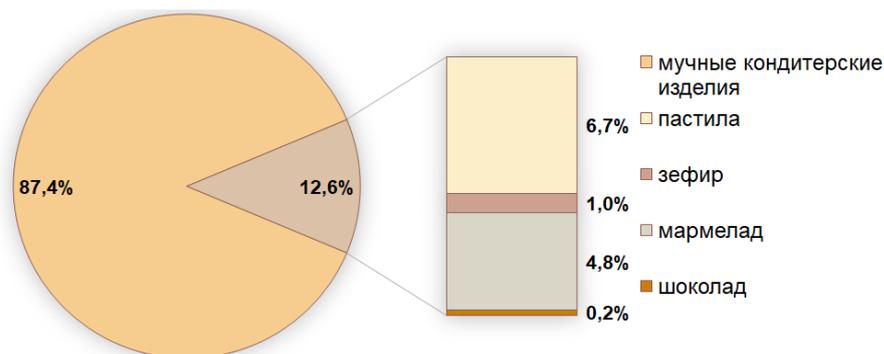


Рисунок 1.2.2.3 - Ассортимент кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста

Ассортимент специализированной продукции для питания детей старше трех лет представлен сахаристыми и мучными кондитерскими изделиями. Большую долю в этой категории занимают изделия мучной группы. Сахаристая группа представлена пастильными изделиями, мармеладом и незначительной долей шоколада. В ассортимент мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста входят следующие основные группы изделий: печенье, вафли, пряники, кексы, бисквитные пирожные (рисунок 1.2.2.4).

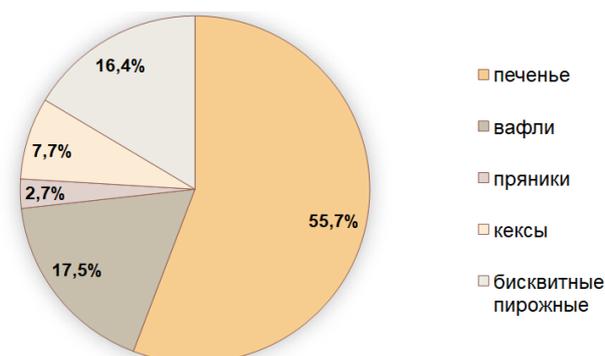


Рисунок 1.2.2.4 - Ассортимент мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста

Основной объем рынка специализированной продукции мучной группы для питания детей старше трех лет занимает категория печенья. В ассортимент специализированного печенья для детей старше трех лет входит в том числе, печенье глазированное (темной, молочной глазурью) и печенье с начинкой (шоколадной, ореховой, фруктово-ягодной, молочно-жировой), однако основной объем изделий выпускается без использования отделочных полуфабрикатов (рисунок 1.2.2.5).

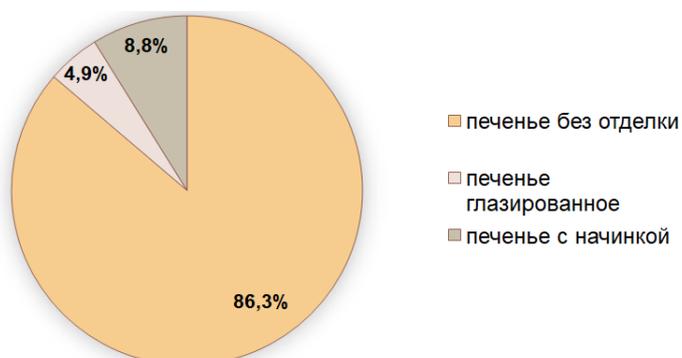


Рисунок 1.2.2.5 - Ассортимент печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста, в том числе глазированного и с начинкой

Небольшую долю среди печенья занимает печенье, обогащенное витаминами и минеральными веществами (рисунок 1.2.2.6).

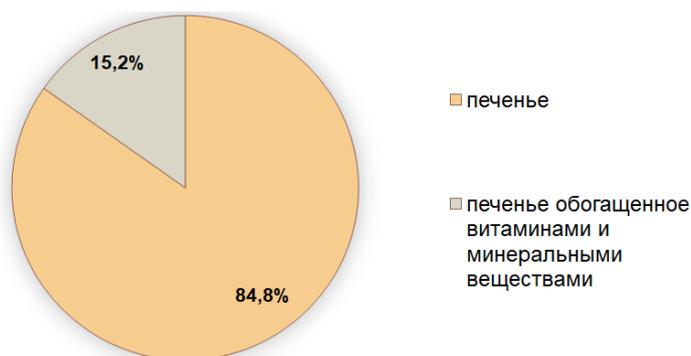


Рисунок 1.2.2.6 - Доля печенья, обогащенного витаминами и минеральными веществами, в общем объеме печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста

Для обогащения используют витаминно-минеральные комплексы или минорные вещества. В качестве обогащающих элементов используют В₁, В₂, В₆, РР, фолиевую кислоту, железо, кальций, йод др. На основании проведенного анализа СГР установлено, что ассортимент специализированного печенья для питания детей старше трех лет, обогащенного пищевыми волокнами, на рынке отсутствует. В ингредиентный состав некоторых видов печенья входит цельнозерновое сырье, однако его количество не позволяет относить изделия к категории обогащённых пищевыми волокнами на основании требований Технического Регламента 022/2011 [116]. Анализ данных, представленных в ЕРСГР, также свидетельствует, что основная часть мучных кондитерских изделий группы печенья представлена печеньем сахарным (рисунок 1.2.2.7).

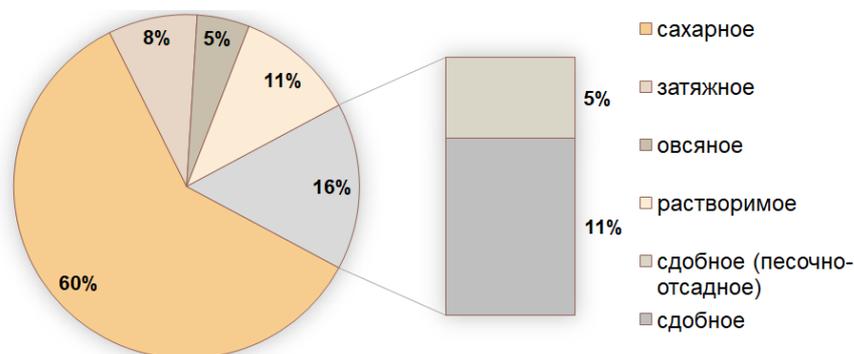


Рисунок 1.2.2.7 - Ассортимент печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста по группам

В соответствии с определением, сахарное печенье – это печенье плоской формы, хрупкой, рассыпчатой структуры с массовой долей общего сахара не

более 27%, массовой долей жира от 2% до 30%, массовой долей влаги не более 10% [117].

За счет высокого содержания углеводов, белков и жиров сахарное печенье обладает привлекательными сенсорными характеристиками. Широкий ассортимент с разнообразной гаммой вкусов объясняют его популярность среди всех групп населения. Примеры мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста, имеющие Свидетельство о государственной регистрации, представлены в Таблице 1.2.2.1.

Таблица 1.2.2.1 - Примеры мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста

ИП Кузякова Н.А. Пензенская область		ООО "Мон'дэлис Русь", 601123, Владимирская область	
			
Печенье «Детское со сгущенкой»	Печенье «Ванюшкины сласти»	Печенье «Медвежонок Барни», витаминизированное с какао	печенье «Медвежонок Барни», витаминизированное с медом.
Акционерное общество "КОНТИ-РУС", г. Курск		"Сарапульский хлебокомбинат", Удмуртская Республика	
			
Печенье обогащенное "TİMİ" ванильное с молоком	Печенье обогащенное "TİMİ" какао с молоком	Печенье овсяное с фруктово-ягодной начинкой "Буквоежка"	Печенье овсяное с вареной сгущенкой "Отличник"
АО БРЯНКОНФИ		Кондитерская фабрика СЛОДЫЧ ОАО, г. Минск	
			
Печенье сахарное «Чудо-буквы»	Печенье сахарное «Школьная шпаргалочка»	Печенье растворимое "Алфавит"	Печенье растворимое «Слодыч Зоо»

"Кондитерская фирма "ТАКФ", г.Тамбов		ОАО Кондитерский комбинат "Кубань"	
			
Вафли с жировой начинкой "Артек плюс" ТЗ "Красный Октябрь"		Вафли "Золотце ты моё!", обогащенные витаминами и минеральными веществами	
ООО Злаки на завтрак, г. Москва		ООО "МАХАРИШИ ПРОДАКТС"	
			
Злаковый батончик МАТТИ клубника	Злаковый батончик МАТТИ шоколад	кексы с джемом из лесных ягод	кексы с абрикосовым джемом

Ежегодно общий объём производства функциональных и специализированных продуктов, в том числе для детского питания в мире возрастает в среднем на 15–20%. В России, несмотря на наличие платёжеспособного спроса, готовых технологических и производственных возможностей увеличения производства функциональных продуктов питания, объём рынка функциональных и специализированных пищевых продуктов значительно отстаёт от мирового уровня. На сегодняшний день на российском рынке ассортимент пищевой продукции, которая соответствует современным медико-биологическим и физиологическим требованиям, включая продукты для детей, является ограниченным [118].

Современные реалии таковы, что на рынке продуктов питания в изобилии присутствуют разные категории изделий, включая кондитерские, которые могут быть оформлены в детской тематике и создавать впечатление, что они предназначены специально для детей. Многие производители кондитерских изделий целенаправленно или по привычке оформляют упаковку изображениями персонажей мультфильмов и сказок, используют придуманные названия, которые ассоциативно воспринимаются как продукция для детского питания (например, названия: «Детский», «Карпузик», «Крепыш», «Школьное» и т.д.). Существующая система стандартизации и регулирования в области производства кондитерских изделий для детского питания не способна гарантировать высокое

качество специализированной продукции. Более того, такая система в некоторых случаях создает основу для различных манипуляций и несоответствий в этой сфере. Учитывая вышеизложенное, приоритетной задачей становится жесткое государственное регулирование производства и оборота специализированной продукции для питания детей.

1.2.3 Анализ законодательного регулирования в сфере производства и реализации кондитерских изделий для детского питания

В соответствии с существующим законодательством продукция для питания детей старше трех лет относится к категории специализированной пищевой продукции, техническое регулирование которой осуществляется в соответствии с требованиями Технических регламентов: 021/2011 и 027/2012 [114, 119]. Объектом технического регулирования Технического Регламента 027/2012 является продукция для диетического лечебного и диетического профилактического питания детей. Технический Регламент 021/2011 регулирует производство и обращение специализированной продукции для питания здоровых детей (рисунок 1.2.3.1).



Рисунок 1.2.3.1 - Виды специализированной пищевой продукции в соответствии с требованиями Технического Регламента Таможенного Союза 021/2011

Правовое регулирование производства, реализации, требований к ингредиентному составу и качественным характеристикам специализированных продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста, осуществляется

на основе применения нормативных документов, включающих технические регламенты Евразийского экономического союза, государственные стандарты Российской Федерации, методические рекомендации, санитарные правила и нормы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (рисунок 1.2.3.2).



Рисунок 1.2.3.2 - Основные нормативные документы, регулирующие производство и реализацию специализированной продукции для питания детей

Основой регулирования технических регламентов являются, в первую очередь, показатели безопасности пищевой продукции. Требования к формированию и обеспечению комплекса показателей качества (органолептических, физико-химических) закреплены в государственных и межотраслевых стандартах на отдельные виды пищевой продукции. В рамках совершенствования нормативной базы в сфере качества отдельных категорий специализированной пищевой продукции был принят ГОСТ Р 57573, который устанавливает основные термины и их определения для отдельных категорий пищевой продукции для детского питания [120]. Основные терминологические понятия для пищевой продукции детского питания представлены в Техническом Регламенте 021/2011 и ГОСТ Р 57573 (рисунок 1.2.3.3).

ГОСТ Р 57573-2017 «Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для детского питания. Термины и определения»	ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»
пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного (с 3 до 6 лет) и школьного (от 6 и старше) возраста: Пищевой продукт, отвечающий соответствующим физиологическим особенностям детского организма и предназначенный для питания детей указанных возрастных групп, не причиняющий вред здоровью ребенка соответствующего возраста; который отличается от аналогичных продуктов массового потребления использованием для его изготовления сырья более высокого качества, пониженным содержанием соли и жира, ограниченным содержанием пищевых добавок, отсутствием жгучих специй и соответствует по показателям безопасности требованиям законодательства.	пищевая продукция для детского питания – специализированная пищевая продукция, предназначенная для детского питания для детей, (для детей раннего возраста от 0 до 3 лет, детей дошкольного возраста от 3 до 6 лет, детей школьного возраста от 6 лет и старше), отвечающая соответствующим физиологическим потребностям детского организма и не причиняющая вред здоровью ребенка соответствующего возраста

Рисунок 1.2.3.3 - Определения специализированной продукции для детского питания в соответствии с ГОСТ Р 57573 и Техническим Регламентом Таможенного Союза 021/2011

Требования к рационам и организации питания детей дошкольного и школьного возраста. Согласно Федеральному закону ФЗ 29, требования к пищевым продуктам для питания детей направлены на обеспечение соответствия их пищевой ценности функциональному состоянию организма детей в зависимости от их возраста [29]. Производство таких продуктов должно соответствовать установленным стандартам и требованиям, применяемым к специализированной пищевой продукции. В соответствии с основными положениями правильного и рационального питания детей в организованных коллективах, изложенными в МР 2.4.5.0107, рационы дошкольников и школьников должны формироваться на основе нескольких групп продуктов, сбалансированное потребление которых обеспечивает поступление в организм ребенка всех необходимых питательных веществ (рисунок 1.2.3.4) [121].

Исключение из рациона каких-либо из указанных групп продуктов или, напротив, избыточное их потребление неизбежно приводит к нарушениям в состоянии здоровья детей. В рационе питания детей кондитерские изделия необходимо регулировать в пределах физиологических потребностей - давать не более 10-25 г ежедневно, в зависимости от возраста [122].



Рисунок 1.2.3.4 - Группы продуктов, необходимые в рационе питания детей дошкольного и школьного возраста в соответствии с требованиями МР 2.4.5.0107

В соответствии с СанПиН 2.3/2.4.3590 и МР 2.4.5.0107 в рекомендуемый ассортимент основных продуктов для использования в питании детей входят следующие группы кондитерских изделий: галеты, печенье, крекеры, вафли, пряники [123, 121]. Мучные кондитерские изделия с кремом (торты и пирожные), карамель (в том числе леденцовая) и жевательная резинка – не рекомендуются для детей.

Требования к составу и безопасности продукции для питания детей. Детский организм, в силу физиологических особенностей в большей степени, чем организм взрослых, чувствителен к наличию в пище вредных химических веществ. Поэтому при разработке изделий детского ассортимента особое место занимает вопрос создания специализированной сырьевой базы, обеспечивающей соблюдение требований, предъявляемых составу изделий и качеству сырья (рисунок 1.2.3.5).

В соответствии с МР 2.4.5.0107 (пункт 3.11) в перечень, критически важных для развития организма ребенка нутриентов входят: витамин С, витамины группы В, макро- и микроэлементы кальция, йода, железа, цинка, пищевые волокна, полиненасыщенные жирные кислоты класса омега-3 [121]. Показатели безопасности кондитерских изделий для детей дошкольного и школьного возраста установлены в Техническом Регламенте 021/2011 и направлены на обеспечение значительно более жестких требований в сравнении с продукцией массового

производства [114]. В соответствии с Методическими рекомендациями МР 2.4.5.0107 (пункт 3.10) продукты, используемые в питании детей, должны быть качественными, безопасными и соответствовать требованиям действующего законодательства [121]. Показатели безопасности кондитерских изделий для детей дошкольного и школьного возраста установлены в Техническом Регламенте 021/2011 и направлены на обеспечение значительно более жестких требований в сравнении с продукцией массового производства [114]. В соответствии с Методическими рекомендациями МР 2.4.5.0107 (пункт 3.10) продукты, используемые в питании детей, должны быть качественными, безопасными и соответствовать требованиям действующего законодательства [121].

<p>В соответствии с ТР ТС 021/2011 в продукции для детского питания запрещено использование:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сырье, содержащее ГМО или полученное с применением пестицидов; - зерно и продукты его переработки, зараженные вредителями и загрязненные посторонними примесями и вредителями; - кофе натуральный; - ядра абрикосовой косточки; - уксус; - этиловый спирт более 0,2%; - гидрогенизированные масла и жиры; - растительные масла с перекисным числом более 2 ммоль O₂/кг (за исключение оливкового масла); - хлопковое масло; - кремы на основе растительных масел; - яйца водоплавающих птиц; - подсластители (за исключением изделий для детей диетического лечебного и диетического профилактического питания); - консерванты (бензойная, сорбиновая кислоты и их соли); - жгучие специи (перец, хрен, горчица). <p>Для придания специфического вкуса и аромата допускается использовать только натуральные пищевые ароматизаторы и ванилин</p>
<p>В соответствии с ТР ТС 022/2011:</p> <p>Для пищевых продуктов, содержащих красители: азорубин Е122, желтый хинолиновый Е104, желтый «солнечный закат» Е110, красный очаровательный Е129, понсо Е124 и тартразин Е102 должна наноситься предупреждающая надпись «Может оказывать отрицательное влияние на активность и внимание детей»</p>
<p>В соответствии с СанПиНом 2.3/2.4.3590-20 в продукции для детского питания запрещено использование:</p> <ul style="list-style-type: none"> -масло растительное пальмовое, рапсовое, кокосовое, хлопковое. - кофе натуральный; - кулинарные, гидрогенизированные масла и жиры, маргарин (кроме выпечки). - ядро абрикосовой косточки, арахис.

Рисунок 1.2.3.5 - Перечень сырья, не разрешенного в производстве кондитерских изделий для детей дошкольного и школьного возраста

Регулирование применения пищевых добавок в специализированной пищевой продукции осуществляется на основании Технического Регламента 029/2012 [124]. Питание должно быть щадящим как по способу приготовления, так и по своему химическому составу (ограничение пищевых добавок, поваренной соли, специй и др.). Требования к информации, наносимой на

этикетку продуктов детского питания, устанавливаются в соответствии с Техническим Регламентом 022/2012 и ГОСТ 55577 [116, 125]. С учетом положений нормативных документов, информация о продуктах детского питания дополнительно должна содержать сведения об области применения, возрастных рекомендациях, количестве витаминов и минеральных веществ в порции изделия для обогащенных изделий, информацию об отличительных признаках изделия и рекомендации по его использованию.

В России требования к упаковочным материалам регламентируются Техническим Регламентом 005 [126]. Упаковка должна обеспечивать безопасность и сохранность пищевой ценности продукта на всех этапах оборота. Изделия для детей рекомендуется упаковывать в индивидуальную упаковку, рассчитанную на однократное потребление.

В настоящий момент существует несколько основных проблем, с которыми сталкивается кондитерская промышленность при расширении ассортимента продуктов детского питания. Повышенные требования к качеству и безопасности сырья для производства кондитерских изделий для детей приводят к значительному увеличению его стоимости. Кроме того, отсутствие четких правил и процедур разработки и внедрения специализированной продукции создает значительные трудности для развития и расширения этой категории продуктов [108, 118].

Тем не менее, спрос на специализированные кондитерские изделия для питания детей старше трех лет, а вместе с тем и рынок данной продукции будет неуклонно развиваться и расти, следуя мировым тенденциям. Благодаря этому возрастет потребность в инновационных технологиях, рецептурах, разработанных с учетом современных требований к данной группе изделий и принципов здорового питания. Для того, чтобы кондитерские изделия для питания детей успешно заняли свою нишу на рынке, важно усилить информационную работу, включая просветительские мероприятия, публикации и программы с участием врачей и диетологов, с целью повышения осведомленности населения о значимости таких продуктов и их роли в здоровом питании детей.

1.3 Моделирование и реформулирование пищевых продуктов, в частности мучных кондитерских изделий

Распространенность алиментарно-зависимых заболеваний, связанных с низким качеством и структурой питания, является серьезной проблемой, затрагивающей все страны мира вне зависимости от уровня экономического развития [12, 127-129]. Последние несколько десятилетий в мировом сообществе на государственном уровне проводятся масштабные консолидированные действия по разработке комплексных подходов к формированию у населения осознанности при выборе рационов питания. Однако, несмотря на согласованные усилия со стороны государств и деятельность соответствующих ведомств в области здравоохранения, добиться изменения сложившейся ситуации не удастся. Исследования последних лет доказывают, в случае сохранения существующих тенденций, вероятность достижения целей по остановке роста алиментарно-зависимых заболеваний может составить лишь 1% [130]. Это подчеркивает важность выявления инновационных подходов к борьбе с заболеваниями неинфекционной природы, которые приводят к существенной нагрузке и на экономику Российской Федерации.

Доступность и, как следствие, высокое потребление промышленно выпускаемых пищевых продуктов за последние годы значительно выросли под влиянием ряда факторов: глобализации, изменения темпа и образа жизни, удобства потребления, экономической ситуации, потребительских предпочтений и развивающихся технологии переработки сырьевых ресурсов. Переработанные пищевые продукты потребляются значительной долей населения, что потенциально может привести к несбалансированному питанию, которое в долгосрочной перспективе может способствовать роста заболеваемости. Улучшение полезных свойств и пищевого баланса переработанных продуктов за счет изменения рецептуры может улучшить общее качество рациона питания людей [131-133]. Однако важно понимать различие между переработанными пищевыми продуктами, имеющими сбалансированный и полезный питательный

профиль, и продуктами с низкой пищевой ценностью. Понятие «промышленно выпускаемые продукты» часто ассоциируется с негативными последствиями для здоровья при их употреблении, что не всегда является обоснованным. Промышленная переработка пищевого сырья повышает безопасность и усвояемость пищевых веществ, увеличивается срок годности и устойчивость пищевых продуктов в процессе хранения, позволяет производить продукты с полезными для здоровья питательными свойствами. В правильно сбалансированном рационе есть место всем категориям пищевых продуктов. Таким образом, для повышения пищевого статуса продуктов требуется комплексный подход, а также специальные стратегии, направленные на изменение сложившейся ситуации, в том числе в области доступности продуктов питания со сбалансированным профилем питательных веществ [130, 134, 135].

Как уже упоминалось выше, реформулирование или направленное изменение рецептуры существующих пищевых продуктов в настоящее время является мировым трендом, поскольку играет важную роль в формировании благоприятной пищевой среды, снижении уровня алиментарно-зависимых заболеваний и, как следствие, сокращении расходов на общественное здравоохранение. Во многих странах мира реформулирование становится приоритетным направлением государственного регулирования рынка продовольственных товаров. Изменение рецептуры пищевых продуктов можно в широком смысле определить как действие, предпринятое пищевой промышленностью для изменения рецептуры уже существующего пищевого продукта, предназначенного для ежедневного потребления, с основной целью улучшения его пищевого профиля [136].

Традиционно изменение рецептуры предполагало снижение одного из конкретных пищевых ингредиентов, которые считаются потенциально опасными для здоровья человека, таких как соль, добавленный сахар, насыщенные жиры и трансжиры, в отдельных категориях промышленно выпускаемых продуктов. Однако за последние несколько лет концепция реформулирования пищевых продуктов претерпела значительные изменения, поскольку стало понятно, что

реформулирование может рассматриваться ещё и как способ дополнительного введения питательных веществ в рационы. Так, например, изменение рецептуры пищевых продуктов, например, можно эффективно использовать для улучшения пищевого профиля изделий за счет добавления необходимых макро- и микроэлементов, цельнозерновых продуктов или фитохимических веществ. Пищевые волокна, которые включают как растворимые, так и нерастворимые волокна, в последнее время привлекают большое внимание из-за растущего количества доказательств их роли в профилактике хронических заболеваний, таких как колоректальный рак, сердечно-сосудистые заболевания и диабет 2 типа. Это привело к увеличению рекомендуемой суточной нормы потребления для взрослых в Европе до 30 г. Таким образом, изменение состава существующих пищевых продуктов рассматривается как реальная возможность предоставить потребителям более полезные, питательные и качественно стабильные продукты питания, а также улучшить здоровье населения и решить проблему продовольственной безопасности на глобальном уровне [130, 136, 137].

Добавленный сахар. Результаты исследований, проведенных в ряде стран, показывают, что одним из основных источников добавленного сахара в рационе питания населения, наряду с напитками (за исключением молочных напитков и фруктовых соков) являются кондитерские изделия (рисунок 1.3.1) [138, 139].

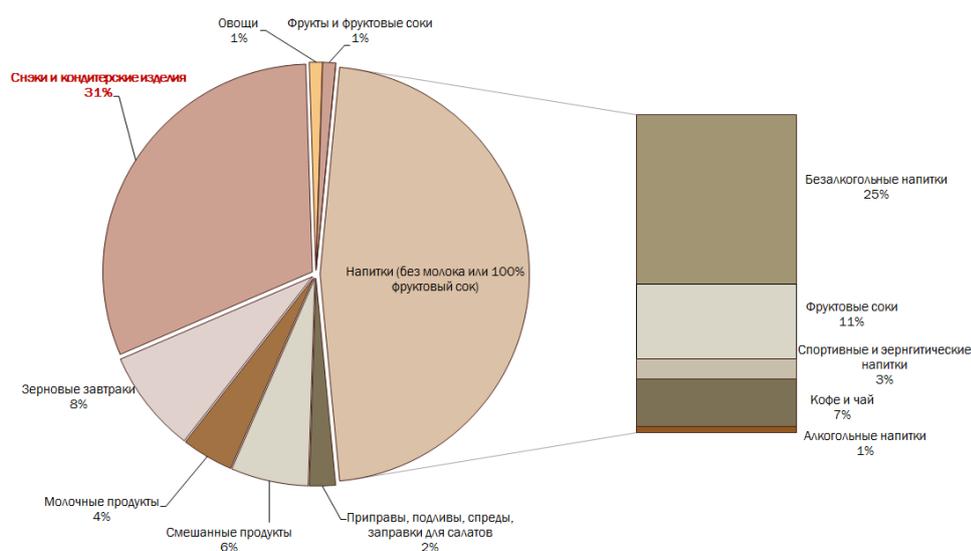


Рисунок 1.3.1 - Категории продуктов, являющихся основными источниками добавленных сахаров

Сахароза и редуцирующие сахара играют важную технологическую роль в процессе производства печенья, формируя его идентификационные признаки и участвуя в формировании объема, пористости, цвета, повышении сохранности. [140-142]. Известно, что избыточное потребление добавленного сахара является одной из причин возникновения ряда неинфекционных заболеваний: кариеса, ожирения, диабета, сердечно-сосудистых заболеваний. Результаты недавних исследований показывают, что рационы с высоким содержанием сахара могут увеличить риск развития деменции, Всемирная организация здравоохранения рекомендует сократить потребление свободных сахаров детьми и взрослыми до менее 10% (с предпочтением менее 5%) от общей калорийности рациона [143].

В связи с этим, важным направлением реформулирования рецептурного состава кондитерских изделий мучной группы, в частности, большинства видов печенья является разработка и внедрение способов компенсационной замены сахара без снижения их качества, изменения традиционной структуры и органолептических характеристик. В последнее время для производства низкокалорийных хлебобулочных и мучных кондитерских изделий появилась тенденция использовать некалорийные заменители сахара с сахарными спиртами. При этом искусственные подсластители, такие как аспартам и сукралоза, придают сладость, а сахарные спирты обеспечивают повышение объема [144]. Результаты некоторых исследований, изучавших пути снижения уровня добавленного сахара в печенье, подтверждают эффективность использования в качестве его заменителей мальтитола, сукралозы, изомальта, мальтодекстрина, стевии, эритритола и их комбинаций, яблочных выжимок, сывороточного пермеата, олигофруктозы, полидекстрозы и др. [145-147]. Доказано, что для успешной замены части добавленного сахара инулином в кексах, бисквитах и печенье следует принимать во внимание степень его полимеризации, которая оказывает существенное влияние на реологические свойства теста, органолептические и физико-химические характеристики готового изделия [148].

Жир. Ощущение сладости продуктов питания, безусловно, обусловлено количественным содержанием сахара, но интенсивность сладкого вкуса в мучных

кондитерских изделиях также зависит от содержания жира и влаги [149]. Кондитерские изделия являются одним из важных источников твердых жиров (рисунок 1.3.2) [150, 151].

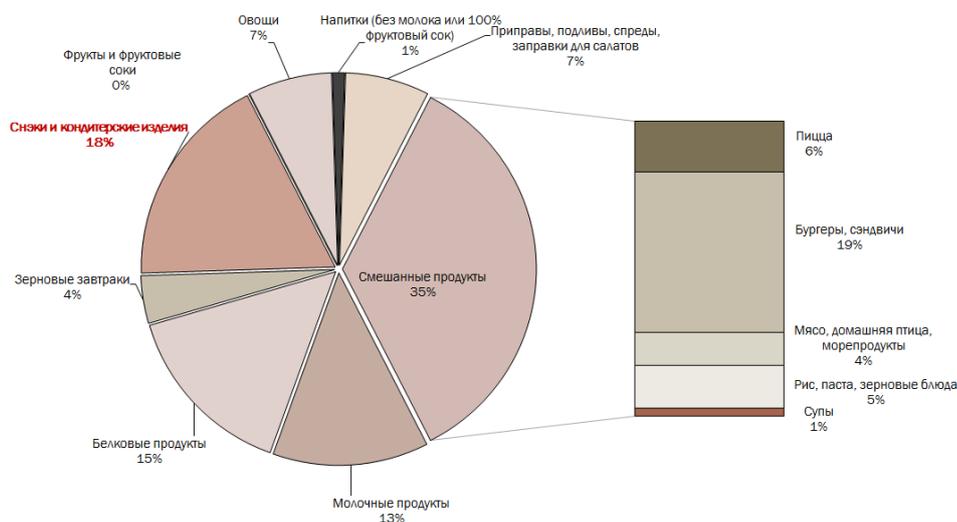


Рисунок 1.3.2 - Категории продуктов, являющихся источниками твердых (насыщенных) жиров

Наряду с химическим составом существенное влияние на проведение технологического процесса получения мучных кондитерских изделий оказывает физическое состояние жира. При производстве печенья технологически оптимальным является использование жира в виде пластичной массы, представляющей собой смесь твердой и жидкой фаз в определенных соотношениях. Предпочтительно использовать жир с температурой плавления 36-37°C, сохраняющий пластичность в интервале температур 22-35°C, что предопределяет высокое содержание в его составе насыщенных жирных кислот (НЖК). Существуют данные, свидетельствующие о том, что замена НЖК ненасыщенными жирами (преимущественно с полиненасыщенными жирными кислотами) оказывает положительное влияние на снижение риска сердечно-сосудистых заболеваний, в частности, ишемической болезни сердца [152].

В связи с этим можно выделить второе направление реформулирования рецептурного состава – снижение общего количества жира в изделии с преимущественной заменой твердых жиров на жидкие растительные масла. Подобная замена в некоторых случаях может потребовать адаптации технологии производства изделий и/или введения новых технологических приемов,

обусловленных необходимостью обеспечить стабильность жировой фракции в изделии в процессе хранения. При этом также важно отметить, что жиры играют важную технологическую роль в производстве мучных кондитерских изделий. Они обеспечивают качественное проведение процессов раскатки и формования теста, образование необходимой структуры теста и готовых изделий [153-156]. Изменение количественного содержания жира в рецептуре, особенно при одновременном снижении содержания сахара, будет оказывать существенное влияние как на параметры проведения технологического процесса производства, так и на функциональные свойства готового продукта, может привести к снижению объема мучных кондитерских изделий вследствие недостаточной аэрации, увеличению твердости мякиша из-за большей степени набухания крахмала и, как следствие, снижению вкусовых достоинств продукта. Поэтому при моделировании рецептурного состава крайне важно достичь оптимального соотношения жира и сахара, особенно в отношении органолептических показателей с целью сохранения оптимальных сенсорных характеристик [62]. В качестве заменителей жира в кондитерских изделиях мучной группы успешно используются различные комбинации полидекстрозы и гуаровой камеди, мальтодекстрин, пищевые олеогели, инулин, пюре из фасоли или зеленого горошка и т.п. [62, 157]. Функциональные свойства растительного и животного белка также обеспечивают потенциальную возможность для их использования в качестве заменителей жира [158]. Актуальным является использование заменителей жира на основе крахмала (модифицированный крахмал и мальтодекстрины). Гранулы модифицированного крахмала могут заменять функциональные свойства жира в изделии, способствуя формированию структуры и вкусовых характеристик продуктов, в то время как мальтодекстрины интересны своей способностью образовывать термообратимые гели, имитирующие ощущение жира в пищевых продуктах [159].

Следует отметить, что в обсуждениях и научных дискуссиях последних лет насыщенные жиры все чаще предлагается рассматривать не как отдельный элемент питания, а как неотъемлемую часть пищевой матрицы и рациона питания.

Например, научно доказано, что употребление молочных продуктов, включая сливочное масло, имеющих в своем составе насыщенные жиры, не связано с риском возникновения ишемической болезни сердца [160].

Соль. Более 90% потребления натрия в рационе человека обеспечивается потреблением пищевой соли (хлорида натрия). При этом чрезмерное потребление натрия связывают с негативным влиянием на здоровье человека, в частности, с повышенным артериальным давлением. По оценкам Всемирной организации здравоохранения, повышенное кровяное давление является причиной возникновения сердечно-сосудистых заболеваний (инсультов, инфарктов и сердечной недостаточности), приводящих к 7,5 миллионам смертей в мире ежегодно. Рационы, богатые пищевой солью также связаны с гипертрофией левого желудочка, прогрессированием заболеваний почек и альбуминурией, раком желудка, деминерализацией костей и гипертензией примерно у 20% населения с повышенным риском сердечно-сосудистых заболеваний. С увеличением потребления переработанных промышленных пищевых продуктов потребление соли увеличилось до уровня 9–12 г соли в день почти во всех странах мира. Рекомендуемый уровень потребления натрия составляет менее 5 г/день [63, 160, 161].

При производстве мучных кондитерских изделий соль вводится на стадии приготовления эмульсии. Таким образом, гидратация и развитие клейковины пшеничной муки происходит в присутствии соли. Последняя легко вступает во взаимодействие с молекулами воды, ограничивая ее доступность для развития структуры глютена. Поскольку технологическая функция соли связана с ее влиянием на образование клейковины, разумно предположить, что она мало влияет на те продукты, в которых образование клейковины отсутствует. Так, воздействие соли чаще всего наблюдается в хлебе, ферментированных продуктах, таких как булочки и булочки, а также в слоеных продуктах, таких как круассаны, датское и слоеное тесто, а также крекеры. В бисквитах, печенье, многих кондитерских изделиях, тортах и бисквитах образование глютена ограничено или отсутствует, а соль, по-видимому, не оказывает существенного влияния на

обработку. Учитывая, что мучные кондитерские изделия вносят относительно меньший вклад в содержание натрия в рационе в силу более низких уровней их потребления по сравнению с другими пищевыми продуктами (мясными, хлебобулочными), они не вызывают такого же уровня интереса или давления с целью снижения уровня натрия. Тем не менее, некоторые производители кондитерских изделий, ориентируясь на существующие рекомендации, стремятся снижать уровень соли в своей продукции, если это не оказывает отрицательного воздействия на важные аспекты их органолептических или физических свойств продуктов. [162].

Продукты питания сложны. Они состоят из макро- и микроэлементов, которые формируют сложную физико-химическую структуру готового изделия. Уникальная структура и свойства каждого продукта влияют на то, как он переваривается и как усваиваются содержащиеся в нем питательные вещества. Соответственно, в науке о питании произошел сдвиг от рассмотрения пищевых продуктов исключительно как способа удовлетворения потребностей в питательных веществах к подходу, основанному на глубоком и комплексном представлении продуктов, который доказывает, что их ценность для здоровья больше, чем просто сумма входящих в их состав питательных веществ. Эта концепция, называемая пищевой матрицей, учитывает полный комплекс свойств пищевых продуктов, включая микроструктуру, текстуру и физическое состояние (например, твердое, гелеобразное, жидкое), а также то, в каком взаимодействии питательные вещества и биоактивные соединения находятся внутри него. Совокупность этих свойств обуславливает особенности переваривания пищевых продуктов, характер усвоения питательных веществ и биоактивных соединений, а также оказывает существенное влияние на проявление их функциональных свойств [163].

Рацион питания населения Российской Федерации характеризуется дисбалансом и избыточной калорийностью, а также недостаточным потреблением необходимых макро- и микронутриентов. Один из факторов, способствующих этому, заключается в употреблении высококалорийных продуктов, а также

ограниченности ассортимента пищевых продуктов, включая мучные кондитерские изделия, созданных с учетом основных принципов здорового питания.

Мучные кондитерские изделия, включая различные виды печенья, занимают значительное место в рационе населения Российской Федерации и могут быть перспективным объектом для создания специализированных продуктов, отвечающих потребностям различных групп населения. Однако основные виды печенья, такие как сахарное, сдобное и овсяное, которые преобладают на рынке, часто содержат высокое количество критически значимых веществ, включая добавленный сахар, жиры и пищевую соль. В связи с этим для создания этой группы изделий в кондитерской отрасли необходимо решить целый ряд принципиальных вопросов по развитию технологий традиционных кондитерских изделий. Требуется обеспечить оптимальное сочетание традиционных потребительских свойств изделий мучной группы с их заданным воздействием на различные функции организма и восполнением дефицита необходимых веществ. Применяемые технологии должны быть эффективными, с точки зрения экономичности производства и максимального использования сырья и полуфабрикатов, обеспечивая максимальный выход готового продукта при минимальной себестоимости. Развитие кондитерской отрасли включает в себя разработку и внедрение инновационных подходов к созданию, производству, обеспечению качества и безопасности мучных кондитерских изделий.

1.4 Продукты переработки цельного зерна, как перспективное сырье при производстве мучных кондитерских изделий функциональной направленности

1.4.1 Определения, применяемые для цельного зерна в разных странах мира

В настоящее время отсутствует единое определение для понятия "цельное зерно", что вызывает определенные трудности как у производителей, так и у

потребителей. На протяжении многих лет мировое научное сообщество ведет дискуссии относительно общего международного определения цельного зерна и продуктов его переработки. Основным обсуждаемым вопросом являются виды и части зерна, которые должны быть включены в такое определение. Для различных целевых групп данное определение будет основываться на разных основополагающих аспектах:

- для потребителей является важным иметь возможность ориентироваться в цельнозерновых продуктах и сделать правильный выбор в пользу того или иного изделия;

- для специалистов в области питания важно иметь возможность выделить основные факторы для проведения исследований по влиянию цельнозерновых продуктов на здоровье человека;

- правительство на государственном уровне должно иметь возможность давать рекомендации по потреблению продуктов из цельного зерна;

- пищевая промышленность должна иметь стандартизированные параметры для производства широкого ассортимента цельнозерновых продуктов.

По мнению научного сообщества, введение общих международных определений цельного зерна и цельнозерновых продуктов, безусловно, пойдет на пользу всем этим интересам. Однако для того, чтобы определение было полезным и применимым в долгосрочной перспективе для всех указанных групп населения, оно должно основываться на научно-обоснованных аспектах здорового питания [164-166].

В 1999 году Американская ассоциация зерновых химиков (ААСС) определила цельное зерно как зерновку, которая не подвергается значительной промышленной переработке и сохраняет все основные части, включая эндосперм, зародыш и отруби, в исходных пропорциях. В рамках этого понятия также включаются псевдозлаки, такие как гречка, амарант и киноа, поскольку они имеют сходный состав макроэлементов с зерновыми культурами. В данную категорию сырья не включены бобовые и орехи, несмотря на их высокую пищевую ценность. Продовольственные регламенты Новой Зеландии и Австралии

(FSANZ) используют аналогичное определение цельного зерна [167-169]. В 2004 году Совет по цельному зерну США (WGC) дал схожее определение: «Цельные зерна или продукты, изготовленные из них, должны содержать все основные части и нативные нутриенты целого зерна. При переработке зерна (дроблении, измельчении, плющении, экструдировании и/или кулинарной обработке), готовый пищевой продукт должен сохранять баланс питательных веществ, характерный для исходного зерна. В эту категорию входят различные злаки и псевдозлаки, такие как амарант, ячмень, гречиха, кукуруза, просо, овес, киноа, рис, рожь, сорго, тритикале, пшеница и ее разновидности, и другие. Семена масличных культур и бобовые, например, лен, чиа, подсолнечник, соя, нут и др., не включаются в определение цельного зерна [170].

В 2014 г. HealthGrain Forum и Европейская организация здравоохранения и науки (European-based health and science organization) предложили актуализировать это определение, с целью привести его в соответствие с последними достижениями в области промышленной переработки зерна. В новом определении дается пояснение, что отруби, зародыш и эндосперм, потерянные в процессе помола зерна, могут быть восстановлены в цельнозерновой муке с условием, что все три части восстанавливаются в тех же пропорциях, в которых содержатся в целом зерне. Определение также допускает небольшие потери компонентов зерна (менее 2% зерна или 10% отрубей), возникающие при переработке [164].

В Европейском Союзе не существует общепринятого законодательно утвержденного определения цельного зерна и продуктов питания на его основе. Вместо этого, в Регламенте ЕС № 1308/2013, касающемся общего регулирования сельскохозяйственных рынков, используется термин, предложенный Американской ассоциацией зерновых химиков, когда рассматривается потенциальное влияние цельного зерна на здоровье человека [171].

Три скандинавские страны Дания, Швеция и Норвегия имеют общие правила декларирования полезных для здоровья пищевых продуктов. Эти правила, принятые органами здравоохранения трех стран, включают следующее

определение цельного зерна. «Цельное зерно – это целое неразрушенное зерно или переработанное (лущеное, молотое, расколотое, плющенное и т.п.) зерно, в котором эндосперм, зародыш и отруби присутствуют в тех же пропорциях, что и в целом зерне. Если содержание какой-либо фракции уменьшается в результате технологической переработки зерна, ее необходимо внести дополнительно, чтобы конечный продукт имел примерно такие же относительные пропорции трех частей, как и целое зерно. К данному определению относят следующие культуры: пшеницу, рожь, овес, ячмень, кукурузу (сухие семена), рис, просо и сорго. Дикий рис, амарант и гречка в данное определение не включены». Перечисленные выше существующие определения цельного зерна разных стран указывают на их основные сходства. Однако одно явное отличие состоит в том, что страны Северной Европы не включают в данное понятие псевдозлаковые культуры. Во многом виды зерновых продуктов, которые включаются в понятие «цельнозерновые» в разных странах, определяются доминированием того или иного зерна на рынке конкретного региона. Другим определяющим фактором является целевое использование определения: для научных исследований (где потребление должно быть связано с влиянием на здоровье), для информирования потребителей или для разработки пищевого продукта [164].

1.4.2 Идентификационные и терминологические понятия в области производства цельнозерновых продуктов

Помимо определений, закрепленных для цельного зерна, важным аспектом является установление идентификационных признаков для цельнозерновых продуктов. В постановлении Канадского агентства по надзору за пищевыми продуктами (CFIA) определено, что продукты могут маркироваться как «100% цельнозерновые» только в том случае, если все их рецептурные компоненты являются цельнозерновыми. Это означает, что только сырье может считаться цельнозерновыми продуктами. Хлеб из цельнозерновой муки, воды и соли не может считаться таковым из-за присутствия в составе воды и соли [164].

Согласно требованиям Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), продукт имеет право называться и позиционироваться как цельнозерновой, если в его составе содержится сырьё из цельного зерна не менее 51%. При этом также учитывается количество этого продукта, которое обычно употребляется за один прием пищи (Reference Amounts Customarily Consumed или RACC). Например, цельнозерновая пшеничная мука содержит 11 г пищевых волокон на 100 г; таким образом, количество пищевых волокон, необходимое для того, чтобы пищевой продукт был определен как цельнозерновой, может быть рассчитано по следующей формуле: $11 \text{ г} \times 51\% \times \text{RACC}/100$ [165, 172].

В разных странах Европы установлены различные требования к цельнозерновым продуктам. Например, в Великобритании цельнозерновые продукты должны содержать не менее 51% цельнозернового сырья, в то время как в Швеции и Дании требование составляет не менее 50% цельнозерновых ингредиентов на сухую массу. В Нидерландах хлеб может быть маркирован как "100% цельнозерновой" только если 100% муки изготовлено из цельного зерна. В Германии цельнозерновой хлеб на 90% должен состоять из цельного зерна [171, 173].

Международная организация "Цельнозерновая инициатива" (WGI), объединяющая более 50 организаций-членов, включая Ассоциацию зерновых культур (C&G) и Международную ассоциацию по науке и технологии зерна (ICC), в 2021 году ввела определения, которые помогают классифицировать продукты этой категории: "цельнозерновой продукт" и "продукт, содержащий цельнозерновое сырьё". Согласно мнению WGI, цельнозерновой продукт является продуктом, содержащим не менее 50% цельнозернового сырья в пересчете на сухое вещество. Продукт, содержащий не менее 25% цельнозернового сырья в пересчете на сухое вещество, может быть выделен как "содержащий цельнозерновое сырьё" на этикетке с указанием данной информации в качестве отличительного признака, но без использования термина "цельнозерновой" в названии самого продукта. Для обеспечения возможности сравнения продуктов

при покупке рекомендуется указывать процентное содержание цельнозернового сырья в маркировке цельнозерновых продуктов и продуктов, содержащих цельнозерновое сырье. Это позволит потребителям лучше оценить различия между продуктами с цельным зерном и принять взвешенное решение при их выборе [174].

В России на данный момент отсутствует единая классификация, регулирующая рынок «мультизерновых», «цельнозерновых» и «зерновых» хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Также в кондитерской промышленности нет единого определения для понятий, таких как мультизерновое печенье, галеты, крекеры, зерновое печенье и цельнозерновое печенье.

В настоящее время наблюдается рост интереса потребителей к пищевым продуктам, которые обогащены полезными веществами. Исследования развития рынка пищевой продукции показывают, что в условиях пандемии COVID-19 мировой рынок продуктов из цельного зерна и продуктов с высоким содержанием пищевых волокон растет быстрыми темпами. Прогнозируется, что этот рынок, который оценивается в 38,9 миллиарда долларов США в 2020 году, достигнет 60,4 миллиарда долларов США к 2027 году [175, 176].

Информация о полезных свойствах продуктов становится мощным инструментом их продвижения и значительно влияет на выбор потребителей. Вместе с тем, по всему миру существуют опасения относительно возможного увеличения потребления нежелательных веществ, таких как добавленный сахар, жир и соль, при увеличении потребления данной категории продуктов. В Европейском Союзе для предотвращения таких потенциально нежелательных последствий было введено понятие "профиль питательных веществ" («nutrient profile») в Регламенте № 1924/2006, которое устанавливает критерии для определения, может ли конкретный пищевой продукт быть обогащенным. Составление профиля питательных веществ основано на анализе двух групп веществ в изделии с различным физиологическим эффектом и изучении их соотношения. Первая группа включает поли- и мононенасыщенные жирные

кислоты, витамины, минеральные вещества, белки и пищевые волокна. Вторая группа включает критически значимые вещества, такие как добавленный сахар, общий жир, насыщенные жирные кислоты, соль. При составлении профиля питательных веществ учитывается категория продукта и его место в общем рационе питания [177].

В соответствии с Регламентом ЕС № 1924/2006, продукты, содержащие пищевые волокна, могут быть дифференцированы в соответствии с двумя показателями - на 100 г продукта или на 100 ккал:

- источник пищевых волокон (source of fibre) – продукт, содержащий не менее 3 г пищевых волокон на 100 г или не менее 1,5 г пищевых волокон за 100 ккал;

- высокое содержание пищевых волокон (high fibre) – продукт, содержащий не менее 6 г пищевых волокон на 100 г или не менее 3 г пищевых волокон на 100 ккал.

В соответствии с законодательством РФ при регламентировании полезных свойств продукта его калорийность не учитывается. Так, в соответствии с требованиями Технического Регламента 022/2011 [116] для вынесения информации о содержании пищевых волокон должны удовлетворяться следующие условия:

- источник пищевых волокон – содержание пищевых волокон не менее 3 г на 100 г для твердой пищевой продукции или для жидкостей не менее 1,5 г на 100 мл;

- высокое содержание пищевых волокон - содержание пищевых волокон не менее 6 г на 100 г для твердой пищевой продукции или для жидкостей не менее 3 г на 100 мл.

При разработке ассортимента мучных кондитерских изделий с учетом полезного профиля питательных веществ, основное внимание должно быть уделено применению научно обоснованных подходов к формированию их состава. Учитывая высокую энергетическую ценность таких продуктов, важно

обеспечить наиболее оптимальное соотношение питательных веществ при формировании их нутриентного состава [178-179].

1.4.3 Обоснование цельнозернового сырья отечественного производства для создания мучных кондитерских изделий

Фитохимические вещества. Практически все традиционные виды печенья в качестве основного рецептурного компонента содержат пшеничную муку высшего сорта, количество которой в некоторых видах может составлять 80-90%. В процессе производства такой муки применяется многоступенчатая технологическая обработка зерна пшеницы, что может привести к снижению содержания фитохимических веществ пищевых волокон, незаменимых жирных кислот, витаминов и минеральных веществ (рисунок 1.4.3.1) [180-182]. Потребление цельнозерновых продуктов может снизить риск развития различных заболеваний, включая ишемическую болезнь сердца, инсульт, сердечно-сосудистые заболевания и диабет.

Основные компоненты	Мука из цельного зерна пшеницы	Рафинированная пшеничная мука
Отруби, %	14	<0.1
Зародыш, %	2,5	<0.1
Общее количество пищевых волокон, %	13	3
Нерастворимые пищевые волокна, %	11,5	1,9
Растворимые пищевые волокна, %	1,1	1,0
Белок, %	14	14
Жир, %	2,7	1,4
Крахмал и сахара, %	70	83
Минералы:		
Цинк, мкг/г	29	8
Железо, мкг/г	35	13
Селен, мкг/г	0,06	0,02
Магний, мг/г	1,38	0,22
Витамины:		
Витамин B ₆ , мг/г	7,5	1,4
Фолиевая кислота, мг/г	0,57	0,11
Фенольные соединения		
Феруловая кислота, мг ² /г	5	0,4
Токотриенол, мкг/г	32,8	5,7

Рисунок 1.4.3.1 - Основные различия в химическом составе муки пшеничной цельнозерновой и рафинированной

Проведенные клинические исследования подтверждают, что введение физиологически значимых природных компонентов, витаминов, минеральных

веществ и пищевых волокон в продукты промышленного производства, источником которых является цельнозерновое растительное сырье, имеет приоритетное значение. [183-186]. Существуют два способа включения продуктов переработки цельного зерна в питание: в виде самостоятельного продукта с полноценным составом (например, овсяная каша, коричневый рис и т.д.) или в качестве ингредиентов для приготовления пищевых продуктов (например, цельнозерновая мука в мучных кондитерских изделиях или хлебе) [165].

Цельные зерна содержат уникальные и эффективные соединения, такие как авенантрамиды в овсе, которые оказывают положительное воздействие на здоровье. Они обладают более полным набором витаминов и минеральных веществ, а также более высоким содержанием пищевых волокон, белка, по сравнению с очищенными зёрнами (рисунок 1.4.3.2) [181, 187].

Вид зерна	Содержание, г/1 кг съедобной части					Энергетическая ценность, ккал/кг
	Белка	Общего жира	Углеводов	Пищевых волокон	Минеральных веществ	
Овес	168,9	69,0	662,7	106,0	11,9	3890
Ячмень	105,0	16,0	745,2	101,0	11,0	3450
Гречиха	126,2	31,0	705,9	100,0	14,7	3350
Маис	87,5	50,9	738,9	84,0	7,7	3640
Пшеница	74,9	12,7	425,3	11,0	5,0	2140

Рисунок 1.4.3.2 - Пищевая и энергетическая ценность некоторых цельных зерен

Помимо высокой пищевой ценности, растительные продукты из цельного зерна содержат множество фитохимических соединений, которые обладают биоактивными свойствами и могут способствовать укреплению здоровья и профилактике ряда заболеваний (рисунок 1.4.3.3) [188, 189].



Рисунок 1.4.3.3 - Некоторые фитохимические вещества злаковых культур

Продукты из цельного зерна являются значительным источником витаминов группы В, которые в основном содержатся в оболочке и зародыше зерна. Эти продукты отличаются наличием тиамина, рибофлавина, ниацина, пантотеновой кислоты, пиридоксина и фолиевой кислоты. (рисунок 1.4.3.4) [190].

Витамин	Пшеница	Рожь	Ячмень	Кукуруза	Овес	Рис	Гречка
Тиамин (В ₁)	3,9	3,3	1,6	3,3	4,2	0,7	3,9
Рибофлавин (В ₂)	0,8	1,1	0,7	1,1	1,2	0,3	1,0
Ниацин (В ₃)	56	17	55	57	8	14	35
Пантотеновая кислота (В ₅)	6,8	4,9	5	-	15	5,5	14,5
Пиридоксин (В ₆)	3,4	2,8	3	3,3	14,4	1,1	4,0
Фолиевая кислота (В ₉)	0,5	0,7	0,3	0,2	0,46	0,3	0,3

Рисунок 1.4.3.4 - Содержание витаминов группы В в цельнозерновой муке некоторых культур, (мг/кг)

После растительных масел и семян масличных культур зерновые продукты являются значительным источником витамина Е. Витамин Е - это общее название группы из восьми растительных жирорастворимых веществ (токолов), включая четыре токоферола и четыре токотриенола. Самая сильная витаминная активность проявляется у альфа-токоферола. Также токолы обладают антиоксидантными свойствами. Антиоксидантная активность токотриенолов в 40-60 раз выше, чем у токоферолов. Кроме того, токолы нейропротекторными и антиканцерогенными свойствами, токотриенолы также улучшают

липопротеиновый профиль плазмы крови и играют важную роль в физиологических процессах (рисунок 1.4.3.5) [191, 192].

Витамин	Пшеница	Рожь	Ячмень	Овес	Маис	Рис
α-токоферол	10	16	8,6	14,9	3,7	14,6
α-токотриенол	4	15	40,3	56,4	5,3	8,7
β-токоферол	7	4	0,9	3,0	0,2	1,0
β-токотриенол	28	8	8,7	5,4	0	0
γ-токоферол	0	0	5,6	0,4	45	1,3
γ-токотриенол	0	0	10,4	0	11,3	11,9
δ-токоферол	0	0	0,7	0	1,0	0,1
δ-токотриенол	0	0	0,9	0	0,4	0,5
Общие токолы	49	43	76,1	80,1	66,9	38,1

Рисунок 1.4.3.5 – Содержание токоферолов и токотриенолов в цельнозерновой муке некоторых культур, (мг/кг)

Из рисунка 1.4.3.5 видно, что ячмень и овес, наряду с пшеницей и рожью, характеризуются высоким содержанием альфа-токоферола. При этом их отличительной особенностью является значительное большее содержание токотриенолов, обеспечивающих антиоксидантную активность этим зерновым культурам.

В цельном зерне присутствуют фенольные соединения, включая фенольные кислоты, флавоноиды, дубильные вещества и фитостеролы. Фенольные кислоты обладают антиоксидантными свойствами и проявляют противовоспалительное и антиканцерогенное действие. Их действие связывают с профилактикой диабета, сердечно-сосудистых заболеваний, ожирения и замедлением процессов старения [193-195].

Рекомендации по потреблению цельного зерна различаются в разных странах и основаны на исследованиях и экспертных рекомендациях в области питания. Например, в США диетические рекомендации устанавливают оптимальный уровень потребления цельнозерновых продуктов не менее 85 г в день. Правительство Канады рекомендует заменять рафинированные зерновые продукты на цельное зерно и употреблять его ежедневно. В Дании и Норвегии

рекомендуется ежедневное потребление продуктов из цельного зерна в объеме около 75 г и 70-90 г соответственно. Шведское национальное продовольственное агентство (SNFA) рекомендует, чтобы женщины ежедневно потребляли около 70 г цельного зерна, а мужчины – около 90 г. [196, 197].

Пищевые волокна. Цельнозерновые продукты являются важными источниками функциональных пищевых ингредиентов, таких как пищевые волокна, которые широко используются при производстве обогащенных продуктов питания (рисунок 1.4.3.6, 1.4.3.7) [198, 199].

В соответствии с определением ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», пищевые волокна - углеводы, устойчивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом кишечнике [200].

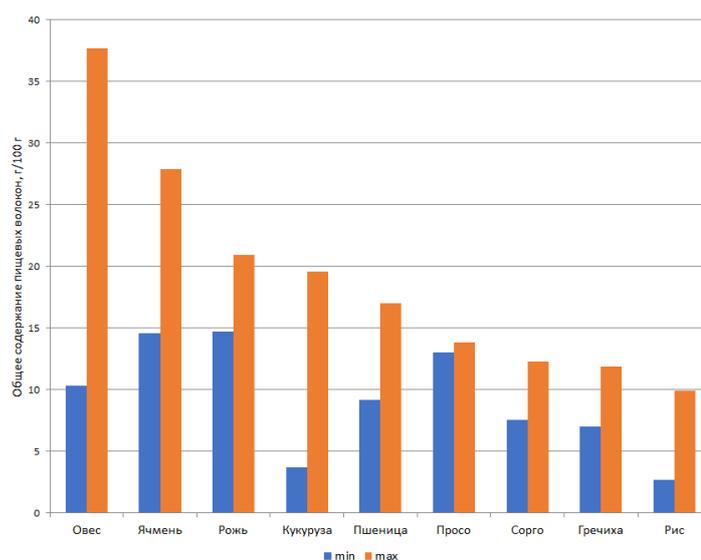


Рисунок 1.4.3.6 - Общее содержание пищевых волокон в некоторых злаках и псевдозлаках

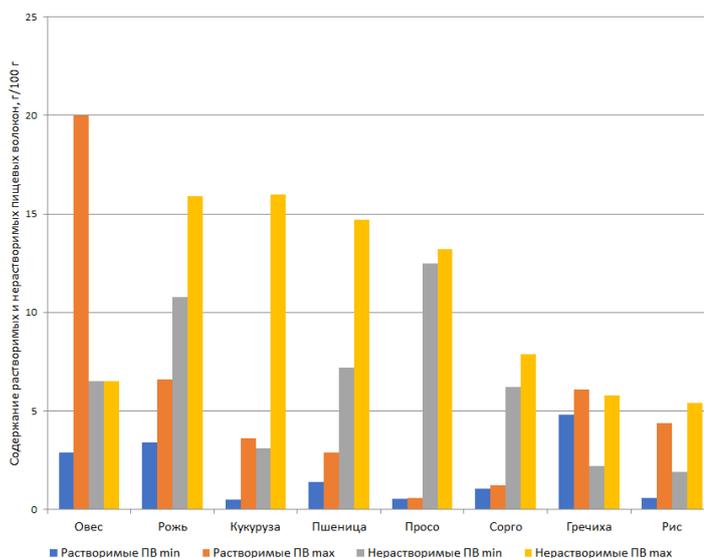


Рисунок 1.4.3.7 - Содержание растворимых и нерастворимых пищевых волокон в некоторых злаках и псевдозлаках

Пищевые волокна относятся к некрахмальным полисахаридам, которые перевариваются в толстом кишечнике в незначительной степени, однако при этом оказывают существенное влияние на процессы переваривания, усвоения, микробиоциноз и эвакуацию остатков пищи [200].

Исследование, проведенное в течение 11 лет, показало, что люди, потребляющие более 26 г пищевых волокон в день, сокращают риск развития диабета на 18% по сравнению с теми, кто употребляет менее 19 г пищевых волокон за то же время. На основе проведенных исследований также было выявлено, что высокое потребление цельного зерна в объеме 210-225 г в день, в качестве источника пищевых волокон, связано со снижением риска развития таких заболеваний, как ишемическая болезнь сердца, диабет, инфекционные и респираторные заболевания. Регулярное употребление пищевых волокон, которые содержатся в зерне, способствует сокращению вероятности развития сердечно-сосудистых заболеваний и рака [198, 199, 201, 202].

Рекомендации по норме потребления пищевых волокон в различных странах могут различаться в зависимости от пола и возрастной категории. (рисунок 1.4.3.8) [200, 203-205].

Возраст/пол	Нормы потребления пищевых волокон в сутки, г			
	РФ МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ»	Европейское агентство по безопасности пищевой продукции (EFSA)	США Диетические рекомендации для американцев 2020- 2025 гг. Департамент сельского хозяйства США (USDA)	КАНАДА Референсные значения для макронутриентов (Government of Canada)
2-3 года (мальчики, девочки)		2-3 года - 10	14	19
3-6 лет (мальчики, девочки)	12	4-6 лет - 14	3 года – 14 4-6 лет – 17/20	3 года – 19 4-6 лет – 25/25
4-8 лет (девочки/мальчики)			17/20	25
7-10 лет (девочки, мальчики)	16	16	7-8 лет – 17/20 9-10 лет – 22/25	7-8 лет – 25 9-10 лет – 26/31
9-13 лет (девочки/мальчики)			22/25	26/31
11-14 лет (девочки, мальчики)	20	19	11-13 лет – 22/25 14 лет – 25/31	11-13 лет – 26/31 14 лет – 25/38
14-18 лет (девочки/мальчики)			25/31	25/38
15-17 лет (девочки, мальчики)	22	21	15-17 лет - 25/31	15-17 лет - 25/38
Женщины и мужчины	20-25	25		женщины - 21 мужчины - 30
19-30 лет (женщины/мужчины)			28/34	
31-50 лет (женщины/мужчины)			25/31	
51+ (женщины/мужчины)			22/28	

Рисунок 1.4.3.8 - Нормы физиологических потребностей в пищевых волокнах детского и взрослого населения

Несмотря на то, что уровень потребления пищевых волокон является важной частью большинства диетических руководств и правил в разных странах мира, подавляющее большинство населения потребляет пищевые волокна в количестве гораздо меньшем рекомендуемого. На основании данных исследований, потребление пищевых волокон в РФ ниже рекомендуемых норм. Согласно исследованиям, большинство российского населения не получает достаточное количество пищевых волокон в своем рационе. В России суточная потребность населения в пищевых волокнах практически во всех регионах удовлетворяется лишь на $\frac{1}{3}$. Это в том числе связано с тем, что большинство промышленно выпускаемых изделий на основе злаковых культур (хлебобулочные, мучные кондитерские изделия) не являются полноценными источниками пищевых волокон [206]. В связи с этим, продвижение информации и эффективные меры по повышению осведомленности о пользе пищевых волокон и

стимулирование потребления цельнозерновых продуктов и овощей становятся важными задачами для повышения уровня удовлетворения потребностей в пищевых волокнах в России.

При обогащении продуктов пищевыми волокнами необходимо учитывать их потенциальное влияние на биодоступность витаминов. Исследования показывают, что размер частиц пищевых волокон может влиять на усвояемость витаминов группы В, таких как тиамин, рибофлавин, ниацин и пиридоксин. Оптимальное соотношение пищевых волокон и витаминов должно учитываться при разработке обогащенных продуктов, чтобы достичь максимальной биологической активности витаминов. Пищевые волокна различных типов (гемицеллюлоза, лигнин и пектин) оказывают снижающий эффект на биодоступность β -каротина. Кроме того, есть доказательства того, что пищевые волокна могут связывать минеральные элементы в организме, причем эта способность зависит от типа волокна, его концентрации и рН-среды [207].

1.4.4 Перспективы использования цельнозернового сырья из овса, ячменя и гречки в технологии сахарного печенья с модифицированным пищевым профилем

Для создания мучных кондитерских изделий с функциональной направленностью актуальными видами сырья являются продукты переработки овса, ячменя и гречихи. Они включают муку из цельного зерна, различные виды хлопьев, а также толокно и другие сырьевые компоненты. Годовой объем выращивания в мире составляет около 2,6 миллиона тонн гречки, от 20 до 25 миллионов тонн овса и примерно 140 миллионов тонн ячменя. Российская Федерация является одним из крупнейших производителей данных культур. Согласно данным международного аналитического агентства «Statistica» в 2021/22 рыночном году в России было произведено более 3,7 млн. тонн овса. Согласно прогнозам, объем производства овса незначительно увеличится и достигнет примерно 3,8 млн. тонн в течение 2022/23 года. В 2021/22 рыночный

год в России было произведено около 17,5 млн. тонн ячменя. Предполагаемый объем производства ячменя, по прогнозам, достигнет примерно 21 миллиона тонн к 2022/23 году [208]. Примерно 65% урожая ячменя в мире используется в качестве корма для животных, около 30% направляется на производство солода и для использования в пивоварении, а лишь 2-3% - для производства пищевых продуктов. Тем не менее, в последнее время, благодаря ценным пищевым свойствам ячменя, интерес к этой зерновой культуре как к составляющей рациона питания увеличивается по всему миру [209]. Овес и ячмень обычно перерабатываются как цельное зерно, и в них особенно много водорастворимых пищевых волокон, называемых β -глюканами. (рисунок 1.4.4.1) [210].

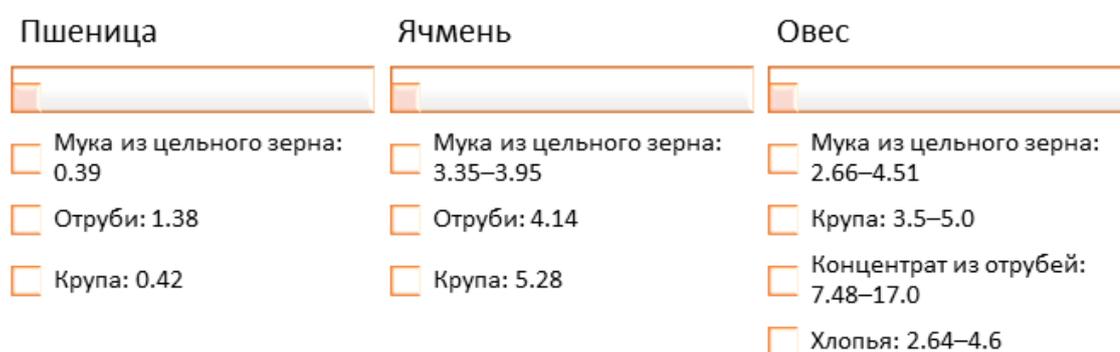


Рисунок 1.4.4.1 - Содержание β -глюкана в некоторых продуктах на основе цельного зерна, г/100 г сухого продукта

Бета-глюканы. β -глюканы — это полисахариды, специфичные для клеточных стенок алейронового слоя и эндосперма зерновых культур. В ячмене они больше сконцентрированы в эндосперме, тогда как в овсе они сконцентрированы в слое алейронов. Они представляют собой линейные полимеры молекул глюкозы, связанных 70% β - (1–4) и 30% β (1–3) связями. Наиболее значительные количества β -глюканов обнаружены в ячмене (3–11%) и овсе (3–7%), меньшие количества - в ржи (1-2%) и пшенице (<1%), и только следовые количества в кукурузе, сорго, рисе и других злаках [211].

Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) признало эффективность овсяного и ячменного β -глюкана в снижении риска ишемической болезни сердца. Потребление не менее 3 г β -глюкана овса в день эффективно для снижения уровня липопротеина низкой

плотности. Также существуют свидетельства того, что потребление продуктов из овса, в сравнении с аналогичными продуктами из пшеницы, способствует снижению гликемического ответа на пищу. Клинически доказано, что употребление не менее 4 г β -глюканов из овса или ячменя на 30 г доступных углеводов способствует снижению уровня глюкозы в крови. Кроме того, β -глюкан из овса способен стимулировать рост некоторых пробиотических бактерий, таких как *Bifidobacterium* и *Lactobacillus rhamosus*. Он также проявляет противомикробное действие в отношении *E. coli* и *B. subtilis* [187, 212-214].

Физические характеристики β -глюкана, такие как растворимость, вязкость и гидратация, являются основными определяющими факторами, обуславливающими его функциональность и биологическую эффективность в пищевых продуктах. Например, величина растворимости β -глюкана зависит от степени его полимеризации и наличия функциональных групп, таких как гидроксильные или карбоновые кислоты. Различия в физико-химических характеристиках β -глюкана обуславливают степень проявления его функциональных свойств, таких как загущение, стабилизация, эмульгирование и гелеобразование, которые широко применяются в пищевой промышленности для производства различных видов продуктов, таких как супы, соусы и напитки и т.п. [215]. β -глюкан может использоваться в качестве загустителя, что делает его хорошей заменой пектина, гуммиарабика, ксантановой камеди, альгинатов и карбоксиметилцеллюлозы в традиционных напитках. Результаты исследований показывают, что добавление β -глюкана в муку приводит к увеличению объема буханки хлеба [216].

Овес. Помимо растворимых пищевых волокон в форме β -глюкана, овес также содержит другие растворимые полисахариды: гемицеллюлозу (глюкоманнаны), а также пектины. В состав растворимых гемицеллюлоз также входят арабиноксиланы, которые в зависимости от их структуры и свойств могут образовывать растворимые в воде полисахаридные структуры, обладающие функциональными свойствами, такими как гелеобразующая и стабилизирующая способность. Они могут использоваться в пищевой промышленности для

улучшения текстуры и структуры пищевых продуктов, а также для создания функциональных пищевых продуктов с улучшенными пищевыми свойствами. Нерастворимыми пищевыми волокнами овса являются целлюлоза, лигнин, нерастворимые гемицеллюлозы. Растворимые β -глюканы способны вызывать увеличение вязкости пищевого комка, что приводит к замедлению всасывания питательных веществ в кишечнике. Кроме того, пищевые волокна овса оказывают физиологическое воздействие на здоровье человека, связанное с секрецией инсулина и желудочно-кишечных гормонов, влияя на гликемический ответ. Овес содержит до 15% белка и отличается от пшеницы более высоким содержанием глобулина и низким содержанием проламина. Это обеспечивает более оптимальный баланс незаменимых аминокислот для человека. (рисунок 1.4.4.2).

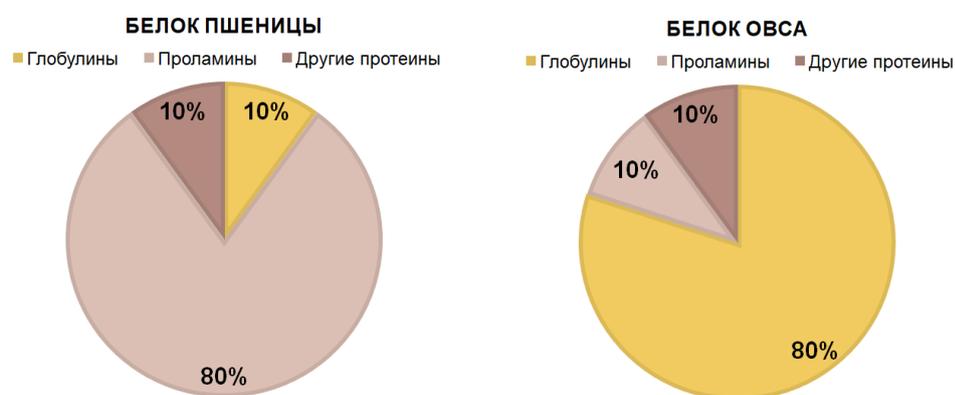


Рисунок 1.4.4.2 - Соотношения белковых фракций овса и пшеницы.

Проламины (авенины) овса богаты важнейшими аминокислотами: глутамином и пролином. Глутамин является условно-незаменимой аминокислотой, играющей важную роль в поддержании здоровья кишечника, иммунной системы и других жизненно важных процессов в организме. Пролин имеет структурное значение для коллагена, который является основным компонентом соединительной ткани в теле. Кроме того, пролин участвует в образовании антиоксидантов (в частности, глутатиона), укреплении иммунной системы, а также восстановлении мышц и суставов после физической нагрузки. [217].

Овес имеет высокое содержание антиоксидантов, а типичное содержание токолов составляет около 20–30 мг/кг. Другие антиоксидантные соединения,

присутствующие в овсе, включают фенольные кислоты, авенантрамиды и стерины. Овес содержит от 5,2% до 9,4% липидов, включая различные типы жирных кислот, такие как насыщенные пальмитиновая кислота (16-22%), мононенасыщенная олеиновая кислота (28-40%) и полиненасыщенная линолевая кислота (36-46%). Овес также отличается высоким содержанием фосфолипидов, которые составляют не менее 20%. Это отличает овес от других масличных культур. Полиненасыщенные жирные кислоты являются незаменимыми питательными веществами для человека [218, 219]. Овес содержит ряд полифенольных соединений. Многие исследователи сообщают, что фенольные соединения в основном сконцентрированы во фракции отрубей. Различия в фенольных соединениях овса могут быть связаны с продолжительностью хранения зерна [220].

Являясь источником пищевых волокон, белков и углеводов, овес играет важную роль в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, некоторых видов рака. Полезные свойства овса могут быть обусловлены присутствием функциональных соединений, таких как β -глюкан, фенольные соединения и т.д., что предопределяет его широкое использование для создания функциональных продуктов питания.

Ячмень. Ячмень занимает одно из ведущих мест среди зерновых культур по содержанию пищевых волокон [221-223]. Основная часть нерастворимых пищевых волокон в ячмене находится в отрубях и околоплоднике, а растворимые волокна, включая β -глюкан, находятся в стенках клеток эндосперма. При обработке цельного зерна удаление внешних слоев не приводит к снижению содержания β -глюкана в ячмене. В результате, при переработке ячменя, β -глюкан составляет значительную часть продуктов [165, 214, 215]. Среди зерновых злаков ячмень является уникальным, так как содержит все восемь форм витамина E. Кроме того, ячмень содержит более высокое содержание α -токотриенола в сравнении с овсом, пшеницей или рожью [224-226]. Белок ячменя является биологически полноценным и содержит более высокое количество незаменимых аминокислот по сравнению с белком зерна пшеницы. Содержание незаменимых

аминокислот в белке зерна пшеницы составляет 28,2 г/100 г белка, а в белке зерна ячменя — 30,56 г/100 г белка. Особенно выделяется содержание лизина (2,3 и 3,4 г/100 г белка) и треонина (2,9 и 3,8 г/100 г белка) в белке зерна ячменя (рисунок 1.4.4.3) [165, 227].

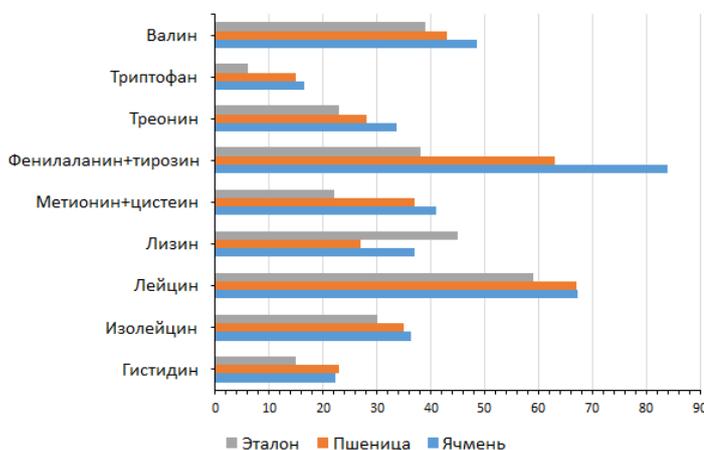


Рисунок 1.4.4.3 - Аминокислотный состав белка (мг/г белка) ячменя и пшеницы в сравнении с эталонной моделью для взрослых ФАО/ВОЗ (2007 г.)

Актуальность употребления функциональных пищевых продуктов увеличила интерес к культуре ячменя, как к важной части здорового питания. Это обусловлено клинически доказанной эффективностью от употребления продуктов из ячменя поскольку он является хорошим источником основных питательных веществ. Исследования, направленные на глубокое изучение этой культуры, позволили установить новые факты о многочисленных соединениях, содержащихся в ядре ячменя, которые ранее считались необходимыми только для прорастания, роста и развития самого растения. Биоактивные соединения включают алкилрезорцины, β -глюкан, каротиноиды, флавоноиды, фолиевую кислоту, лигнаны, луназин, фенольную кислоту, фитиновую кислоту, фитостерины и токолы [165].

Ячмень является ценным источником нативных нутриентов, что предопределяет актуальность его использования при создании обогащенных мучных кондитерских изделий.

Гречка. Гречка имеет высокую питательную ценность. В ее состав входят такие биологически активные соединения, как флавоноиды, полисахариды,

жирные кислоты, аминокислоты, белки, фагопирины, иминосахара, крахмал, пищевые волокна, минералы и витамины. Гречка также содержит микро- и макроэлементы, такие как натрий, медь, калий, цинк, железо, магний, марганец и кальций. Химический состав и фитохимический профиль придают гречке свойства, оказывающие положительное влияние на здоровье человека, в том числе кардиозащитные, гепатопротекторные, нейропротекторные, антиоксидантные, противомикробные, противовоспалительные, антидиабетические, улучшающие когнитивные функции, снижающие уровень холестерина и артериального давления. Химический состав гречки представлен белком (10,6–21,6%), крахмалом (40,7–78,4%) золой (1,82–4,08%), жиром (2,34–7,20%), пищевыми волокнами (0,78–0,91% растворимыми и 5,89–26,6% нерастворимыми) [166, 228, 229].

Гречка имеет более высокую биологическую ценность благодаря хорошо сбалансированному аминокислотному профилю белка и богата незаменимыми аминокислотами, такими как лизин и аргинин. Белок гречки в основном представлен четырьмя различными фракциями: альбумином, глютелином, проламином и глобулином. Исследование зерна гречки подтвердили наличие 43,8% альбумина (богатого треонином, гистидином, валином, лизином, фенилаланином, изолейцином и лейцином); 10,5% проламина (богатого треонином, изолейцином, гистидином и валином); 14,6% глютелина (богатого гистидином, валином, треонином, лейцином, изолейцином); 7,82% глобулина (с лизином и метионином) [166, 230, 231]. Гречка является хорошим источником пищевых волокон. Фракции клетчатки гречки состоят из 39% целлюлозы, 1,8% пектина, 20% лигнина и 39% гемицеллюлозы [232] [249]. Гречка обыкновенная содержит 37–47 г/кг линолевой кислоты и 20–36 г/кг олеиновой кислоты [233].

Витамины также играют важную роль в пищевой ценности гречки. Гречка содержит витамин В (В1 (тиамин), В2 (рибофлавин), В3 (ниацин), В5 (пантотеновая кислота) и В6 (пиридоксин)), витамин С (аскорбиновая кислота), витамин Е и витамин К. В семенах гречихи присутствуют гамма-(γ)-токоферол (117,8 мкг/г), δ -токоферол (7,3 мкг/г) и α -токоферол (2,1 мкг/г). Такие витамины,

как тиамин, витамин В6, фолат и ниацин, участвуют в преобразовании углеводов в энергию, необходимую для развития мозга и его функций, формирования эритроцитов, пищеварительной системы, нервов и кожи [234-236]. Цельнозерновая гречка содержит в два-пять раз больше фенольных соединений, чем овес и ячмень. В отличие от большинства круп, наибольшее количество биоактивных соединений в гречневой крупе находится в свободной форме, распределенной по всему зерну [164, 166]. Многочисленные исследования, направленные на идентификацию молекулярных соединений гречки, оказывающих положительное влияние на здоровье, показали, что протеины и полифенолы, в основном рутин и кверцетин, являются наиболее активными ее соединениями. Гречка привлекает все большее внимание благодаря своим полезным свойствам при целиакии; за счет способности регулировать иммунную систему, включая предотвращение кишечного дисбаланса в составе кишечной микробиоты [165].

Гречка является недорогим сырьевым компонентом с высокой пищевой ценностью, что обуславливает актуальность ее использования в пищевых продуктах.

1.4.5 Использование толокна для модификации пищевого профиля сахарного печенья

Толокно является традиционным русским продуктом, который изготавливали на Руси с давних времен. Традиционно для приготовления толокна использовался овес, который промывали, очищали и замачивали в чистой воде на определенный период времени. В процессе замачивания происходило размачивание и набухание зерна, и начинались ростовые процессы. Вследствие этого в зерне накапливались различные ферменты, деятельность которых приводила к существенным изменениям химических веществ ядра, в первую очередь, крахмала. Некоторое время зерно находилось в закрытых сосудах, затем сушилось и размалывалось в муку. Для томления толокна использовали русскую

печь, а для размола томленного и высушенного овса – мельницы-жернова [237, 238].

В современной классификации пищевой продукции толокно относится к категории пищевых концентратов. Данная группа продуктов представляет собой механические смеси или продукты, состоящие из одного вида сырья, предварительно подвергнутые обработке и подготовленные к использованию в качестве пищи. Высокие уровни механического и теплового воздействия при проведении технологического процесса их получения обеспечивают высвобождение питательных веществ перерабатываемого сырья от клетчатки, сильное разрушение стенок растительных клеток, клейстеризацию и декстринизацию крахмала, частичную или полную денатурацию белков. В пищевых концентратах воздействие высоких температур во влажной среде способствует частичному гидролизу белков, углеводов и других питательных веществ и лучшему усвоению их организмом. Пищевая ценность концентратов формируется, в первую очередь, составом продуктов, из которых они приготовлены [239].

Существует много способов производства толокна. Наиболее распространёнными при промышленном производстве являются два из них. При первом способе в технологический процесс не входят стадии замачивания и томления зерна. В получаемом продукте крахмал не полностью декстринизирован. Зерно очищают от посторонних примесей и зерновой вредной примеси. Фракцию зерна, используемую для производства толокна, подвергают мойке. При мойке происходит увлажнение зерна и значительное снижение его зольности вследствие удаления минеральных загрязнений. Степень увлажнения зависит от продолжительности воздействия воды и ее температуры. Мытое зерно варят в пароварочном аппарате в течение 50 мин при давлении 0,15 МПа, затем высушивают до массовой доли сухих веществ 92-93% и размалывают.

При втором способе производства толокна очищенное от сорной и зерновой примеси зерно замачивают в воде в течение 6-8 часов и затем подвергают томлению в котлах с мешалкой и паровой рубашкой в течение 6-8 часов при

давлении 0,4 МПа при температуре 40-45°C. Томленное зерно подсушивают при температуре 65-70°C до массовой доли сухих веществ 92-92,5% и размалывают [237].

На изменение коллоидно-химических свойства крахмала и белков зерна при производстве пищевых концентратов существенное влияние оказывает процесс гидротермической обработки (нагревании зерна в присутствии определенного количества воды). Отличие гидротермической обработки от процесса варки крупяных продуктов заключается в меньшем структурном изменении крахмала, белка и других веществ, определяющих физико-химические свойства конечного продукта. (рисунок 1.4.5.1) [238, 240].

Температура нагрева	Процессы изменения веществ
30°C	Усиление активности ферментов
30°C-40°C	Некоторое ослабление клейковинного комплекса
до 45°C	Улучшение эластичности теста и клейковины
50°C-60°C	Уменьшение растяжимости клейковины
свыше 60°C	Частичная или полная денатурация белков

Рисунок 1.4.5.1 - Процессы изменения веществ при гидротермической обработке зерна

При проведении процесса гидротермической обработки зерна происходит частичная или полная клейстеризация и частичный гидролиз крахмала с образованием декстринов, что обуславливает увеличение в продукте водорастворимых веществ. Процесс клейстеризации приводит к нарушению внутренней структуры крахмальных зерен и связыванию молекул воды с их гидроксильными группами, что приводит к увеличению сухого вещества в крупе. Степень клейстеризации крахмала при гидротермической обработке зависит от свойств крахмала, количества использованной воды и длительности температурного воздействия. Механизм клейстеризации крахмала заключается в растворении амилозы с образованием нестойкого раствора низкой вязкости в образовании стойкого геля из амилопектина. В результате тепловой обработки происходит сворачивание и коагулирование белковых веществ зерна, что

приводит к снижению содержания в них водорастворимых веществ. Известно, что коагулированные белки лучше усваиваются человеческим организмом. Гидротермическая обработка зерна способствует образованию меланоидинов (темноокрашенных соединений) вследствие реакции между углеводами, содержащими альдегидные группы, аминокислотами и редуцирующими сахарами [241-243].

Толокно является готовым к употреблению продуктом, обладает сладковатым вкусом и приятным зерновым ароматом. Оно может использоваться в производстве мучных кондитерских изделий без изменения технологического процесса, так как по основным физическим свойствам схоже с пшеничной мукой. Толокно находит свое применение в создании продуктов для детского и диетического питания, а также в производстве мясных, молочных продуктов и напитков. Однако, использование толокна в мучных кондитерских изделиях пока еще не получило широкого распространения [244-250].

1.5 Влияние основных рецептурных компонентов на процесс тестообразования и качественные характеристики мучных кондитерских изделий

Основными ингредиентами, используемыми при производстве печенья, являются мука пшеничная, жир и сахар. Качественные характеристики печенья зависят от вида, количества и рецептурного соотношения используемых ингредиентов.

Мука пшеничная. Мука является основным рецептурным компонентом мучных кондитерских изделий группы печенья. Пшеничное зерно содержит около 85% эндосперма, 13% отрубей, около 2% составляет зародыш [165, 215, 227].

Классификация муки по степени ее измельчения регулируется законодательством различных стран, в которых выход муки при помоле должен соответствовать пороговому значению ряда параметров, в частности содержанию белка, золы и количеству отрубей (рисунок 1.5.1) [165, 215, 251].

Тип муки			Зола, %	Белок %	Выход муки, %	Наименование (назначение) муки
Германия	Франция	Италия				
405	45	00	<0,50	~ 9	<65	Кондитерская мука
550	55	0	~ 0,55	~ 11	~70	Мука общего назначения
812	80	1	~ 0,8	~ 14	~80	Мука с высоким содержанием клейковины
1050	110	2	~ 1	~ 15	~ 85	Мука низких сортов
1700	150	Farina integrale	>1,7	~ 13	>90	Цельнозерновая мука

Рисунок 1.5.1 - Классификация муки по степени измельчения в разных странах

Пшеница бывает твердозерной или мягкозерной. Зерна сортов твердой пшеницы содержат прочные связи между белком и крахмалом, ядро имеет плотную структуру с минимальным количеством воздушных пространств. Вследствие высокого содержания клейковинного белка мука из сортов твердой пшеницы образует тесто с высокими эластичными свойствами и является оптимальным сырьем для производства хлеба [252].

Для сортов печенья из вязко-пластичного теста, в состав которого входит большое количество сахара и жира, рекомендуется использовать муку из сортов мягкой пшеницы, содержащую порядка 7–9% клейковинных белков (рисунок 1.5.2) [252].

Тип муки	Общее содержание белка, %	Целевое использование
Мука для выпечки тортов (Cake flour)	7.5–8.5	Пироги, хлеб быстрого приготовления, кексы, панкейки, блины. Обеспечивает образование в изделии нежного мякиша.
Кондитерская мука (Pastry flour)	8–10	Открытые пироги и кондитерские изделия
Мука быстрого приготовления (Instant flour)	9.5–11	Соусы и подливы
Отбеленная универсальная мука (Bleached flour)	9.5–12	Мука общего назначения для некоторых видов хлебобулочных и мучных кондитерских изделий.
Мука для хлеба (Bread flour)	11.5–12.5	Дрожжевые сорта хлеба, паста, пицца
Мука из пшеницы дурум (семолины)	13–13.5	Паста

Рисунок 1.5.2 - Рекомендации по целевому использованию пшеничной муки в зависимости от содержания белка

За счет развития клейковины в процессе тестообразования происходит формирование структуры кондитерского теста, обеспечивается удерживание остальных рецептурных компонентов (сахара, жира, воды и т.д.) во всем объеме пищевой системы. Важной характеристикой пшеничной муки является ее гранулометрический состав. Гранулометрический состав муки отражает размеры ее частиц и может варьироваться в зависимости от типа муки и методов ее производства. Обычно гранулометрический состав муки описывается в процентах на каждую фракцию размером частиц. Например, мука может быть классифицирована по следующим размерам фракций (рисунок 1.5.3) [252].

Фракции муки	Размеры, мкм
Грубая фракция	свыше 500
Крупная фракция	180-500
Средняя фракция	90-180
Мелкая фракция	45-90 мкм
Пыль или мелочь	менее 45 мкм

Рисунок 1.5.3 – Классификация муки по размеру фракций

Гранулометрический состав муки может использоваться для определения ее качества и пригодности для различных видов выпечки. Он может влиять на обработку теста, его вязкость и плотность, а также на текстуру и консистенцию готового продукта. От гранулометрического состава муки зависит ее дисперсность, характеризующая размер частиц муки и ее однородность. Чем меньше частицы муки и чем более однородное распределение их размеров, тем выше дисперсность муки. Дисперсность муки может влиять на качество и свойства мучных кондитерских изделий, такие как текстура, объем и мягкость. Оптимальная дисперсность муки зависит от конкретного применения и может различаться для разных типов выпечки. Различные фракции муки отличаются по своему химическому составу. Частицы размером до 15 мкм содержат белка в два раза выше, чем в исходной муке, частицы от 15 до 40 мкм богаты зернами крахмала среднего размера с малым количеством белка (50-65%). В частицах размером выше 40 мкм уровень белка тот же, что и в исходной муке (рисунок 1.5.4) [253-255].

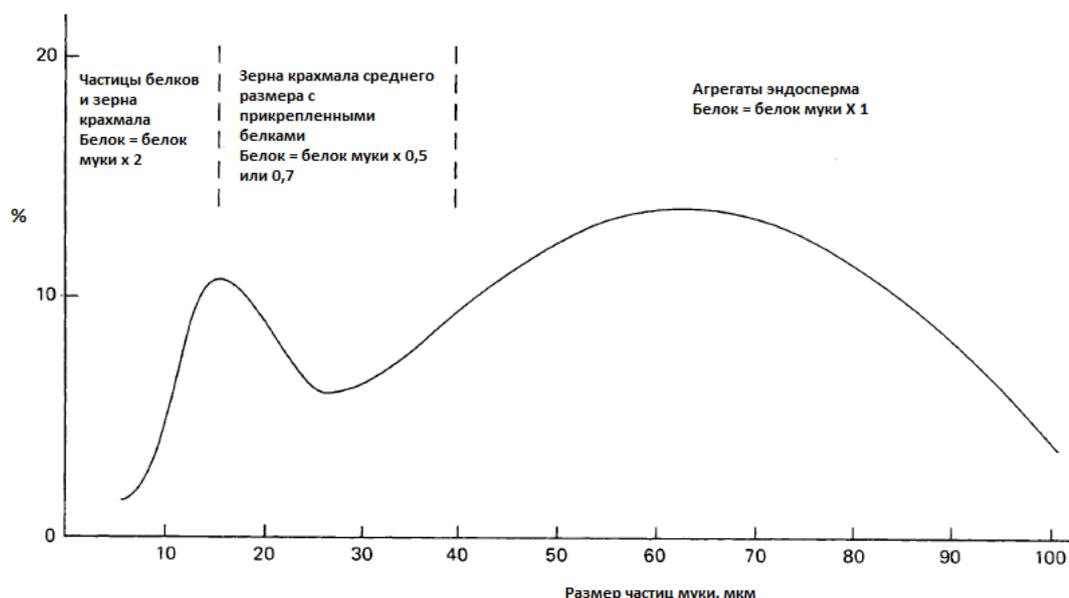


Рисунок 1.5.4 – Диаграмма ранжирования типичного образца пшеничной муки по размерам частиц

Основной частью муки является крахмал (68–76%), который присутствует в ней в виде мелких зерен или гранул. Некоторые гранулы крахмала повреждаются в процессе помола или при хранении муки во влажных условиях. В отличие от неповрежденного крахмала, поврежденные крахмальные гранулы могут поглощать воду в количестве около 30% от своего веса, что отрицательно сказывается на реологических характеристиках теста и качественных показателях сахарного печенья [253-255].

Другими углеводами муки являются камеди (2–3%), в первую очередь, пентозаны. Несмотря на незначительное количество пентозанов, они играют важную роль в формировании структурно-механических характеристик теста и готовых изделий за счет их способности поглощать большое количество воды (примерно в 10 раз больше своего веса). Пентозаны увеличивают вязкость кондитерского теста. Небольшие количества, присутствующие в пшеничной муке, взаимодействуя с глютенем, улучшают прочность и структуру теста. Наличие большого количества пентозанов оказывает отрицательное влияние на качество теста, приводя к снижению объема готовых изделий. Камеди являются растворимыми пищевыми волокнами. Несмотря на то, что в пшеничной муке присутствует незначительное количество липидов (1–1,5 процента), они играют

значительную роль в формировании клейковины. Из-за своего жирнокислотного состава липиды пшеницы склонны к окислению, что ограничивает срок хранения муки [255]. Основными технологическими функциями пшеничной муки в кондитерском тесте являются: формирование структуры теста на стадии тестообразования вследствие развития клейковинных белков, удержание рецептурных компонентов внутри полученной пищевой системы и формирование структурных характеристик готовых изделий [251].

Моно- и дисахариды. В производстве сахарного печенья чаще всего используют сахарозу в твердом виде и разные виды сиропов (инвертный, глюкозно-фруктозный и т.д.). Сиропы представляют собой смеси одного или нескольких моно- и дисахаридов, растворенных в воде, обычно с небольшими количествами других компонентов (кислот, красителей, ароматизаторов, загустителей) [251, 253-255]. Сахароза способствует захватыванию воздушной фазы на стадии тестообразования, обеспечивая хорошую структуру, вкус и текстуру продукта. Мон- и дисахариды также способствует удержанию влаги в изделии, продлевая его свежесть. Сахароза, в зависимости от количества присутствующей воды в тесте, полностью или частично растворяется при замесе, а затем после выпечки рекристаллизуется или образует аморфную стекловидную структуру, оказывая тем самым существенное влияние на текстуру выпеченного изделия [140-142].

Лактоза может присутствовать в составе печенья либо в качестве рецептурного компонента или в составе сухого молока или сыворотки. Для повышения хрупкости печенья в его рецептурный состав могут добавляться мальтодекстрины, представляющие собой высушенный глюкозный сироп с низким декстрозным эквивалентом.

Количество сахарозы, переходящей в водный раствор при замесе теста, зависит от его гранулометрического состава и имеет существенное влияние на реологические свойства теста. В водной фазе молекулы сахарозы покрываются гидратными оболочками, обуславливая снижение скорости диффузии при осмотическом набухании белков муки и, как следствие, ограничивая развитие

клейковины. Гигроскопичность моно- и дисахаридов повышает мягкость и влажность выпеченных изделий, их присутствие способствует увеличению срока годности, сохраняя хлебобулочные изделия от высыхания и черствения, участвует в реакции меланоидинообразования.

Меланоидины совместно с продуктами карамелизации сахарозы придают готовым выпеченным изделиями характерный цвет и аромат [251, 253-255].

Жиры, масла и эмульгаторы. Печенье является продуктом длительного хранения, в связи с этим используемые при его производстве жиры должны быть устойчивыми к процессам порчи. Высокая технологичность жира при производстве сахарного печенья обусловлена, в первую очередь, его пластическими свойствами, т.е. соотношением твердой и жидкой фаз при температуре замеса теста [251, 253-255]. С физико-химической точки зрения жиры взаимодействуют с дисперсной фазой адсорбционно на границе раздела фаз, тем самым, препятствуя контактному сцеплению частиц гетерогенной системы, ослабляют взаимную связь между ними и снижают возможность проникновения влаги в частички муки. В результате этого ограничивается их набухание, сцепление между частицами ослабевает и вязкость снижается. В процессе смешивания жир покрывает частицы муки, предотвращая развитие клейковины муки, в результате чего печенье становится хрупким и рассыпчатым [153-156]. Жир также играет важную структурную роль в производстве бисквитных изделий и кексов, в которых пузырьки воздуха образуют дисперсную фазу, а эмульсия является дисперсионной средой, состоящей из их яиц, сахара, жира и воды, в которой диспергирована мука. На первом этапе смешивания жир способствует захвату пузырьков воздуха и удержанию их в матрице теста, обеспечивая аэрацию изделий и образование легкой рыхлой структуры в процессе выпечки. Жир также обладает важными эмульгирующими свойствами и позволяет добавлять большое количество жидкости на стадии замеса теста, что придает готовому изделию мягкую рассыпчатую текстуру [62, 63]. Наличие небольшого количества твердого жира в тесте во время смешивания и формования имеет важное значение. Использование жидких растительных масел

или слишком высокая температура теста, приводящая к плавлению жира, приводят к снижению его качественных характеристик. С другой стороны, жир должен быть достаточно деформируемым, чтобы хорошо смешиваться с другими компонентами. Рекомендуется, чтобы при температуре замеса жир содержал не менее 15-20% твердых триглицеридов (ТТГ). Увеличение содержания жира в кондитерском тесте обуславливает изменение его реологических характеристик, способствуя повышению пластических свойств, обеспечивает получение мягкой структуры и высоких сенсорных характеристик готового изделия. Добавление жира в тесто позволяет уменьшить количество воды, необходимое для получения теста желаемой консистенции.

Использование эмульгаторов способствует более тонкому диспергированию и равномерному распределению жира во всем объеме теста, повышает стабильность теста при проведении процессов формования, предотвращает миграцию влаги и улучшает структуру готового изделия. В качестве эмульгатора при производстве сахарного печенья в основном используется лецитин [251, 253-255].

Вода. Водная фаза теста играет важную роль в формировании структуры теста и готового изделия. Вода необходима на этапе замеса теста, но при этом ее следует рассматривать, в первую очередь, как технологическую добавку, а не как компонент рецептуры. Это связано с тем, что добавленная вода вместе с водной фазой остальных рецептурных компонентов (муки, меланжа, сиропов и т.д.) в значительной степени удаляются в процессе выпечки. Ограниченное количество воды, используемой в рецептуре печенья, и, как следствие, ее недоступность белковым веществам муки и крахмалу на стадии замеса теста способствует образованию хрупкой рассыпчатой структуры печенья. Можно выделить основные функции воды в производстве печенья: обеспечение образования клейковины и набухания крахмала; растворение соли, разрыхлителей и т.п. При производстве печенья вода добавляется на этапе замеса теста или поступает в составе сырья с высокой массовой долей влаги и удаляется на этапе выпечки [251, 253-255].

1.6 Закономерности структурообразования пищевых кондитерских систем при производстве мучных кондитерских изделий

1.6.1 Структура и особенности структурообразования пищевых дисперсных систем

Пищевые системы сложны по своей природе, поскольку обладают целым спектром разнообразных свойств. Характер взаимодействия между сырьевыми компонентами является одним из важнейших факторов, формирующих структуру пищевых систем и определяющих их свойства, поскольку он влияет как на сенсорное восприятие, так и на конечную доступность нутриентов при употреблении продукта [256-258].

В процессе переработки сырья и полуфабрикатов их структура изменяется, что оказывает существенное влияние на формирование новых структурных характеристик получаемых изделий. Под структурой дисперсных систем понимают пространственное расположение находящихся во взаимосвязи структурных элементов рассматриваемой системы. Разные виды структур обладают определенным набором структурных характеристик, среди которых: соотношение количества частиц дисперсной фазы и дисперсионной среды, размер частиц дисперсной фазы, концентрационный фактор, величина удельной поверхности частиц дисперсной фазы.

Изменение структуры пищевой дисперсной системы может происходить под влиянием множества факторов, таких как тепловое, механическое и химическое воздействие, а также изменение межфазной поверхности или свободной поверхностной энергии. В результате переработки, происходят количественные и качественные изменения в структурных характеристиках дисперсной системы, сопровождающиеся определенными физико-химическими процессами [259].

Создание заданной структуры имеет большое значение при разработке или модификации рецептурного состава кондитерских изделий, поскольку она

является важным дескриптором органолептических показателей и одним из основных идентификационных признаков изделий внутри групп. Формирование структуры мучных кондитерских изделий происходит на всем протяжении производственного цикла, начиная с операций подготовки сырья и полуфабрикатов к производству (просеивания, растворения, набухания и т.п.). Структурообразование готового изделия во время выпечки и последующего охлаждения является лишь завершающим этапом этого процесса. Для получения продуктов с однородной структурой необходимо создать оптимальные условия на начальных этапах их формирования. Это позволит обеспечить качественное проведение последующих технологических операций [259].

Направленное проведение процесса образования структуры зависит от множества факторов, управление которыми обеспечивает получение изделий со стабильными показателями качества. Качественные характеристики готового изделия определяются совокупностью свойств входящих в него пищевых систем, находящихся в тесной взаимосвязи. Свойства пищевых систем формируются в ходе сложных процессов преобразования и внутри одной единой системы готового изделия оказывают влияние друг на друга. Условия и закономерности образования и изменения пищевых систем в процессе переработки и хранения имеют решающее значение для обеспечения стабильности качества конечного продукта и его хранимоспособности в течение установленного срока годности [260].

Процесс производства, основанный на использовании дисперсных систем, включает изменение соотношений отдельных фаз внутри системы на разных этапах технологического процесса. Это приводит к изменению структурных характеристик системы. Технологический процесс получения мучных кондитерских изделий как процесс преобразования пищевых дисперсных систем складывается из следующих основных стадий, приведенных на рисунке 1.6.1.1.

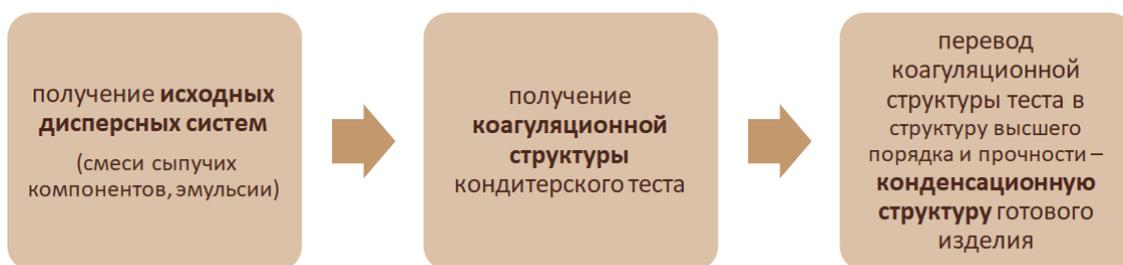


Рисунок 1.6.1.1 - Основные стадии технологического процесса преобразования пищевых кондитерских систем

Для эффективного управления процессами преобразования структур на всех этапах производства необходимо иметь полное представление о свойствах и структурных характеристиках дисперсной системы на каждом этапе технологического цикла, а также иметь комплекс показателей, позволяющих оценивать ее качественные характеристики [259]. Управление свойствами пищевых дисперсных систем выступает в данном случае важным инструментом управления процессом образования структуры, реологическими и физико-химическими свойствами кондитерских масс и готовых изделий с заданными показателями качества.

Таким образом, одной из важных задач в области управления качеством конечного продукта является разработка комплексных подходов к формированию заданных свойств пищевых дисперсных систем и обеспечению стабильности установленных параметров.

1.6.2 Основные типы и структурно-механические свойства кондитерских дисперсных систем

Кондитерские пищевые системы представляют собой лиофобные гетерогенные системы, характеризующиеся достаточно высокой концентрацией дисперсной фазы в дисперсионной среде и сильно развитой межфазной поверхностью. Структурно-механические свойства таких систем определяются, в первую очередь, характером взаимодействия частиц дисперсной фазы между собой и дисперсионной средой, а также реологическими характеристиками

последней. Интенсивность протекания коллоидных и физико-химических процессов на технологических стадиях производства кондитерских пищевых систем, в свою очередь, зависит от концентрации дисперсной фазы, уровня дисперсности и равномерности распределения частиц дисперсной фазы во всем объеме дисперсионной среды. Следовательно, одним из путей управления свойствами пищевых кондитерских систем в условиях массообменных процессов является управление дисперсностью твердой фазы, которая оказывает влияние на качественные характеристики систем и обуславливает их поведение в процессе проведения технологических операций.

В производстве сахарного печенья используется широкое разнообразие сырья и полуфабрикатов, относящихся к разному типу пищевых дисперсных систем, содержащих твердую фазу (рисунок 1.6.2.1).

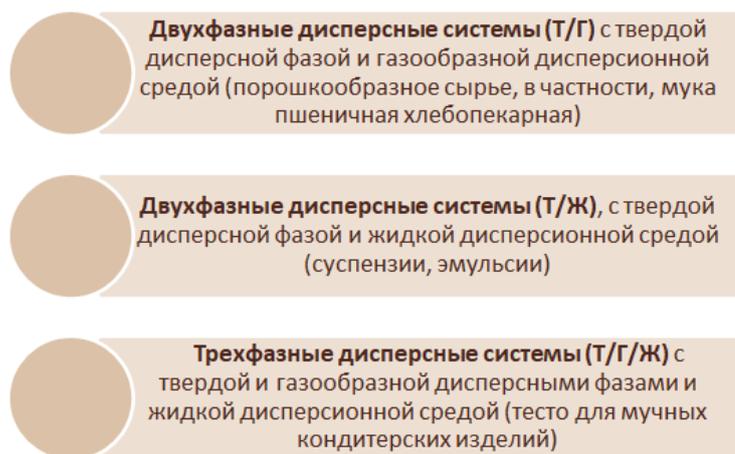


Рисунок 1.6.2.1 - Основные типы пищевых дисперсных систем

При производстве кондитерских изделий мучной группы особый интерес представляют высококонцентрированные трёхфазные дисперсные системы, свойства которых во многом определяют качественные и структурные характеристики готовых изделий.

Кондитерское тесто. Тесто для сахарного печенья является трехфазной системой, состоящей из жидкой, твердой и газовой фаз. Жидкая фаза преимущественно представлена водой с частично растворенными в ней рецептурными компонентами (сахаром, молоком сухим, яичным порошком и т.п.), инертным сиропом, солодовым экстрактом; твердая фаза – нерастворимыми

белковыми веществами и крахмалом муки пшеничной и толокна, пищевыми волокнами, нерастворенными кристаллами сахара. Количество газовой фазы в тесте незначительно и ее влияние на свойства теста минимально. Она образована захваченным при замесе воздухом, который диспергируется в результате механических воздействий и удерживается в тесте. В процессе замеса происходит формирование структурированной пищевой системы, в которой частицы твердой фазы соединены коагуляционными контактами через тонкие слои дисперсионной среды. Эта структура обладает сплошностью и формируется за счет взаимодействия между молекулами воды и твердыми частицами. Контакты между частицами образуются в областях наименьшей толщины слоя дисперсионной среды, близкой к бимолекулярному слою. Этот процесс является ключевым для формирования структуры пищевой системы во время замеса. Дальнейшему уменьшению толщины прослоек дисперсионной среды между частицами при их сближении (например, в результате перемешивания) препятствует возникновение у этих прослоек упругих свойств и структурной вязкости. Частицы дисперсной фазы фиксируются между собой в структурной сетке как минимум двумя точечными контактами. Дисперсной фазой теста являются частично набухшие белки муки, зерна крахмала, нерастворенные кристаллы сахара, дисперсионной средой - многокомпонентная водно-жировая эмульсия [154].

Структурно-механические свойства многокомпонентных кондитерских систем являются важными для успешной реализации технологических процессов. Они определяют, как система будет реагировать на внешние механические воздействия. Эти свойства имеют широкий диапазон возможных изменений и показывают чувствительность системы к разным видам внешних воздействий.

Структурно-механические свойства кондитерского теста обусловлены совокупностью факторов, основными из которых являются:

- толщина прослоек дисперсионной среды между частицами дисперсной фазы;
- величина сил сцепления между отдельными элементами пространственной структуры пищевой системы;

- взаимодействие отдельных элементов пространственной структуры с дисперсионной средой;

- степень развития структуры во всем объеме пищевой системы.

Вследствие наличия тончайших прослоек дисперсионной среды в участках сцепления частиц дисперсной фазы тесто обладает пластичностью, но пониженной прочностью по сравнению со структурами, образованными непосредственными фазовыми контактами между частицами (конденсационными или кристаллическими). Ориентация молекул в прослойках дисперсионной среды сообщает тесту некоторую механическую прочность и жесткость [154].

При переработке вязко-пластичного теста реологические характеристики являются важным и определяющим фактором его изменений на всех стадиях производственного цикла. Следовательно, для формирования коагуляционной структуры теста с заданными характеристиками, а также для эффективного управления технологическим процессом ее получения важным является определение комплекса показателей, эффективно характеризующих данную структуру, установление их оптимальных значений для обеспечения условий формирования требуемых реологических характеристик. Поскольку процесс получения готового изделия является переводом коагуляционной структуры в конденсационную, важнейшей задачей при проведении технологического процесса производства мучных кондитерских систем выступает направленное формирование коагуляционной структуры теста с заданными структурно-механическими (реологическими) характеристиками, определенным уровнем прочности и однородности. Одним из методов управления интенсивностью структурообразования кондитерского теста является снижение контактного взаимодействия между частицами твердой фазы. Достижение этого возможно использованием поверхностно-активных веществ различного строения и химической природы [154, 261].

Для кондитерского теста характерно наличие тиксотропных свойств, т.е. способности со временем восстанавливаться после снятия механической нагрузки или при ее снижении до уровня ниже величины предельного напряжения сдвига.

Однако полная тиксотропная обратимость и пластические свойства теста будут сохраняться лишь до определённых значений концентрации твердой фазы и степени ее дисперсности в его жидкой дисперсионной среде.

Коагуляционная структура кондитерского теста (наличие в нем тонких прослоек дисперсионной среды) обуславливает его высокую чувствительность к механическим нагрузкам, подтверждением которой является зависимость эффективной вязкости теста от скорости деформации и напряжения сдвига. В связи с этим из основных свойств, которыми должно обладать кондитерское тесто для печенья можно выделить следующие:

- тесто должно обладать высокой однородностью, сохраняющейся при механических нагрузках в процессе формования. Для этого тесто должно иметь определенные пластические свойства, то есть быть способным изменять форму под воздействием механических сил, сохраняя при этом свою однородность и целостность.

- когезионные свойства теста должны быть выше силы внешнего сцепления, т.е. сил адгезии, которые возникают при контакте теста с рабочими органами формующего оборудования. Это позволит предотвратить прилипание теста к поверхностям оборудования, обеспечивая эффективный процесс формования изделий;

- тесто должно обладать определенной вязкостью, при которой силы внутреннего трения преобладают над силами внешнего трения, возникающими при контакте с рабочей поверхностью формующего оборудования. Такое свойство обеспечивает точность формования изделий и предотвращает их деформацию в процессе обработки [154, 261].

Основными факторами, обуславливающими поведение вязко-пластичного теста в условиях воздействия на него внешних сил, являются: соотношение между концентрацией частиц в дисперсионной среде (дисперсность системы); характер взаимодействия частиц дисперсной (твердой) фазы в структуре теста и интенсивность прикладываемых к нему механических воздействий. Сахарное тесто относится к системам, характеризующимся высокой концентрацией

дисперсной фазы в достаточно ограниченном объеме дисперсионной среды. Выполнение данного условия является важным фактором формирования оптимальных пластично-вязких свойств теста.

Готовое изделие. В процессе выпечки вследствие удаления влаги из тестовой заготовки под действием высоких температур происходит отверждение и снижение количества дисперсионной среды в изделии. Процесс сопровождается увеличением концентрации дисперсной фазы с образованием агрегатов из твердых частиц и возникновением более прочных связей между ними. Происходит и изменение вида контактов между частицами: из коагуляционных контактов в тесте, в они переходят в прямые истинно фазовые в готовом изделии, что приводит к образованию в нем конденсационной структуры. Конденсационные системы характеризуются большей прочностью по сравнению с коагуляционными и после разрушения не восстанавливаются [154]. Многие виды мучных кондитерских изделий с низким содержанием влаги (ниже 10%) имеют хрустящую текстуру. Как правило, эта текстура связана со структурой твердой пены, в которой механические свойства определяются характеристиками пены (геометрией и плотностью ячеек) и вязкоупругими свойствами стенок ячеек [262].

Основные структурные особенности сахарного печенья заключаются в наличии мелкой пористости вследствие присутствия воздушных пустот небольшого размера, отсутствии эластичности и достаточной хрупкости, проявляющейся, в том числе, в быстром распаде на множество мелких частиц (агрегатов) при разжевывании. В процессе выпечки при повышении температуры под действием разрыхлителей происходит разрыхление тестовой заготовки и формируется структурный каркас готового изделия за счет образования и удерживания внутри тестовой заготовки газовой фазы в виде мелких пузырьков. С повышением температуры выпечки происходит постепенная денатурация белков и частичная клейстеризация крахмала, под действием разрыхлителей пузырьки газа расширяются и образуют пустоты, распределяющиеся в тесте. По мере удаления воды на конечных стадиях структура тестовых заготовок укрепляется.

Характерная хрупкая структура печени зависит от количества образовавшихся пор и толщины межпоровых ячеек, содержания влаги и ряда других факторов [153-155].

Управление процессом структурообразования на каждой стадии технологического цикла получения пищевых дисперсных систем обеспечивается созданием определенных условий для наиболее полного проведения процессов, способствующих формированию структуры. При разработке печени с модифицированным составом с целью установления оптимальных параметров направленного ведения технологического процесса и получения готовых изделий с заранее заданными стабильными характеристиками качества необходимо выявить закономерности и условия формирования структуры пищевых кондитерских систем на каждой производственной стадии, разработать способы управления их свойствами на всех этапах технологического процесса и определить оптимальные параметры проведения каждой технологической операции.

ВЫВОДЫ ПО ОБЗОРУ ЛИТЕРАТУРЫ

Представление о здоровом питании с течением времени претерпевает закономерные изменения, отражая более глубокое понимание роли, которую различные продукты играют в формировании здоровья людей. На фоне сложившейся неблагоприятной ситуации с характером и структурой питания в Российской Федерации и связанным с ней развитием алиментарно-зависимых заболеваний остро стоит проблема по поиску путей оптимизации рационов всех категорий населения. Приоритетным становится развитие научных исследований, направленных на развитие технологий и расширение рынка изделий с модифицированным пищевым профилем, в том числе специализированной продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста.

В России объём рынка функциональных и специализированных пищевых продуктов значительно отстаёт от мирового уровня. Тем не менее, спрос на специализированные кондитерские изделия для питания детей старше трех лет, а

вместе с тем и рынок данной продукции будет неуклонно развиваться и расти, следуя мировым тенденциям. Благодаря этому возрастет потребность в инновационных технологиях, рецептурах, разработанных с учетом современных требований к данной группе изделий и принципов здорового питания.

Реформулирование или направленное изменение рецептуры существующих пищевых продуктов в настоящее время является мировым трендом и одной из базовых стратегий повышения качества пищевой продукции, поскольку играет важную роль в формировании благоприятной пищевой среды, снижении уровня алиментарно-зависимых заболеваний и, как следствие, сокращении расходов на общественное здравоохранение. Изменение количества и соотношения отдельных компонентов в мучных кондитерских изделиях, является перспективным направлением совершенствования их пищевого профиля, поскольку требует минимальных финансовых затрат и изменений в пищевом поведении. Важными направлениями реформулирования рецептурного состава кондитерских изделий является разработка и внедрение способов компенсационной замены добавленного сахара без снижения их качества, изменения традиционной структуры и органолептических характеристик; снижение количества насыщенного жира, соли, обогащение изделий пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами.

Потребление цельнозерновых продуктов может снизить риск развития различных алиментарно-зависимых заболеваний. Для создания мучных кондитерских изделий с функциональной направленностью актуальными видами сырья являются продукты переработки овса, ячменя и гречихи. Овес и ячмень обычно перерабатываются как цельное зерно, и в них особенно много водорастворимых пищевых волокон, называемых β -глюканами. Гречка привлекает все большее внимание благодаря своим полезным свойствам при целиакии; за счет способности регулировать иммунную систему, включая предотвращение кишечного дисбаланса в составе кишечной микробиоты. Одним из продуктов переработки зерна является толокно - готовый к употреблению продукт, обладающий сладковатым вкусом и приятным зерновым ароматом.

Толокно находит свое применение в создании продуктов для детского и диетического питания, а также в производстве мясных, молочных продуктов и напитков. Однако, использование толокна в мучных кондитерских изделиях пока еще не получило широкого распространения.

Обобщая вышеизложенное можно сделать вывод, что создание мучных кондитерских изделий группы печенья, в том числе специализированных для питания детей дошкольного и школьного возраста, с модификацией их пищевого профиля путем снижения добавленного сахара, жира, соли и использования толокна в качестве источника пищевых волокон является актуальным и практически значимым направлением исследований, которое согласуется с государственной политикой Российской Федерации. При этом приоритетным направлением исследований выступает изучение функциональной роли сырьевых компонентов и особенностей структурообразования пищевых дисперсных систем, свойства которых формируют качественные и структурные характеристики готовых изделий.

ГЛАВА 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Организация работы и схема проведения исследования

В соответствии с поставленными задачами экспериментальные исследования проводились в лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. Ряд исследований по изучению качественных характеристик сырья и готовых изделий проводились совместно с лабораторией химии пищевых продуктов ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии».

Производственные испытания по отработке рецептур и технологии сахарного печенья с ячменным толком проводились в условиях цеха мучного производства ООО «КДВ Минусинск», г. Минусинск.

Структурная схема проведения исследований представлена на рисунке 2.1.1.

2.2 Объекты исследований

Объектами исследований являлись: печенье с толокном овсяным, ячменным, гречневым; вязко-пластичное кондитерское тесто со смесями муки и толокна; модельные суспензии со смесями муки и толокна; двухкомпонентные смеси муки и толокна и используемое сырье: толокно овсяное по ГОСТ 2929-75 (изготовитель ООО «Гарнец»); толокно ячменное по СТО 11822627-024-2015 (изготовитель ООО «Злаки Сибири»); толокно гречневое по СТО 001-46462154-2016 (изготовитель ООО «Ваше здоровье»).

При разработке сахарного печенья с зерновым толокном, обогащенного пищевыми волокнами, использовалось сырье и пищевые добавки, вырабатываемые по нормативно-технической документации и соответствующие требованиям Технических Регламентов: 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

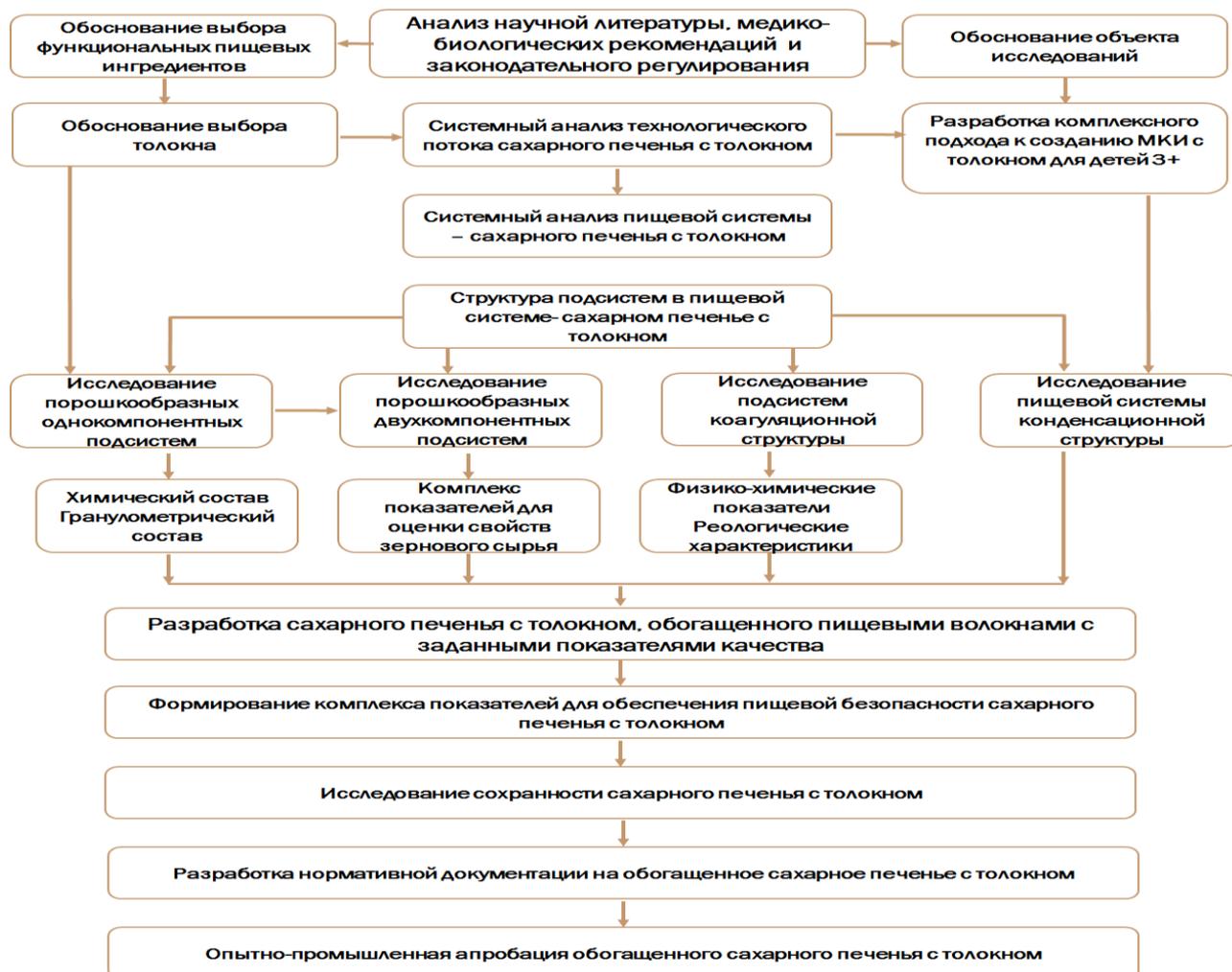


Рисунок 2.1.1 Структурная схема проведения исследований

2.3 Методы исследований

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

2.3.1 Методы исследований физико-химических показателей

Определение массовой доли влаги зернового сырья - по ГОСТ 9404-88, массовой доли влаги готового изделия по ГОСТ 5900-2014 [263, 264].

Определение массовой доли белка в зерновом сырье – по ГОСТ 10846-91, массовой доли белка в готовом изделии – по ГОСТ 34551-2019 [265, 266].

Определение массовой доли жира в зерновом сырье – по ГОСТ 29033-91, массовой доли жира в готовом изделии – по ГОСТ 31902-2012 [267, 268].

Определения содержания пищевых волокон в зерновом сырье и готовом изделии проводили по МУК 4.1.3697-21 [269].

Определение массовой доли золы в зерновом сырье - по ГОСТ 27494-2016 [270].

Определение жирнокислотного состава зернового сырья - по ГОСТ Р 31663-2012 [271].

Определение гранулометрического состава, среднего размера частиц и коэффициента однородности зернового сырья – по ГОСТ 29234.3-91 [272].

Определение насыпной плотности комплексных смесей зернового сырья проводили по методике МВИ № 93-19825192-2021, разработанной ВНИИ кондитерской промышленности. Сущность метода заключается в определении объема определенного количества муки, насыпанной в мерную прозрачную посуду, с дальнейшим расчетом насыпной плотности. Насыпную плотность муки определяли путем взвешивания 0,005 кг муки (m_M) в предварительно взвешенный цилиндр объемом 25 см³ с ценой деления 1 мл и измеряют объем (V_M), который заняла мука. Для получения точных измерений объема дно цилиндра с мукой простукивали по плотной поверхности до достижения постоянного объема и визуально измеряли объем муки. Насыпную плотность (ρ_M) рассчитывали по формуле:

$$\rho_M = \frac{m_M}{V_M}, \text{ кг/м}^3 \text{ (2.3.1.1)}$$

где: m_M – масса муки, кг;

V_M – насыпной объем муки, м³.

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до целого знака.

Определение коэффициента набухания зернового сырья проводили по методике МВИ № 92-19825192-2021, разработанной в рамках данного

исследования. Сущность метода заключается в определении объема сухой муки и объема набухшей муки при смешивании ее с водой комнатной температуры. Далее производится расчет коэффициента набухания. В предварительно взвешенный цилиндр объемом 50 см^3 с ценой деления 1 мл взвешивали 5 г муки и измеряли объем ($V_{\text{м}}$), который заняла мука. Далее к муке взвешивали и приливали 25 г воды ($m_{\text{в}}$) с температурой ($t_{\text{в}}$) 24°C . Полученную массу перемешивали стеклянной палочкой в течение двух минут. Мука должна быть равномерно перемешана. Суспензию из муки и воды выстаивали в течение двух часов, до появления четкой границы между мукой и водой. Визуально измеряли объем набухшей муки ($V_{\text{н.м.}}$). По полученным результатам рассчитывали коэффициент набухания муки ($K_{\text{н.м.}}$). Коэффициент набухания ($K_{\text{н.м.}}$) рассчитывали по формуле:

$$K_{\text{н.м.}} = \frac{V_{\text{н.м.}}}{V_{\text{м}}} \quad (2.3.1.2)$$

где, $V_{\text{н.м.}}$ – объем набухшей в воде муки, см^3 ;

$V_{\text{м}}$ – объем сухой муки, см^3 .

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до второго сотого знака.

Абсорбционную способность зернового сырья по воде определяли по методике МВИ 120-19825192-2024, разработанной в рамках данного исследования. Сущность метода заключается в определении массы абсорбируемой в образце муки воды при их смешивании с последующим центрифугированием. В предварительно взвешенную пробирку от центрифуги помещали 2 г. исследуемого образца муки и заливали 20 мл воды. Полученную массу перемешивали в течение двух минут до равномерного распределения и выстаивали в течение 10 минут. Для получения точных измерений и возможности откалибровать вес пробирок с водой, пробирку центрифуги взвешивали на каждом этапе измерения. Далее пробирку с образцом помещали в центрифугу, где осуществляли центрифугирование образцов в течение 40 минут при скорости вращения 2500 об/мин. Затем производится разделение осадка и свободной воды.

Отделённая при центрифугировании вода полностью удаляется и взвешивается. Далее рассчитывали абсорбционную способность по воде по формулам: 1 и 2.

Массу абсорбированной водой муки рассчитывали по формуле 1:

$$m_{\text{аб.вод}} = m_{\text{вод}} - m_{\text{св.вод}} \quad (2.3.1.3)$$

где: $m_{\text{аб.вод}}$ - масса абсорбированной воды, г

$m_{\text{вод}}$ - масса воды, взятой для проведения анализа, г

$m_{\text{св.вод}}$ - масса свободной воды после центрифугирования, г

Абсорбционную способность муки по воде рассчитывали по формуле 2:

$$AC_{\text{в}} = \frac{m_{\text{аб.вод}}}{m_{\text{м}}} \times 100 \quad (2.3.1.4)$$

где: $AC_{\text{в}}$ - абсорбционная способность муки по воде, %

$m_{\text{аб.вод}}$ - масса абсорбированной воды, г

$m_{\text{м}}$ - масса образца муки, взятого для исследований, г

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до первого знака после запятой. Сходимость результатов определений (допустимое значение между результатами параллельных определений) не должна превышать 3 %.

Определение индекса растворимости осуществляли по методике МВИ 121-19825192-2024, разработанной в рамках данного исследования. В предварительно взвешенную пробирку от центрифуги объемом 50 мл помещали 2 г исследуемого образца муки и добавляли 20 г воды с температурой $22 \pm 1^\circ\text{C}$. Полученную массу перемешивали в течение двух минут до равномерного распределения и выстаивали в течение 10 минут. Для получения точных измерений и возможности откалибровать вес пробирок с водой, пробирку центрифуги взвешивали на каждом этапе измерения. Далее пробирку с образцом помещали в центрифугу, где осуществляли центрифугирование образцов в течение 40 минут при скорости вращения 2500 об/мин. Затем производили разделение осадка и свободной жидкости. Отделенную жидкость помещали в лабораторный бюкс и высушивали в сушильном шкафу при температуре 105°C до постоянного веса.

Индекс растворимости рассчитывали по формуле:

$$\text{ИР} = \frac{M_0 - M_1}{M_1} \times 100, \% \quad (2.3.1.5)$$

где: ИР – индекс растворимости, %

M_0 – масса навески, г

M_1 – масса растворенного вещества после высушивания, г.

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до второго знака после запятой. Сходимость результатов определений (допустимое значение между результатами параллельных определений) не должна превышать 3,2 %.

Абсорбционную способность зернового сырья по жиру определяли по методике МВИ 113-19825192-2023, разработанной в рамках данного исследования. Сущность метода заключается в определении массы абсорбируемого в образце муки масла при их смешивании с последующим центрифугированием. В предварительно взвешенную пробирку от центрифуги помещали 2 г. исследуемого образца муки и заливали 20 г жидкого рафинированного растительного масла. Полученную массу перемешивали в течение двух минут до равномерного распределения и выстаивали в течение 10 минут. Для получения точных измерений и возможности откалибровать вес пробирок с маслом, пробирку центрифуги взвешивали на каждом этапе измерения. Далее пробирку с образцом помещали в центрифугу, где осуществляли центрифугирование образцов в течение 40 минут при скорости вращения 2500 об/мин. Затем производили разделение осадка и свободного масла. Отделённое при центрифугировании масло полностью удаляли и взвешивали. Далее рассчитывали абсорбционную способность по жиру по формулам 1 и 2.

Массу абсорбированного мукой масла рассчитывали по формуле 1:

$$m_{\text{аб.мас}} = m_{\text{масвод}} - m_{\text{св.мас}} \quad (2.3.1.6)$$

где: $m_{\text{аб.мас}}$ - масса абсорбированного масла, г

$m_{\text{мас}}$ - масса масла, взятого для проведения анализа, г

$m_{\text{св.мас}}$ - масса свободного масла после центрифугирования, г

Абсорбционную способность муки по жиру рассчитывали по формуле 2:

$$AC_{\text{ж}} = \frac{m_{\text{аб.мас}}}{m_{\text{м}}} \times 100 \quad (2.3.1.7)$$

где: $AC_{\text{ж}}$ - абсорбционная способность муки по воде, %

$m_{\text{аб.мас}}$ - масса абсорбированной воды, г

$m_{\text{м}}$ - масса образца муки, взятого для исследований, г

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до первого знака после запятой. Сходимость результатов определений (допустимое значение между результатами параллельных определений) не должна превышать 5 %.

Гидрофильно-липофильный баланс рассчитывали по следующей формуле [273]:

$$\text{ГЛБ} = \frac{AC_{\text{в}}}{AC_{\text{ж}}} \quad (2.3.1.8)$$

где: $AC_{\text{в}}$ - абсорбционная способность муки по воде, %

$AC_{\text{ж}}$ - абсорбционная способность муки по воде, %

Определение количества и качества клейковины муки и зерновых комплексных смесей проводили по ГОСТ 27839-2013 [274].

Определение эффективной вязкости, напряжения сдвига и скорости сдвига модельных суспензий определяли с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2», работающего по принципу измерения усилия, которое нужно приложить к одному из двух коаксиально расположенных цилиндров, между которыми находится опытный образец.

Эффективную вязкость η , Па·с находили по формуле:

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{\tau}{\gamma} \quad (2.3.1.9)$$

где τ – напряжение сдвига, Па;

γ - скорректированный градиент скорости, сек^{-1} .

Определение активности воды теста и готовых изделий осуществляли на анализаторе AquaLab 4TE (Decagon Devices, США).

Определение плотности теста осуществляли по методике МВИ № 112-19825192-2023, разработанной в рамках данного исследования. Сущность метода заключается в определении объёмной массы вязко-пластичного теста.

Тесто, используемое для приготовления сахарного печенья, выкладывали на ровную поверхность. С помощью металлической выемки в виде кольца вырубали образец теста, который обрезали ножом по краю выемки. Подготовленный образец теста взвешивали на весах.

С помощью линейки измеряли диаметр и высоту металлической выемки.

Радиус выемки рассчитывали по формуле:

$$R = \frac{D}{2}, \text{ м (2.3.1.10)}$$

где D- диаметр окружности выемки, м;

R - радиус окружности выемки, м;

Площадь внутри окружности выемки рассчитывали по формуле:

$$S = \pi R^2, \text{ м}^2 \text{ (2.3.1.11)}$$

где: S –площадь внутри окружности выемки, м²

Внутренний объём выемки рассчитывали по формуле:

$$V = Sh, \text{ м}^3 \text{ (2.3.1.12)}$$

где: V- объём выемки, м³;

h - высота выемки, м;

Плотность теста равна внутреннему объёму выемки, с помощью которой вырубали тесто.

Плотность теста рассчитывали по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/ см}^3 \text{ (2.3.1.13)}$$

где: ρ - плотность теста, кг/ м³;

m - масса образца теста, кг.

За окончательный результат анализа принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений. Вычисление проводили с точностью до целого числа. Сходимость результатов определений (допустимое

значение между результатами параллельных определений) не должна превышать 5 %.

Определение прочности печени осуществляли по методике МВИ № 119-19825192-2024, разработанной в рамках данного исследования. Сущность метода заключается в определении усилия нагружения и предела прочности.

Исследуемую пробу помещали на специальный столик с опорами (СТ-2.35.00.000 СБ). Сменный нажимной инструмент представляет собой индентор «Держатель» (СТ-2.13.00.001 СБ) на который прикрепляется индентор «Пластина» (СТ-2.13.00.003). Подготовленную пробу печени устанавливали на столик с опорами. Индентор «Пластина» подводили к изделию и нажимали на кнопку «СТАРТ», предварительно установив режим работы прибора:

1.	Перемещение индентора «Пластина» со скоростью движения V_d вниз до контакта с пробой продукта с усилием F_k .	V_d , мм/с	- 0,5
		F_k , г	10
		t , с	100
2.	Внедрение индентора «Пластина» в пробу продукта на глубину h_b со скоростью нагружения V_n .	V_n , г/с	10
		H_b , мм	5
		F_{max} , г	4500
		t , с	1000
3.	Возврат индентора «Пластина» в базовую точку со скоростью движения V_d .	V_d , мм/с	3
		H_{max} , мм	10
		t , с	100

Прочность печени рассчитывали по формуле:

$$\sigma_n = \frac{F \times L}{4W}, \text{ Па} \quad (2.3.1.14)$$

где F – усилие, Н;

L – расстояние между опорами, м;

W – момент сопротивления поперечного сечения пробы, м^3 .

За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение результатов десяти определений. Сходимость результатов определений

(допустимое значение между результатами параллельных определений) не должна превышать 4,3 %.

Определение щелочности печенья проводили в соответствии с ГОСТ 5898-2022 [275].

Определение намокаемости печенья проводили по ГОСТ 10114-80 [276].

При исследовании печенья в процессе хранения измеряли показатели перекисного и кислотного чисел по методике МИ 2586-2000, разработанной ВНИИ кондитерской промышленности [277].

Массовую долю общего сахара в готовых изделиях определяли по ГОСТ 5903-89 [278].

Количество трансизомеров ненасыщенных жирных кислот в готовых изделиях определяли по ГОСТ 54867-2011 [279].

2.3.2 Методы исследований микробиологических показателей

При проведении исследований сохранности сахарного печенья с зерновым толокном определяли следующие микробиологические показатели: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов по ГОСТ 10444.15-94, бактерии группы кишечных палочек (колиформы) по ГОСТ 31747-2012, содержание дрожжей и плесневых грибов по ГОСТ 10444.12-2013, патогенные организмы, в том числе сальмонеллы по ГОСТ 31659-2012, коагулазоположительные стафилококки и *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 31746-2012 (ISO 6888-1:1999, ISO 6888-2:1999, ISO 6888-3:2003), бактерии рода *Proteus* по ГОСТ 28560-90 [280-285].

2.3.3 Методы исследований гигиенических показателей безопасности

При проведении исследований сохранности сахарного печенья с зерновым толокном определяли следующие показатели безопасности: содержание свинца – по ГОСТ 26932-86, содержание мышьяка – по ГОСТ 26930-86, содержание

кадмия - по ГОСТ 26933-86, содержание ртути - по ГОСТ 26927-86 [286-289]. Определение пестицидов проводили по МУ 2142-80 [290]. Определение микотоксинов проводили следующим образом: афлатоксина В₁ – по ГОСТ 30711-2001, дезоксиниваленола, зеараленона, Т-2 токсина - по МУК 4.1.787, охратоксин А – по МУК 4.1.2204-07, определение бенз(а)пирена - ГОСТ Р 51650 [291-294]. Определение радионуклидов проводили следующим образом: цезий - по ГОСТ 32161, стронций - МУК 4.3.2504-09 [295, 296].

2.3.4 Методы исследований органолептических показателей

Органолептические показатели печени определяли в соответствии с ГОСТ 5897-90 [297].

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Формирование комплексного подхода к созданию сахарного печенья для детей дошкольного и школьного возраста

Для разработки сахарного печенья, предназначенного для питания детей дошкольного и школьного возраста, сформирован комплексный подход, основанный на анализе законодательного регулирования в области создания данной категории изделий; модификации рецептурного состава печенья с учётом медико-биологических рекомендаций и принципов здорового питания; обеспечении потребительской приемлемости, технологической адекватности, пищевой безопасности готового изделия, а так же информационной доступности его маркировки.

Проведенный литературный обзор позволил установить, что рацион питания детей характеризуется избыточной калорийностью, а также недостаточным потреблением необходимых макро- и микронутриентов, включая пищевые волокна (Раздел 1.1). При этом ассортимент обогащенной пищевой продукции, особенно кондитерских изделий, весьма ограничен. Анализ медицинских рекомендаций выявил следующие направления совершенствования состава пищевых продуктов для питания дошкольников и школьников: повышение содержания цельных злаков, обогащение пищевой продукции макро- и микронутриентами, снижение критически значимых веществ (добавленного сахара, жира, пищевой соли). В соответствии с рекомендациями ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» уровнями избыточности критически значимых веществ для твердых продуктов являются: поваренная соль [натрий] – более 1,75 [0,70] г/100 г продукта; добавленный сахар - более 22 г/100 г продукта; жир - более 18 г/100 г продукта [298].

Мучные кондитерские изделия, включая различные виды печенья, занимают значительное место в рационе питания детского населения Российской Федерации, часто используются в качестве снековых продуктов для перекуса и

могут быть перспективным объектом для создания обогащенных продуктов, отвечающих потребностям детей дошкольного и школьного возраста (Раздел 1.2).

В работе проведен мониторинг фактического содержания критически значимых веществ (добавленного сахара, жира и соли) в традиционно выпускаемом ассортименте всех групп печенья, представленном в сборнике рецептур Всероссийского научного исследовательского института кондитерской промышленности: затыжном печенье (36 рецептур), сахарном печенье (70 рецептур), крекере (30 рецептур), галетах (8 рецептур), сдобном печенье (50 рецептур), овсяном печенье (7 рецептур) [299]. Данные анализа представлены на рисунках 3.1.1 – 3.1.3.

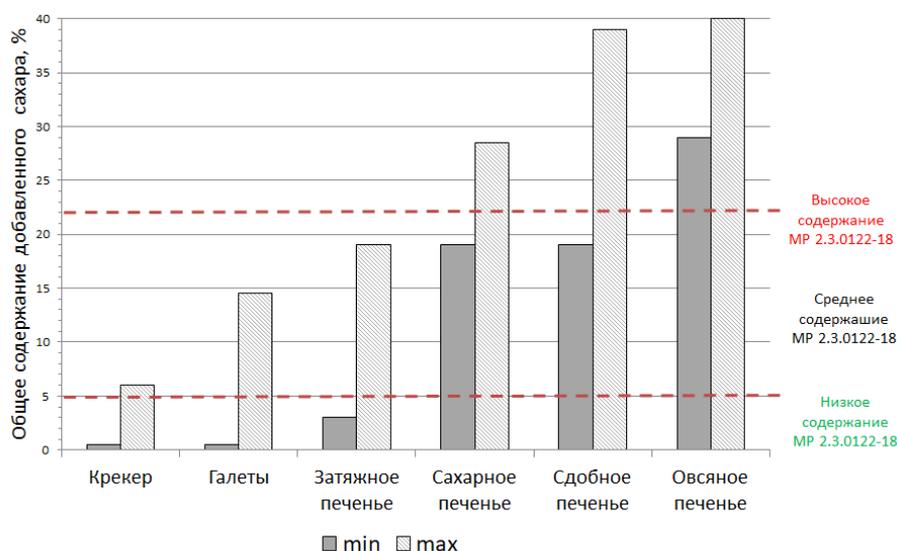


Рисунок 3.1.1 - Анализ рецептурного состава типичных представителей разных групп печенья по фактическому содержанию добавленного сахара

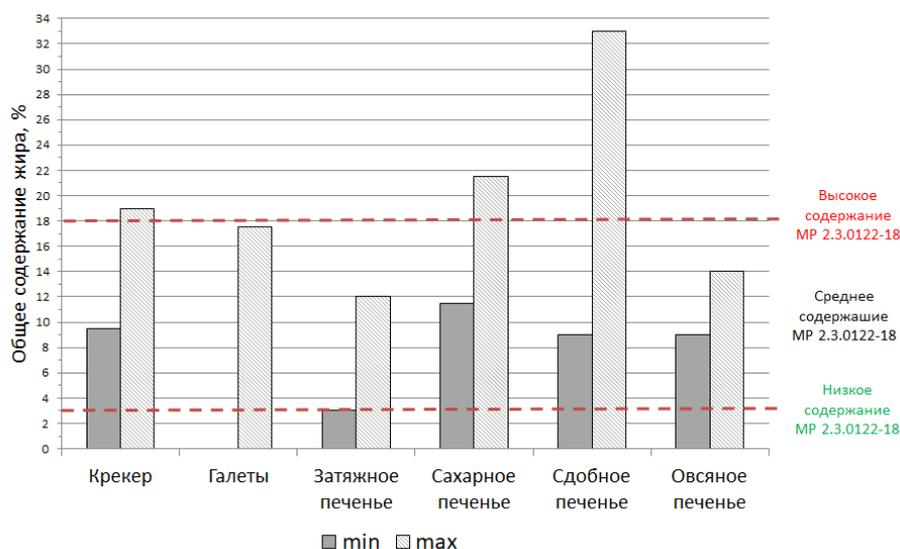


Рисунок 3.1.2 - Анализ рецептурного состава типичных представителей разных групп печенья по фактическому содержанию общего жира

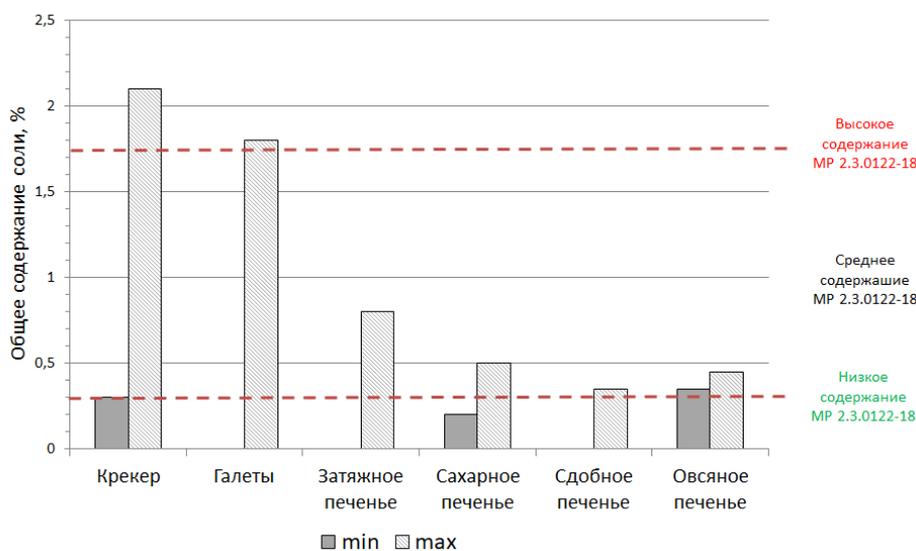


Рисунок 3.1.3 - Анализ рецептурного состава типичных представителей разных групп печенья по фактическому содержанию соли

Проведенный анализ рецептов печенья показал, что к категории продуктов с высоким содержанием добавленного сахара относится сахарное (до 28,5%), сдобное (до 39%) и овсяное печенье (до 40%). При этом сдобное и сахарное печенье содержат в своем составе значительное количество жира: сахарное до 21,5%, сдобное – до 30%. В рецептурах галет и крекера выявлено высокое содержание соли, остальные группы печенья содержат среднее ее количество. В отдельных рецептурах печенья содержание добавленного сахара, жира и соли

превышает установленные уровни избыточности этих веществ в продуктах питания в соответствии с рекомендациями ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». При этом традиционное печенье характеризуется практически полным отсутствием полезных нутриентов, в частности, пищевых волокон, являющихся физиологически значимыми пищевыми ингредиентами, способствующими снижению риска возникновения и развития широкого спектра алиментарно-зависимых заболеваний (Раздел 1.2.1).

Известно, что наибольший объем рынка печенья, в том числе для питания детей дошкольного и школьного возраста, занимает печенье сахарное (Раздел 1.2.2). Следует отметить, что снижение добавленного сахара, жира и соли в его составе ниже уровней избыточности данных компонентов в твердых продуктах не приведет к изменению критериев отнесения нового изделия к категории «сахарное печенье». В соответствии с определением ГОСТ 24901, сахарное печенье – это печенье с массовой долей общего сахара не более 35%, массовой долей жира не более 30%, массовой долей влаги не более 10% [300]. Все вышеизложенное доказывает актуальность использования сахарного печенья в качестве объекта для разработки мучных кондитерских изделий для детей старше трех лет, обогащенных естественными функциональными пищевыми ингредиентами – пищевыми волокнами из цельнозернового сырья.

Основные элементы комплексного подхода к созданию мучных кондитерских изделий с зерновым толокном для питания детей, сформированного для решения поставленных задач, представлены на рисунке 3.1.4.

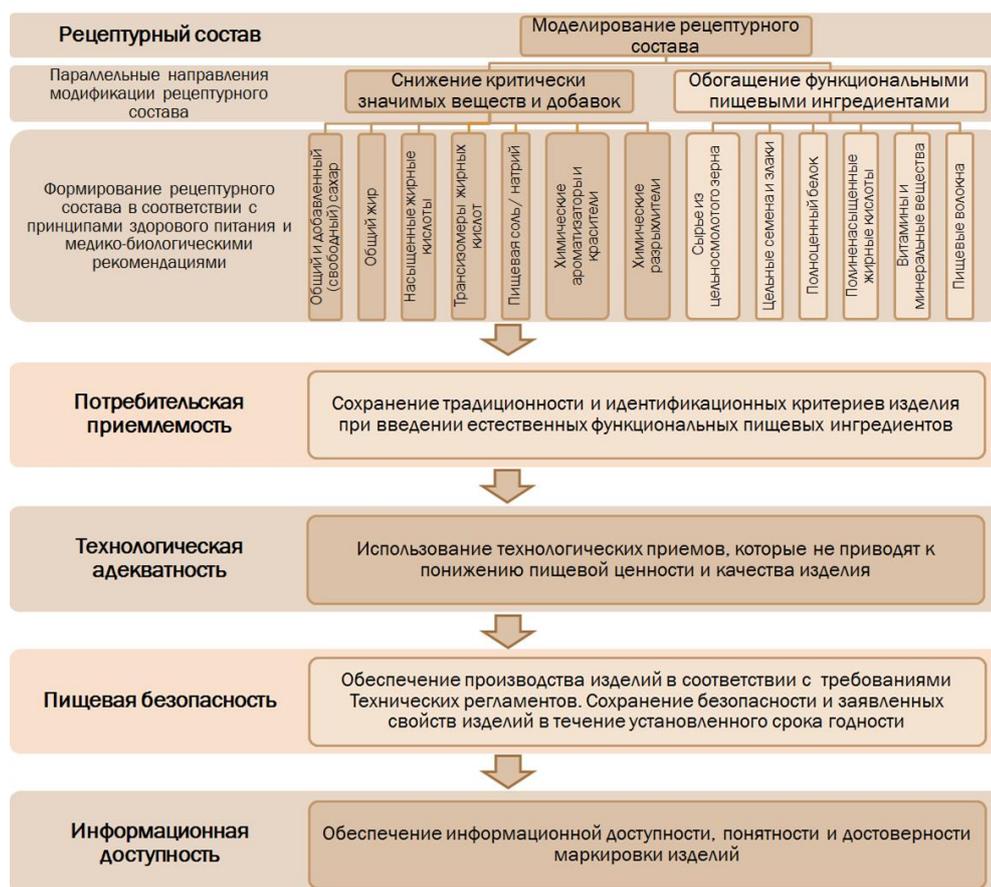


Рисунок 3.1.4 Основные элементы комплексного подхода к созданию сахарного печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста

Рецептурный состав. Важным элементом комплексного подхода выступает рецептурный состав, который обуславливает формирование комплекса качественных показателей, сенсорных характеристик и идентификационных критериев изделий группы печенья. Необходимо выделить два направления одновременных и параллельных действий в рамках моделирования рецептурного состава печенья для детей: снижение критически значимых веществ в изделии и обогащение его цельнозерновым сырьем с высоким содержанием пищевых волокон (толокна овсяного, ячменного, гречневого). Одновременность и параллельность указанных действий позволят обеспечить получение печенья с заранее заданными свойствами, не препятствующими проявлению физиологической активности входящих в его состав функциональных ингредиентов. Такой подход позволит оптимизировать состав печенья и одновременно исключит возможность чрезмерного потребления добавленного сахара, жира и соли. В работе формирование рецептурного состава печенья

осуществлялось с учетом дифференцированных критериев ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», определяющих уровни избыточности критически значимых веществ в твердых пищевых продуктах, которые составляют: для добавленного сахара – не более 22%, жира – не более 18%, пищевой соли – не более 0,3%.

Потребительская приемлемость. Моделирование рецептурного состава печенья для питания детей должно осуществляться с учетом сохранения его идентификационных критериев и принадлежности к конкретному виду продукции, так как сохранение традиционности гарантирует, что продукт будет соответствовать ожиданиям и предпочтениям потребителей, которые могут иметь привычку к определенному вкусу, текстуре, запаху или внешнему виду.

Технологическая адекватность. Обеспечение технологической адекватности должно осуществляться путем использования технологических приемов, не приводящих к снижению пищевой ценности изделия, образованию вредных веществ, которые при длительном употреблении могут вызвать риск нарушения пищевого статуса, а также развитие алиментарно-зависимых заболеваний.

Пищевая безопасность. Обеспечение пищевой безопасности кондитерских изделий для питания детей старше трех лет должно осуществляться путем проведения расширенных комплексных исследований с учетом более строгих требований к микробиологическим и гигиеническим показателям безопасности, а также исследований показателей окислительной порчи жирового компонента продукции, физико-химических, органолептических показателей, оценке пищевой ценности изделий, в том числе в динамике хранения.

Информационная доступность. При разработке мучных кондитерских изделий для питания детей важно не только создать качественное изделие, но и передать его преимущества целевой аудитории - потенциальным потребителям. Практические действия в этом направлении должны заключаться в обеспечении удобного и простого доступа к полезной информации относительно заявленных свойств продукта, понятности и достоверности маркировки кондитерских изделий

для питания детей, расширении перечня показателей, выносимых на этикетку изделий и адекватно отражающих их заявленные функциональные свойства.

Сформированный комплексный подход положен в основу исследований по разработке печенья, обогащённого пищевыми волокнами, для питания детей дошкольного и школьного возраста.

Системный анализ пищевой системы. Одним из инструментов реализации комплексного подхода при создании мучных кондитерских изделий является обеспечение стабильности процесса структурообразования всего комплекса участвующих в технологическом процессе пищевых дисперсных систем и достижение их предельно высокой однородности. Работами ВНИИ кондитерской промышленности под руководством академика Л.М. Аксеновой доказана возможность достижения заданных показателей качества пищевых дисперсных систем путем разработки совокупности качественных показателей и технологических приемов для управления свойствами данных систем уже на начальных стадиях технологического процесса [301].

Для обеспечения поставленных задач был использован системный анализ, позволяющий разделить сложную систему на отдельные элементы, поддающиеся управлению. Технологическая система сахарного печенья с зерновым толокном, разделенная на отдельные технологические операции, представлена на рисунке 3.2.1.

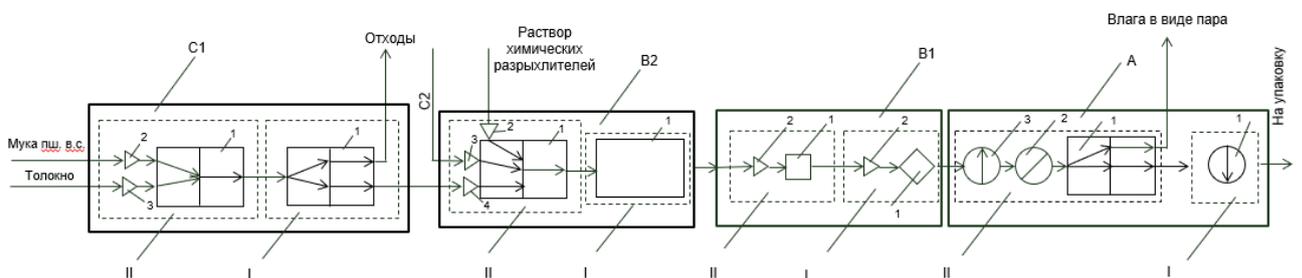


Рисунок 3.2.1 - Операторная модель технологического потока сахарного печенья с зерновым толокном

Описание технологической системы производства сахарного печенья с зерновым толокном приведено в Таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 - Технологическая система производства сахарного печенья с зерновым толокном

Обозначение			Элементы системы и подсистемы
подсистема	оператор	процессор	
A			Подсистема получения готового изделия
	<i>I</i>		<i>Оператор охлаждения выпеченного изделия</i>
		1	Процессор охлаждения готового изделия
	<i>II</i>		<i>Оператор образования выпеченных готовых изделий</i>
		1	Процессор выпечки печенья
		2	Процессор изменения агрегатного состояния
		3	Процессор нагревания тестовых заготовок
B₁			Подсистема получения тестовых заготовок
	<i>I</i>		<i>Оператор организации направления тестовых заготовок</i>
		1	Процессор ориентирования тестовых заготовок
		2	Процессор подачи тестовых заготовок
	<i>II</i>		<i>Оператор получения тестовых заготовок</i>
		1	Процессор формообразования (формования) тестовых заготовок
	2	Процессор дозированной подачи теста	
B₂			Подсистема получения вязко-пластичного теста
	<i>I</i>		<i>Оператор образования теста</i>
		1	Процессор тестообразования (комплекс сложных физико-химических процессов)
	<i>II</i>		<i>Оператор образования многофазной рецептурной смеси</i>
		1	Процессор соединения комплексной смеси с толокном с эмульсией и раствором разрыхлителей в рецептурном соотношении
		2	Процессор дозирования раствора разрыхлителей
	3	Процессор дозирования эмульсии	

		4	Процессор дозирования смеси муки пшеничной с толокном
C_1			Подсистема получения двухкомпонентных смесей муки пшеничной с толокном
	<i>I</i>		<i>Оператор очистки смесей муки пшеничной с толокном</i>
		1	Процессор очистки от примесей смесей муки пшеничной с толокном
	<i>II</i>		<i>Оператор получения высокооднородных смесей муки пшеничной с толокном</i>
		1	Процессор смешивания муки пшеничной и толокна
		2	Процессор дозирования муки пшеничной
		3	Процессор дозирования
C_2			Подсистема получения эмульсии

В результате системного анализа технологического потока установлено, что при создании печенья, обогащенного пищевыми волокнами, в качестве одной из начальных подсистем необходимо выделить подсистему получения смесей муки пшеничной и толокна C_1 . Свойства данной подсистемы будут оказывать преобладающее влияние на стабильность проведения всех операций технологического процесса производства печенья. Управление данными свойствами, в свою очередь, позволит обеспечить высокую степень равномерности распределения дисперсной фазы в дисперсионной среде на стадии тестообразования и, как следствие, достичь требуемого соотношения сырья в каждом единичном изделии. Управление свойствами смесей муки пшеничной с толокном также позволит нивелировать разницу в качественных характеристиках муки пшеничной и толокна и создать предпосылки для оптимального проведения коллоидных процессов в центральной подсистеме B_2 при получении кондитерского теста.

Центральной подсистемой, наиболее сложной как по совокупности протекающих процессов, связанных с изменением реологических характеристик пищевой системы, так и по чувствительности к воздействию нестабильных внешних факторов будет являться подсистема образования теста (B_2). На стадии тестообразования происходят наиболее важные для формирования структуры

готового изделия фазовые превращения, формируется комплекс специфических свойств и характеристик пищевой системы, закладывается основа качественных показателей печенья. Это является предпосылкой для изучения свойств данной подсистемы в рамках проводимых в работе исследований.

В подсистеме А происходит создание окончательное формирование качественных и потребительских характеристик готового изделия. Уровень стабильности данной подсистемы будет напрямую влиять на получение конкурентоспособных готовых изделий требуемой структуры и качества, что предопределяет необходимость ее выделения в качестве одного из основных объектов исследования.

Сущность технологического процесса производства кондитерских изделий можно определить как перевод пищевых дисперсных систем, имеющих низкий уровень структурной организации и прочности, в структуры более высокого порядка с более высокими прочностными характеристиками [259]. Данное положение и результаты системного анализа технологического потока сахарного печенья с толокном создали предпосылки для представления изучаемого готового изделия как отдельной пищевой системы, целостность и развитие которой формируется совокупностью свойств входящих в нее взаимосвязанных элементов - подсистем. Управление свойствами этих подсистем будет выступать основой получения готовых кондитерских изделий с заданными стабильными показателями качества, безопасности и технологичности (рисунок 3.2.2).



Рисунок 3.2.2 - Структура подсистем внутри пищевой системы - кондитерского изделия

На основании системного анализа пищевой системы - сахарного печенья с толокном для установления способов управления ее свойствами и получения изделия с заданными показателями и структурой в качестве объектов исследований выделены следующие подсистемы, приведенные на рисунке 3.2.3.



Рисунок 3.2.3 – Структура подсистем в изучаемой пищевой системе - сахарном печенье с толокном

Упорядочивание подсистем и изучение закономерностей изменения их структурно-механических и физических характеристик является основой управления свойствами и структурой пищевой системы в целом. Дальнейшая работа была направлена на изучение выделенных подсистем и влияния их комплексных свойств на пищевую систему – обогащенное сахарное печенье.

3.2 Исследование химического и гранулометрического состава толокна овсяного, ячменного, гречевого (однокомпонентных порошкообразных подсистем)

Основу формирования реологических характеристик кондитерских дисперсных систем составляют свойства используемого сырья. Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (мука пшеничная) является основным компонентом практически всех видов кондитерских изделий мучной группы. В работе замена

части рецептурного количества муки пшеничной в сахарном печенье осуществлялась с использованием сырья с высоким содержанием натуральных функциональных пищевых ингредиентов – пищевых волокон. В качестве объектов исследований были обоснованы образцы толокна: овсяного, ячменного, гречневого (Раздел 1.4). Толокно является пищевым концентратом, в котором воздействие высоких температур во влажной среде приводит к частичной коагуляции белков, гидролизу крахмала, способствующим их лучшему усвоению. В соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности толокно относится к продукции мукомольно-крупяного производства (код ОКПД2 10.61.32.112).

Внешний вид исследуемых образцов сырья в сравнении с мукой пшеничной представлен на Рисунке 3.2.1



мука пшеничная

толокно овсяное

толокно ячменное

толокно гречневое

хлебопекарная высшего сорта

Рисунок 3.2.1 - Внешний вид различных видов толокна и муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта

Образцы овсяного и гречневого толокна имели существенные отличия по цвету, по сравнению с мукой пшеничной. Толокно ячменное отличалось от муки присутствием сероватого оттенка. Данный факт предопределил формирование характерных оттенков цвета в готовых изделиях.

Проведен сравнительный анализ химического состава муки пшеничной и толокна. Результаты исследований представлены в Таблице 3.2.1.

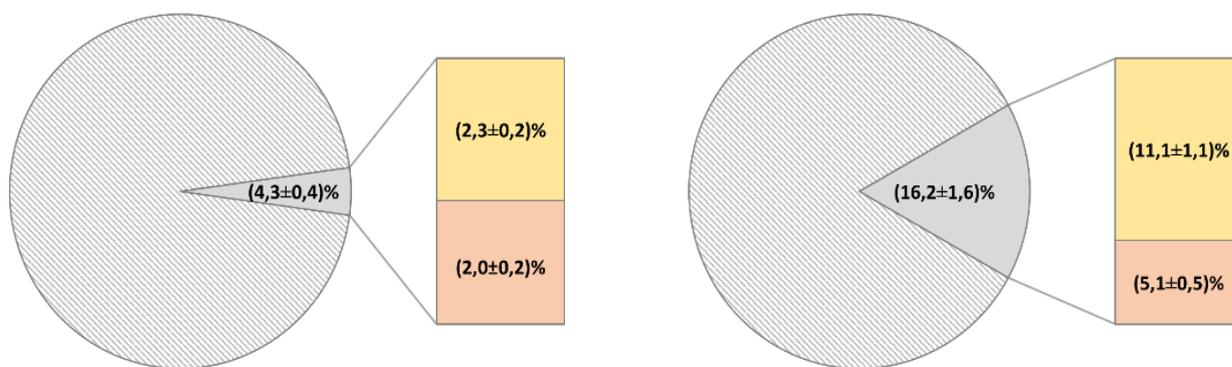
Таблица 3.2.1 - Химический состав муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, толокна овсяного, ячменного, гречневого

Наименование	Виды сырья
--------------	------------

показателей	Мука пшеничная	Толокно овсяное	Толокно ячменное	Толокно гречневое
Массовая доля влаги, %	10,0±0,5	9,2±0,5	8,5±0,4	9,7±0,5
Массовая доля жира, %	1,4±0,1	6,4±0,3	3,6±0,2	4,9±0,2
Массовая доля белка, %	11,5±0,6	14,2±0,3	13,8±0,1	12,2±0,3
Массовая доля золы, %	0,52±0,05	1,3±0,05	1,1±0,05	1,5±0,05

Установлено, что все исследуемые образцы растительного сырья имели незначительную разницу по показателям массовой доли влаги. По содержанию белка образцы толокна овсяного, ячменного и гречневого, превышали муку пшеничную на 23%, на 20% и на 6% соответственно. В образце муки пшеничной содержалось меньшее количество жира по сравнению с толокном овсяным (в 4,6 раза), гречневым (в 3,5 раза), ячменным (в 2,6 раза). Наблюдалось увеличение массовой доли золы во всех образцах толокна, что может быть обусловлено присутствием большего количества в них минеральных веществ.

Содержание пищевых волокон в исследуемых образцах зернового сырья представлено на рисунке 3.2.2.



а) мука пшеничная хлебопекарная в.с.

б) толокно овсяное

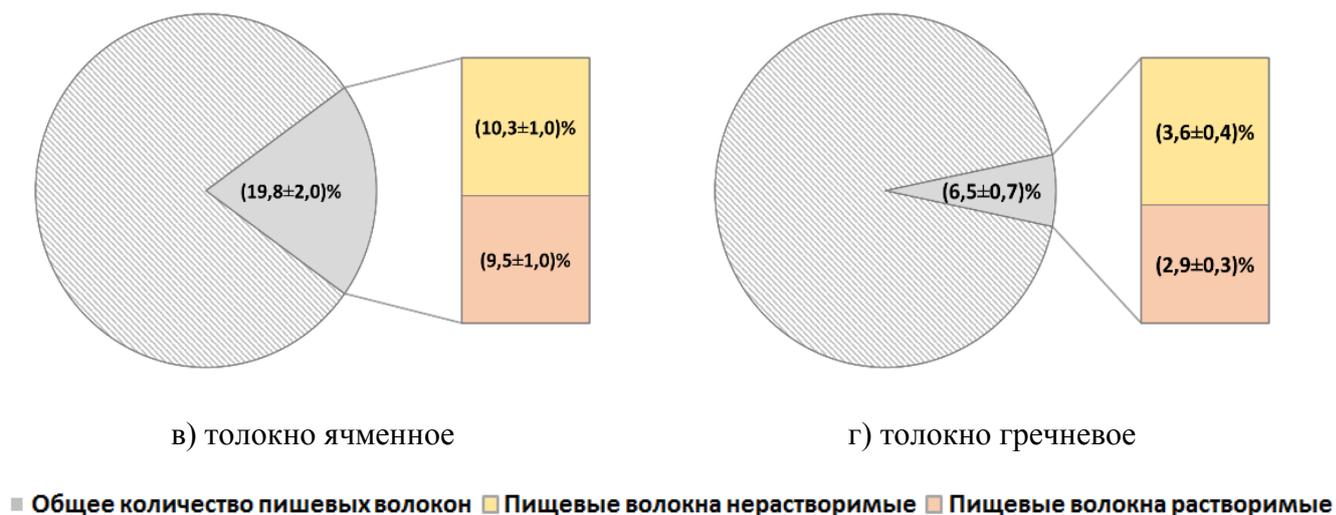


Рисунок 3.2.2 - Содержание пищевых волокон, в том числе нерастворимых и растворимых, в зерновом сырье

На основании результатов исследований установлено, что в толокне овсяном и ячменном количество пищевых волокон превышает их содержание в образце муки пшеничной в 3,8 и 4,6 раза, в том числе нерастворимых пищевых волокон больше в 4,8 и 4,5 раза, а растворимых в 2,6 и 4,8 раза, соответственно. В толокне гречневом содержание пищевых волокон в 1,5 превышало их количество в муке пшеничной. Наибольшее количество пищевых волокон содержал образец толокна ячменного. Количественное содержание пищевых волокон в образцах овсяного и ячменного толокна позволило отнести их к категории сырья с высоким содержанием данных полисахаридов в соответствии с требованиями Технического Регламента 022/2011 [116].

В работе проведено сравнительное исследование количества бета-глюкана в муке пшеничной, толокне овсяном и ячменном (рисунок 3.2.3).



Рисунок 3.2.3 - Содержание бета-глюкана в зерновом сырье

В гречневом толокне бета-глюкан не определяли, поскольку, согласно литературным данным, содержание данного полисахарида в гречке незначительно, и он не является значимым фитохимическим веществом в ее составе [166, 180, 211].

Помимо принадлежности к категории сырья с высоким содержанием пищевых волокон образцы овсяного и ячменного толокна могут быть рассмотрены в качестве источников бета-глюкана, обладающего клинически доказанной эффективностью (Раздел 1.4.4) [116]. Количественное содержание бета-глюкана в образцах толокна овсяного и ячменного составило $(3,6 \pm 0,1)\%$ и $(4,8 \pm 0,1)\%$ соответственно.

Жирнокислотный состав. Окислительные процессы, протекающие в жировой фракции мучных кондитерских изделий с низкой влажностью (менее 10%) и активностью воды (ниже 0,6), включая группу печенья, являются основной причиной изменения их качества в процессе хранения. Окисление может привести к изменению вкусовых, ароматических и текстурных характеристик продукта, а также снижению его пищевой ценности и сокращению срока годности. Этот процесс может быть катализирован повышенной температурой, влажностью, присутствием света. Для снижения скорости окислительных процессов и сохранения качества и стабильности мучных кондитерских изделий используются антиокислители, разрабатываются специализированные упаковки и методы хранения, такие как контроль

температуры и влажности [302]. Стремление к минимизации окислительных процессов в пищевой промышленности является важным аспектом для обеспечения сохранности изделий на протяжении всего срока годности.

Для прогнозирования скорости протекания окислительных процессов проведены сравнительные исследования жирнокислотного состава липидов муки пшеничной и толокна (таблица 3.2.2). Приведенные данные свидетельствуют о том, что насыщенные жирные кислоты исследованного сырья представлены, в основном, пальмитиновой кислотой, мононенасыщенные – олеиновой кислотой, и полиненасыщенные – линолевой кислотой.

Таблица 3.2.2 - Жирнокислотный состав липидов муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокна

Жирная кислота	Обозначение	Жирнокислотный состав липидов сырья, %			
		Мука пшеничная	Толокно		
			овсяное	ячменное	гречневое
Миристиновая	14:0	0,2±0,001	0,1±0,001	0,3±0,002	0,1±0,001
Пальмитиновая	16:0	18,6±0,6	17,2±0,5	25,4±0,8	15,3±0,5
Стеариновая	18:0	2,0±0,01	1,4±0,007	2,1±0,01	2,4±0,01
Олеиновая	18:1	15,9±0,5	34,6±1,0	21,1±0,6	36,9±1,1
Линолевая	18:2	54,0±1,7	38,5±1,2	46,8±1,4	34,7±1,0
Линоленовая	18:3	2,6±0,01	0,5±0,003	0,6±0,003	1,6±0,008
Арахидиновая	20:0	1,2±0,006	2,6±0,01	2,9±0,01	4,9±0,02

При этом в жирнокислотном составе муки пшеничной и различных видах исследованного толокна 67-73% приходилось на суммарное содержание ненасыщенных жирных кислот. Значительная часть жировых фракций исследуемого зернового сырья была представлена легкоокисляющейся линолевой кислотой. При этом ее максимальное количество содержалось в муке пшеничной (54%), что делает данное сырье наименее стабильным к процессам окисления по сравнению с образцами толокна.

На основании исследования жирнокислотного состава сделан вывод о том, что все виды толокна обладают большей устойчивостью к окислению по

сравнению с пшеничной мукой за счет более низкого содержания линолевой кислоты в составе их липидов. Все виды сырья характеризовались незначительным содержанием дефицитной линоленовой кислоты от $(0,5 \pm 0,003)\%$ до $(2,6 \pm 0,01)\%$.

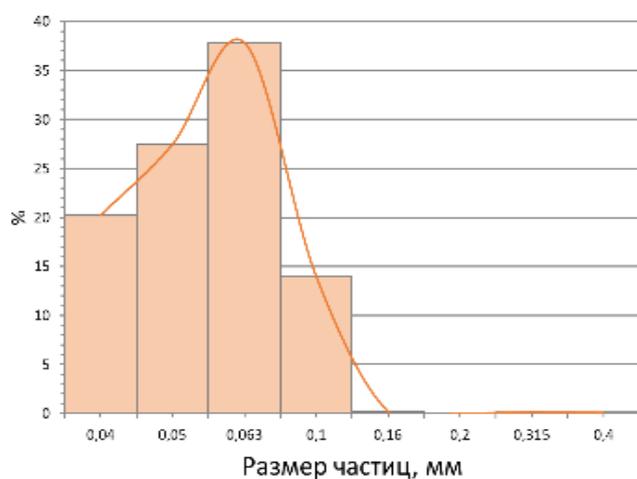
Гранулометрический состав. Однородность гранулометрического состава зернового сырья является важным физическим фактором, обеспечивающим константные значения технологических параметров производства и качественных характеристик готовых изделий. Частицы муки пшеничной составляют основу дисперсной фазы коагуляционных и конденсационных пищевых систем мучных кондитерских изделий. Разная дисперсность и, как следствие разная величина активной удельной поверхности частиц дисперсной фазы зернового сырья, обуславливает разную интенсивность их взаимодействия с дисперсионной средой и разную скорость протекания физических, коллоидных и биохимических процессов на стадии образования коагуляционной структуры теста. Следствием этого может являться нестабильность реологических показателей пищевой системы.

Высокая дисперсность частиц твердой фазы обуславливает высокую скорость и степень водопоглощения. Использование высокодисперсной однородной по гранулометрическому составу муки обеспечивает равномерную, полную и почти моментальную гидратацию белковых макромолекул, необходимую для формирования и развития теста. Применение муки с низкой дисперсностью частиц может привести к увеличению времени, необходимого для формирования требуемых структурно-механических характеристик теста. Качественное проведение технологического процесса производства сахарного печенья зависит от величины активной поверхности используемых ингредиентов, поэтому увеличение площади поверхности частиц является важным фактором стабильности качества [154].

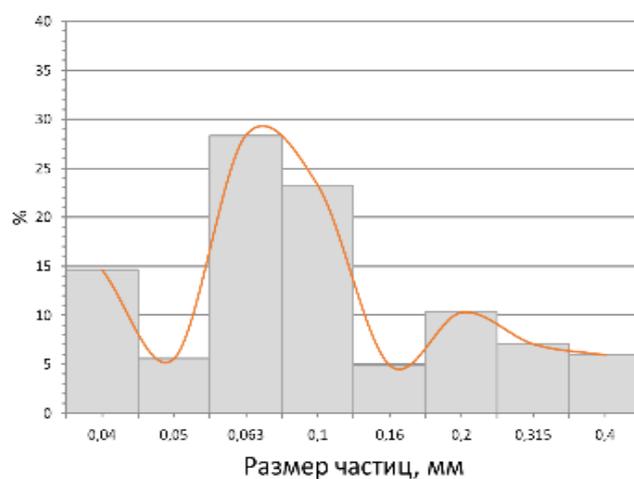
Для достижения оптимальных структурных и качественных характеристик сахарного печенья, рекомендуется использовать пшеничную муку со средним размером частиц менее 90 мкм при этом важно, чтобы не менее 60% частиц имели

размер около 50 мкм [255]. Это позволит достичь характерной текстуры печенья. Подобный размер частиц будет способствовать лучшему распределению муки и равномерному смешиванию с другими ингредиентами на стадии тестообразования.

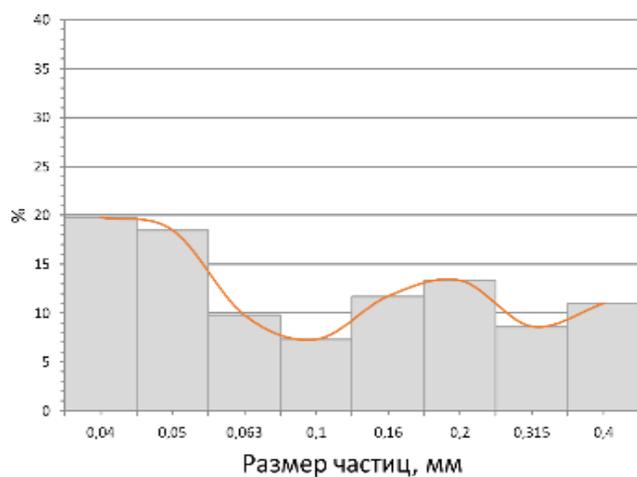
В работе проведено исследование гранулометрического состава образцов зернового сырья с использованием ситового метода [272]. Гистограммы распределения частиц зернового сырья по размерам представлены на рисунке 3.2.4.



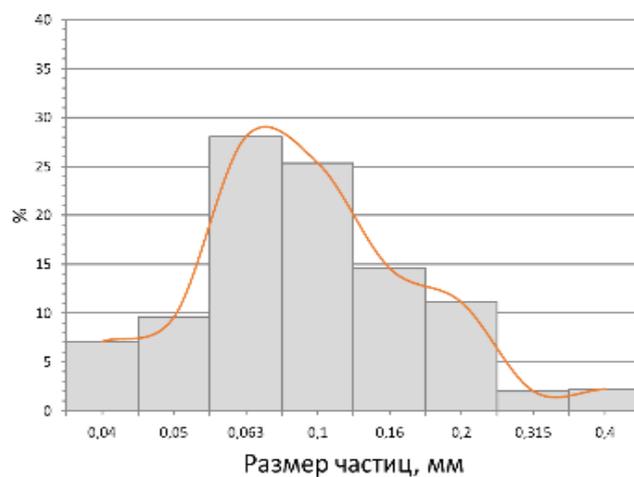
а) мука пшеничная хлебопекарная в.с.



б) толокно овсяное



в) толокно ячменное



г) толокно гречневое

Рисунок 3.2.4 - Гистограммы распределения частиц зернового сырья по размерам

На основании проведенного анализа установлено, что фракции муки пшеничной были представлены, в основном, частицами трех размеров: менее 50 мкм, 50 мкм - 60 мкм 60 мкм -100 мкм (рис. 2а). На их долю приходилось 87%

всего количества частиц муки. Порядка 14% частиц муки было представлено частицами размером 100 мкм - 160 мкм. Количество частиц муки, находящихся в диапазоне свыше 400 мкм, составляло около 0,1%.

Диапазон количественного распределения частиц толокна был достаточно широк и составлял от 50 мкм до 400 мкм. Значительную долю частиц толокна овсяного и гречневого занимали фракции размером 60 мкм – 100 мкм (порядка 27%) и 100-160 мкм (порядка 25%) (рис. 2б, 2г). На долю мелкой фракции (менее 50 мкм) приходилось 14% частиц толокна овсяного и 7% частиц толокна гречневого. Наименьшей однородностью и выравненностью частиц обладало толокно ячменное (рис. 2 в). В нем наблюдалось наличие фракций всех размеров в небольших количественных значениях (до 10-20%). Ячменное толокно отличалось большим количеством крупных частиц. Порядка 11% его дисперсной фазы было представлено частицами размером свыше 400 мкм. Наличием частиц данного размера характеризовались 6% толокна овсяного и до 2% толокна гречневого.

Коэффициент однородности — это показатель, который используется для оценки степени однородности частиц порошкообразного сырья, в частности муки, по их размеру [292]. Коэффициент однородности измеряет диапазон размеров частиц сырья и позволяет определить, насколько равномерно распределены частицы по размерам. Данный показатель может быть важным параметром при выборе муки для конкретного применения, так как он может влиять на качество и консистенцию конечного продукта. С целью определения среднего размера частиц дисперсной фазы и коэффициента однородности образцов зернового сырья построены интегральные кривые (процентные доли массы частиц с размером меньше сторон ячейки вышележащего сита) их гранулометрического состава (рисунок 3.3.5).

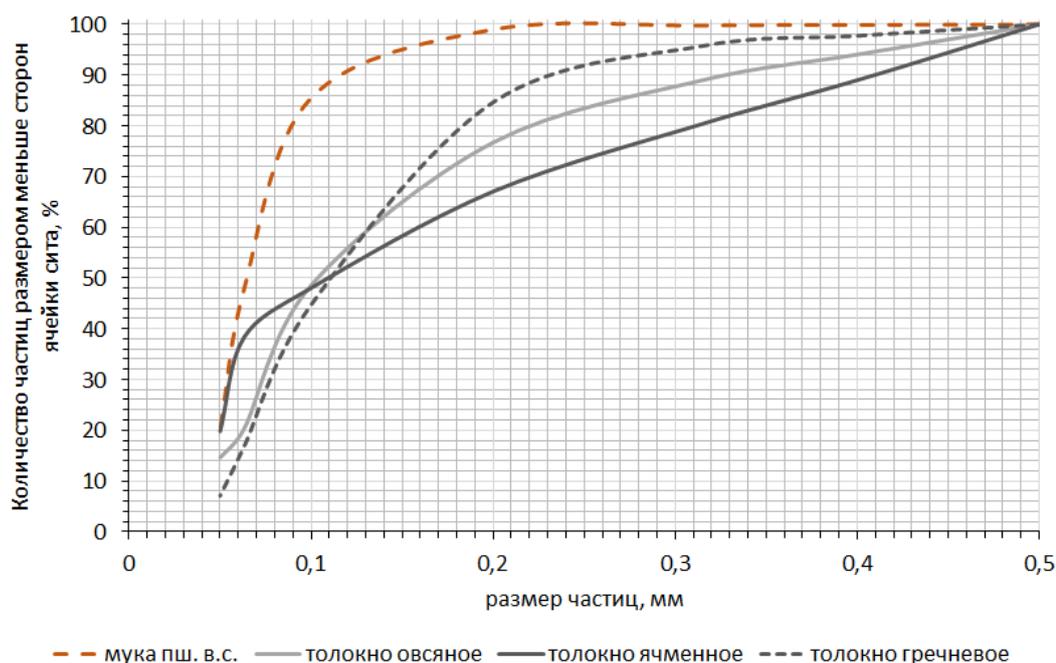


Рисунок 3.2.5 - Кривые гранулометрического состава зернового сырья

На основании анализа полученных кривых установлено, что наименьший средний размер частиц (70 мкм) был характерен для муки пшеничной. Данный образец сырья имел также высокий показатель коэффициента однородности (61%), характеризующий количество частиц одинакового размера в единице массы. Образцы толокна ячменного, гречневого и овсяного характеризовались большим средним размером частиц дисперсной фазы: 120 мкм, 110 мкм и 105 мкм соответственно. Коэффициент однородности толокна гречневого составлял 43%, овсяного – 40%. Наименьшим коэффициентом однородности (9%) характеризовался образец толокна ячменного, что свидетельствует о наибольшем спектре количественного распределения его частиц по размерам по сравнению с остальными образцами сырья.

Результаты анализа гранулометрического состава толокна показали, что данное сырье характеризуется неоднородностью гранулометрического состава и отсутствием выравненности частиц дисперсной фазы по размерам по сравнению с мукой пшеничной. Низкая дисперсность толокна, по сравнению с мукой пшеничной, обуславливает снижение площади удельной поверхности дисперсной фазы пищевой системы и сокращение ее активной поверхности для межфазового взаимодействия при протекании коллоидных процессов на стадии замеса теста.

Высокая площадь удельной поверхности порошков с небольшим размером частиц и, как следствие увеличенные силы сцепления между частицами, могут обуславливать низкую сыпучесть данных видов сырья [303].

Проведенные исследования выявили значительные различия в химическом и гранулометрическом составе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокна. Замена части муки в рецептуре изделия на исследуемое сырье приведет к формированию комплексного зернового продукта с новыми функционально-технологическими свойствами. С целью нивелирования разницы в характеристиках зернового сырья и обеспечения предельной концентрационной однородности пищевых систем с его использованием в работе обосновано создание полуфабриката из сыпучих компонентов – смесей муки пшеничной и разных видов толокна

3.3 Исследование влияния вида и количества толокна на функционально-технологические свойства его смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта (двухкомпонентных порошкообразных подсистем)

Функционально-технологические свойства кондитерского сырья представляют собой комплекс физико-химических характеристик, которые определяют его влияние на процессы массообмена и особенности формирования структуры пищевых дисперсных систем на всех этапах производства. Они играют важную роль в процессе производства готовой продукции, позволяя получать изделия с заданными свойствами, формировать их текстурные, реологические и органолептические характеристики.

Для изучения функционально-технологических свойств комплексных зерновых продуктов - двухкомпонентных порошкообразных подсистем, разработаны три вида смесей, состоящих из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокна овсяного, ячменного и гречневого в соотношениях, представленных в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1 - Процентные соотношения муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокна в смесях

Соотношение зернового сырья, %	
Толокно	Мука пшеничная высшего сорта
10	90
20	80
30	70
40	60
50	50

В лабораторных условиях были приготовлены двухкомпонентные смеси путем тщательного смешивания муки пшеничной и толокна до получения равномерного распределения частиц с различным гранулометрическим составом во всем объеме смеси. Для этого предварительно просеянные и взвешенные ингредиенты помещали в месильную емкость миксера и перемешивали в течение 15 минут. После смешивания полученную массу просеивали и упаковывали в термосвариваемую полипропиленовую пленку, предназначенную для использования в пищевых продуктах, с целью проведения дальнейших исследований.

Насыпная плотность. Важной технологической характеристикой сыпучих материалов является насыпная плотность, влияющая на объемные характеристики порошкообразного сырья во время переработки, транспортировки и хранения [304].

Установлено различное влияние вида и количества толокна на изменение насыпной плотности образцов двухкомпонентных смесей (рисунок 3.3.1). Введение толокна овсяного привело к увеличению данной характеристики. Количественные значения насыпной плотности находились в диапазоне (594 ± 10) - (653 ± 10) кг/м³, что при максимальной концентрации толокна (50%) превышало насыпную плотность муки пшеничной на 11%.

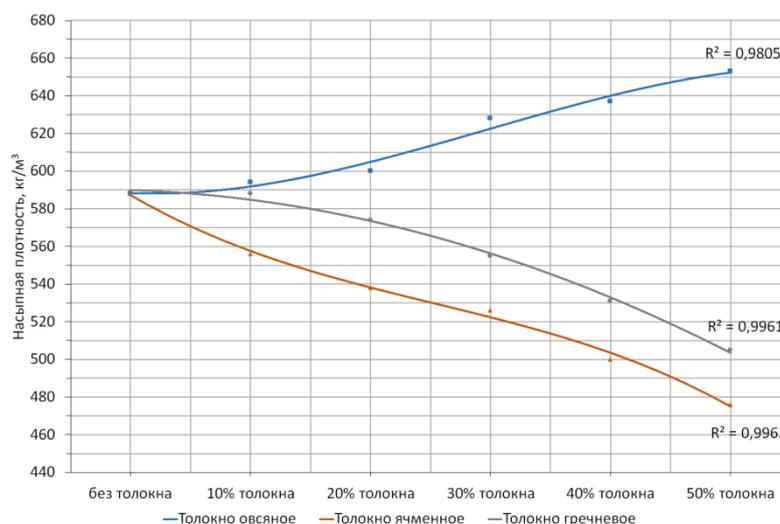


Рисунок 3.3.1 – Влияние вида и количества толокна на насыпную плотность двухкомпонентных смесей с толокном

Известно, что насыпная плотность сыпучих материалов находится в обратной зависимости от размера их частиц. Однако исследованиями, проведенными в данной работе, установлено, что средний размер частиц толокна овсяного на 50% превышал средний размер частиц муки пшеничной хлебопекарной (588 ± 9 кг/м³) (Раздел 3.2.). Следовательно, увеличение показателей насыпной плотности комплексных смесей с толокном овсяным могло быть обусловлено, в первую очередь, формой его частиц и характером их взаимодействия [154]. При прочих равных условиях частицы толокна овсяного обеспечивали более плотное упаковывание в единице объема с образованием минимального количества воздушных пустот, чем частицы муки пшеничной. Различия в насыпной плотности пищевых продуктов также могут быть связаны с содержанием в них крахмала. Чем выше содержание крахмала, тем больше вероятность увеличения насыпной плотности сырья [305-307].

При введении в двухкомпонентные смеси толокна ячменного и гречневого наблюдалось снижение их насыпной плотности, являющееся следствием высокого среднего размера и неоднородности их частиц по сравнению с размером частиц муки пшеничной, что обусловило формирование при их укладывании менее компактных структур [308]. При введении 50% толокна ячменного и

гречневого показатели насыпной плотности снизились на 19% и 14% соответственно по сравнению с контрольным образцом.

Разница в показателях насыпной плотности комплексных смесей с толокном по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта должна быть учтена при использовании на предприятиях устройств объемного дозирования сырьевых компонентов. Насыпная плотность порошкообразных материалов является также критическим показателем при использовании пневмотранспорта. Высокие показатели насыпной плотности материалов создают объективные трудности при его перемещении по трубопроводам и требуют высоких скоростей воздуха для захвата частиц [309].

Индекс растворимости. Индекс растворимости характеризует количественное высвобождение растворимых фракций зернового сырья при взаимодействии с водной средой. В результате взаимодействия растворимых фракций с водой происходит образование коллоидных растворов, которые способствуя стабилизации структуры теста, оказывают влияние на его структурно-механические характеристики [310]. Результаты исследования индекса растворимости двухкомпонентных смесей с толокном представлены на рисунке 3.3.2

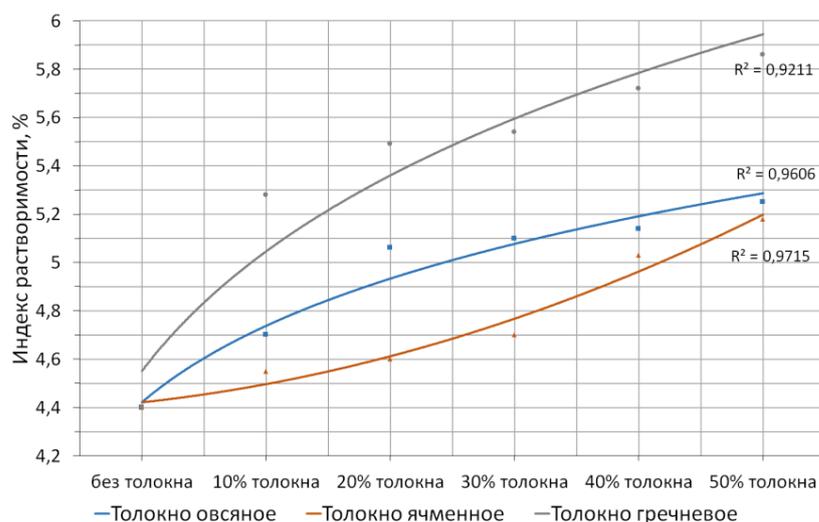


Рисунок 3.3.2 - Влияние вида и количества толокна на индекс растворимости двухкомпонентных смесей с толокном

При введении в двухкомпонентные смеси толокна наблюдалось повышение индекса их растворимости, положительно коррелировавшее с увеличением количества в них исследуемого сырья. Значение показателей индекса растворимости превышали данный показатель в контрольном образце муки пшеничной ($4,4 \pm 0,1$)%. Максимальное количество водорастворимых фракций наблюдалось в смесях с толокном гречневом, числовые значения индекса их растворимости находились в диапазоне ($5,28 \pm 0,1$)% - ($5,86 \pm 0,1$)%. Поскольку содержание растворимых пищевых волокон в образце толокна гречевого было в 2 раза ниже толокна овсяного и в 3 раза ниже толокна ячменного, можно предположить, что основное влияние на величину данного показателя оказали растворимые белки, содержащиеся в гречневом толокне. Показатели индекса растворимости комплексных смесей с толокном овсяным и ячменным имели следующие количественные диапазоны: ($4,7 \pm 0,1$)% - ($5,25 \pm 0,1$)% и ($4,55 \pm 0,1$)% - ($5,18 \pm 0,1$)% соответственно. Полученные результаты свидетельствовали о присутствии большего количества водорастворимых белков и полисахаридов в толокне, по сравнению с мукой пшеничной, а также могли быть обусловлены присутствием декстринов, образовавшихся в результате гидролиза крахмала при гидротермической обработке зерна. Повышение индекса растворимости сырья обуславливает увеличение частичной концентрации дисперсионной среды пищевой системы и, как следствие, может оказывать влияние на протекание процесса набухания частиц дисперсной фазы [154].

Качество и количество сырой клейковины. Формирование заданных структурно-механических характеристик теста во многом обусловлено массовой долей белка в муке и его способностью при взаимодействии с дисперсионной средой теста образовывать клейковину определенного качества.

Высокие органолептические и физико-химические характеристики сахарного печенья обеспечиваются использованием муки пшеничной со средней или слабой и не очень эластичной клейковиной [153-156]. Результаты исследований изменения количества и качества клейковины, образованной

белковым комплексом пшеницы и исследуемых зерновых культур в комплексных смесях, представлены на рисунке 3.3.3.

При введении в комплексные смеси различных видов толокна наблюдалась общая тенденция снижения в них количества клейковины. Это обусловлено, в первую очередь, уменьшением общего количества белков клейковинного комплекса, содержащихся в овсе и ячмене [166, 180]. Снижение количества клейковины при добавлении гречневого толокна обусловлено почти полным отсутствием в нем проламиновых белков и содержанием значительного количества водорастворимых белков [166, 180].

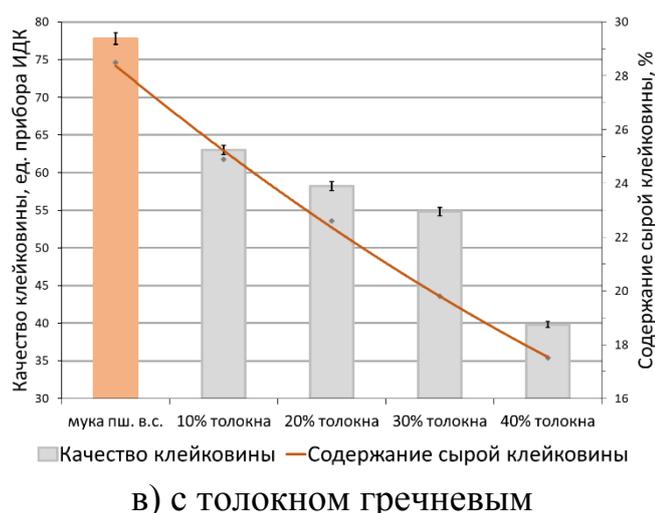
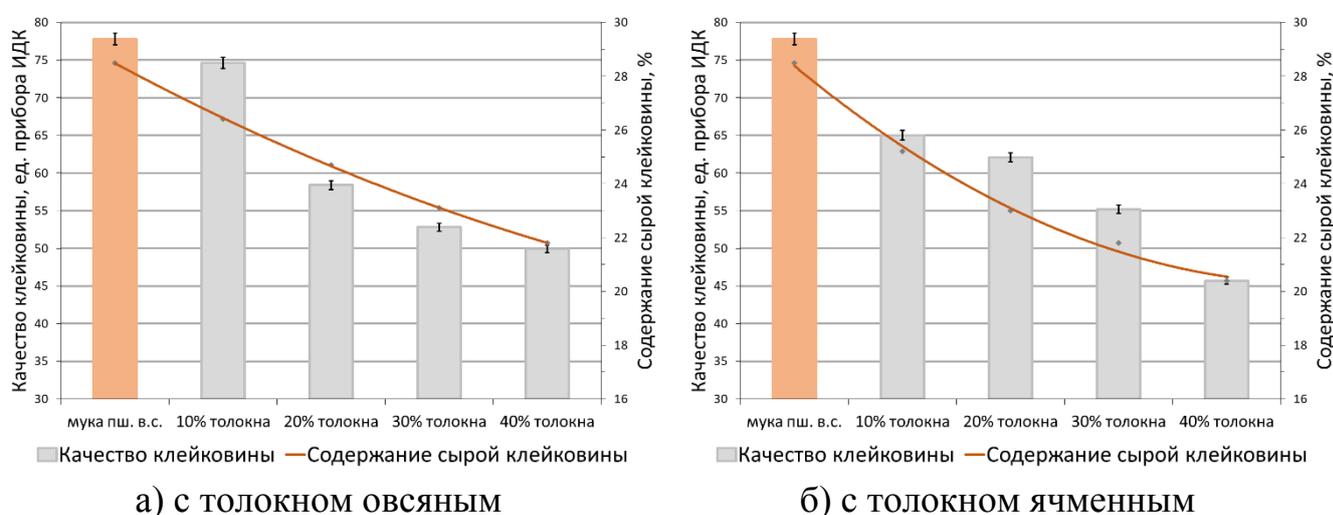


Рисунок 3.3.3 - Влияние вида и количества толокна на количество и качество клейковины двухкомпонентных смесей с толокном

В комплексных смесях с содержанием 40% толокна наблюдалось снижение количества клейковины: при введении толокна овсяного в среднем на 25%,

ячменного – на 30%, гречневого- на 40% по сравнению с мукой пшеничной ((28,5±3)%). Снижение количества клейковины может оказывать положительное влияние на качество сахарного печенья, создавая оптимальные условия для формирования теста необходимой вязко-пластичной структуры [153-156].

Добавление толокна привело также к изменению качественных характеристик клейковины в двухкомпонентных смесях. Образцы смесей с овсяным и ячменным толокном, как и контрольный образец (78±5 ед. ИДК), имели клейковину I группы, характеризующуюся хорошей эластичностью, умеренной упругостью и средней растяжимостью. Их показатели ИДК по мере увеличения содержания толокна находились в диапазоне: в смесях с овсяным толокном (65±5 ед. ИДК (10% толокна) – 46±5 ед. ИДК (40% толокна)), в смесях с толокном ячменным (75±5 ед. ИДК (10% толокна)– 50±5 ед. ИДК (40% толокна)). По мере увеличения содержания толокна в комплексных смесях наблюдалось снижение числового значения их показателя ИДК по сравнению с мукой пшеничной, что свидетельствовало об укреплении клейковины образцов.

В комплексных смесях с гречневым толокном показатели прибора ИДК находились в диапазоне 63±5 ед. ИДК (10% толокна)– 40±5 ед. ИДК (40% толокна). При этом образец с 40% гречневого толокна характеризовался крепкой клейковиной II группы с удовлетворительной эластичностью и слабой растяжимостью.

Использование пшеничной муки с крепкой клейковиной может оказывать отрицательное влияние на качественные характеристики сахарного печенья, приводить к снижению его пористости и рассыпчатости [153-156]. В данном исследовании клейковина была образована комплексами белков пшеницы и соответствующего зернового сырья, что может изменять ее свойства и, как следствие, не оказывать негативного влияния на качество готового изделия. В образцах смесей с 50% толокна определение количества клейковины вызвало объективные трудности: она отмывалась в виде отдельных мелких частиц, плохо собиралась в комок, приводя к большим погрешностям в параллельных

измерениях. Вследствие этого данные образцы при сравнительных исследованиях количества и качества клейковины не рассматривались.

Коэффициент набухания. Зерновые продукты на девяносто процентов состоят из белков и углеводов, обладающих гидрофильными свойствами. Их строение характеризуется отсутствием прочной кристаллической решетки, благодаря чему вглубь ее могут проникать молекулы воды, вызывая их набухание [164-166]. В процессе тестообразования существенную роль играет процесс ограниченного осмотического набухания клейковинных белков зерновой муки при взаимодействии с дисперсионной средой теста, при котором происходит значительное увеличение объема ее мицелл, связывание основного количества жидкой фазы и формирование теста определенной вязкости, эластичности и упругости [153-156]. Способность к набуханию характеризуется коэффициентом набухания и определяется как объем, занимаемый определенным количеством гидратированной муки, и на нее влияет концентрация белка и полисахаридов. Этот показатель является важной характеристикой муки и может варьироваться в зависимости от ее состава и степени помола. Чем выше коэффициент набухания, тем больше воды способны абсорбировать частицы муки, увеличиваясь в объеме [303, 311, 312].

С целью установления способности двухкомпонентных смесей с толокном к осмотическому набуханию, являющейся одним из элементов управления реологическими характеристиками теста, в работе проведено исследование коэффициента их набухания при различных температурах ($t_1=20,0\pm 2,0^{\circ}\text{C}$; $t_2=32\pm 2,0^{\circ}\text{C}$) (рисунок 3.3.4). Установлено, что коэффициент набухания зависит от количества толокна в смесях и повышается с его увеличением. Максимальные значения коэффициентов набухания демонстрировали образцы с толокном овсяным. В зависимости от концентрации толокна они находились в диапазоне $1,8\pm 0,03$ - $2,4\pm 0,05$ и при максимальном количестве толокна овсяного (50%) превышали значение контрольного образца на 45%.

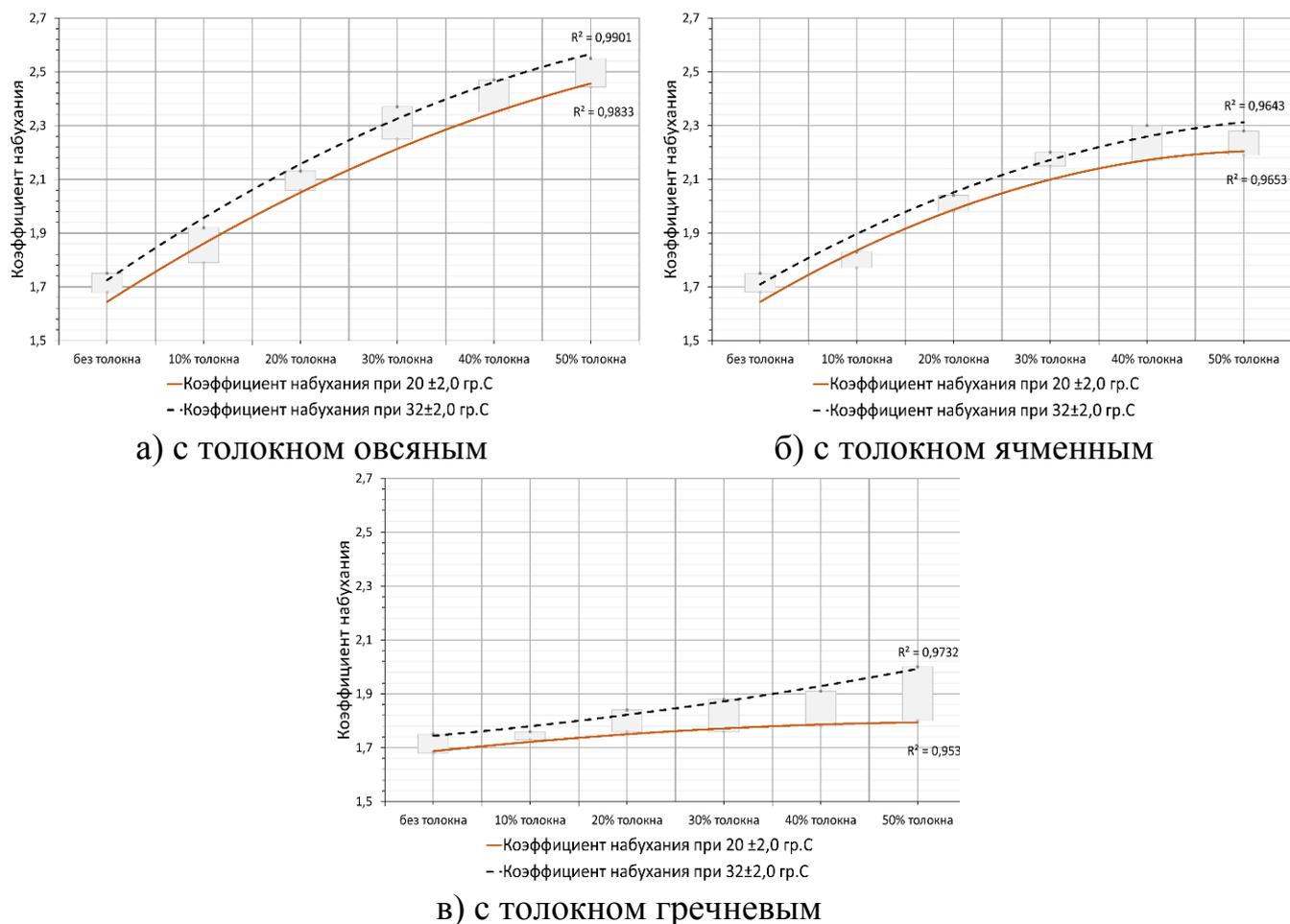


Рисунок 3.3.4 - Влияние вида и количества толокна на коэффициент набухания двухкомпонентных смесей с толокном

Значения коэффициента набухания двухкомпонентных смесей с толокном ячменным находились в диапазоне $1,8 \pm 0,03 - 2,2 \pm 0,04$ и при максимальной концентрации толокна превышали контрольный образец на 43%. Наименьшая динамика увеличения значений коэффициента набухания в зависимости от концентрации наблюдалось при использовании толокна гречневого, его числовые значения находились в диапазоне $1,7 \pm 0,03 - 1,8 \pm 0,03$ и при максимальной концентрации толокна превышали контрольный образец лишь на 7%. Наблюдаемые различия в значениях коэффициента набухания образцов связаны, в первую очередь, с количественным содержанием в них гидроколлоидов, а также могут быть обусловлены синергетическим характером взаимодействия гидроколлоидов муки пшеничной и толокна при протекании процесса набухания. Коэффициент набухания зерновой муки может влиять на ее способность удерживать влагу, на образование газовых пузырьков в тесте и структуру

конечного изделия. Этот показатель также может использоваться для оценки качества муки и для определения ее пригодности для различных целей использования, например, в зависимости от требуемого объема или структуры готового изделия [313]. Установлено, что температура используемой воды незначительно катализировала процесс набухания гидрофильных коллоидов двухкомпонентных смесей с толокном. С ее повышением до $(32\pm 2)^\circ\text{C}$ происходило увеличение коэффициента набухания во всех исследуемых образцах. При максимальной концентрации толокна (50%) оно составило 4% для толокна овсяного и ячменного, 11% для толокна гречневого.

Абсорбционная способность по воде и по жиру. Важными функциональными свойствами в технологиях мучных кондитерских изделий являются гидрофильные и липофильные свойства коллоидов зерновой муки, обуславливающие их способность вступать во взаимодействие с водой и жиром, что существенным образом влияет на формирование реологических характеристик теста [311, 312]. В работе исследована абсорбционная способность пшеничной муки и двухкомпонентных смесей с толокном по воде (AC_B) и по жиру (AC_J) – показателям, характеризующим максимальное количество воды или жира, которое они могут связать и удержать при взаимодействии. Установлено, что AC_B смесей увеличивалась с повышением в них количества толокна по сравнению с контрольным образцом (88 ± 4)% (рисунок 3.3.5).

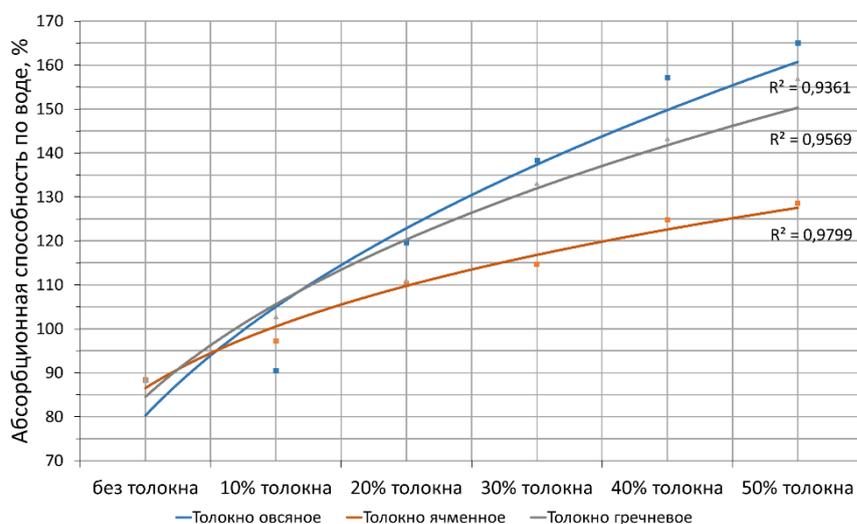


Рисунок 3.3.5 - Влияние вида и количества толокна на абсорбционную способность двухкомпонентных смесей с толокном по воде

Числовые значения AC_B образцов смесей зависели от вида добавляемого толокна и находились в диапазоне: для толокна овсяного $(90\pm 4)\%$ - $(165\pm 7)\%$, толокна гречневого $(102\pm 5)\%$ - $(156\pm 7)\%$, толокна ячменного $(97\pm 4)\%$ - $(128\pm 6)\%$; при максимальном количестве вносимого толокна (50%) значения этого показателя превышали значение такового у контрольного образца на 86%, 76% и 45% соответственно. Минимальной способностью удерживать воду при концентрациях толокна 20%-50% обладали смеси с толокном овсяным. Установленные различия в значениях AC_B образцов могут быть связаны с разной концентрацией в них белка, его структурными характеристиками и степенью взаимодействия с водой. Абсорбция воды мукой является комплексным процессом, который включает в себя проникновение воды в межмолекулярные пространства и наружные поверхности белковых структур. Способность белков связывать воду зависит от их структуры, конформационных изменений и общего содержания аминокислот с гидрофильными свойствами [314].

Увеличение абсорбционной способности двухкомпонентных смесей с толокном по воде также может быть обусловлено количественным содержанием в смесях полисахаридов, в том числе пищевых волокон. Полисахариды представляют собой гидрофильные молекулы. Они имеют многочисленные свободные гидроксильные группы, которые могут образовывать водородные связи с водой. Следовательно, как растворимые, так и нерастворимые полисахариды обладают способностью удерживать воду. Вода удерживается внутри структуры полисахаридов, не имея возможности вытекать, и система приобретает полутвердые свойства, характерные для геля [315]. Высокие значения AC_B смесей с толокном по сравнению с мукой пшеничной могут обеспечивать удержание влаги в продукте в процессе хранения, препятствуя ретроградации крахмала и черствению изделия.

$AC_ж$ является важным технологическим свойством зернового сырья, определяющим его качество и функциональные свойства. Абсорбционная

способность по жиру зависит от различных факторов, включая содержание клейковины, структуру белков и других веществ муки. Этот показатель характеризует способность муки связывать жировую фазу при проведении технологических процессов с образованием пищевой системы с равномерной эмульсионной структурой. Зерновые продукты с высокой абсорбционной способностью по жиру могут также придавать лучшую текстуру, структуру и органолептические характеристики конечным продуктам, поскольку правильное распределение и взаимодействие жиров и других компонентов способствуют формированию требуемых потребительских свойств изделий. Известно, что высокие значения данного показателя способствуют повышению стабильности изделий в процессе хранения, снижению скорости их окислительной порчи и увеличению хранимостепособности готовой продукции [316, 317].

Показатели $AC_{ж}$ образцов двухкомпонентных смесей с толокном овсяным практически не отличались от контрольного образца ((65,2±3)%) и находились в диапазоне (65,3±3)%-(67,8±3)% (рисунок 3.3.6).

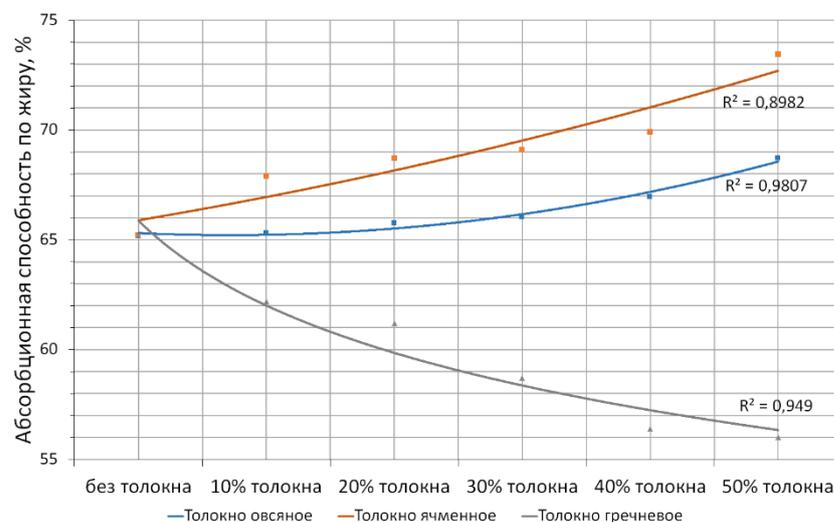


Рисунок 3.3.6 - Влияние вида и количества толокна на абсорбционную способность двухкомпонентных смесей с толокном по жиру

Показатели $AC_{ж}$ образцов смесей с толокном ячменным увеличивались с повышением концентрации толокна, находились в диапазоне (69,9±3)%-(73,5±3)% и при максимальной концентрации толокна превышали $AC_{ж}$ контрольного образца на 13%. Отличный характер изменения показателей $AC_{ж}$ наблюдался у

смесей с толокном гречневым. Их $AC_{ж}$ снижался по мере увеличения количества гречевого толокна и при максимальной концентрации толокна (50%) на 14% был ниже $AC_{ж}$ муки пшеничной.

Важным компонентом сырья, влияющим на его $AC_{ж}$, является белок, который состоит как из гидрофильной, так и из гидрофобной частей. Когда неполярные аминокислоты находятся рядом с углеводородными цепями липидов, они притягиваются друг к другу. Это взаимодействие способствует стабильности структуры белка, а также может играть роль в различных биологических процессах [317]. Известно, что в белке гречки липофильные свойства выражены слабо по сравнению с белком пшеницы. Это может быть связано, в том числе с его аминокислотным составом и структурой [318].

Можно предположить, что образцы с толокном ячменным, в отличие от муки пшеничной высшего сорта и других видов толокна, вследствие высокой $AC_{ж}$ будут более эффективно вступать во взаимодействие с жировой фракцией теста и способствовать ее удержанию в процессе хранения печенья.

Гидрофильно-липофильный баланс. Гидрофильно-липофильный баланс (ГЛБ) отражает равновесное соотношение между способностью дисперсной фазы сырья связывать и удерживать воду и жиры при получении пищевых систем [317]. Достижение идеального баланса между гидрофильными и липофильными свойствами зернового сырья обеспечивает наиболее полное взаимодействие частиц дисперсной фазы с дисперсионной средой кондитерских пищевых систем, в состав которых, в зависимости от рецептуры, могут входить вода, инвертный сироп, молочные продукты, яйцепродукты, жиросодержащее сырье и т.п. При увеличении содержания толокна в двухкомпонентных смесях наблюдалось увеличение показателей ГЛБ (рисунок 3.3.7).

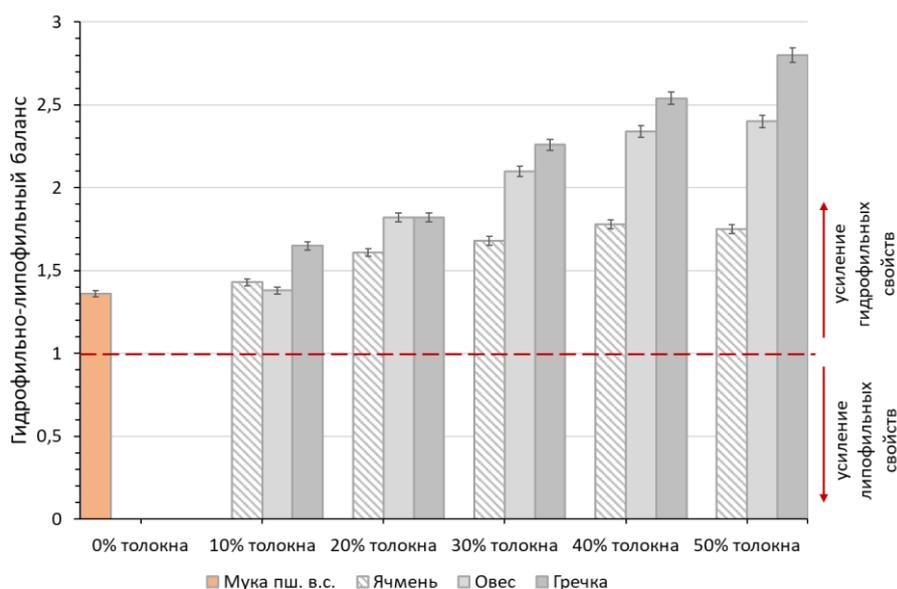


Рисунок 3.3.7 - Значения гидрофильно-липофильного баланса в двухкомпонентных смесях с толокном

При добавлении в двухкомпонентные смеси толокна ячменного показатели ГЛБ, в зависимости от его концентрации, находились в диапазоне $1,43 \pm 0,02$ - $1,75 \pm 0,03$, толокна овсяного - $1,38 \pm 0,02$ - $2,4 \pm 0,04$, толокна гречневого – $1,65 \pm 0,02$ - $2,8 \pm 0,04$. Во всех образцах значения ГЛБ превышали 1, что отражает бóльшую способность всех образцов смесей связывать и удерживать водную фазу, по сравнению с жировой. Увеличение числовых значений ГЛБ указывает на усиление гидрофильных свойств порошкообразных дисперсных систем.

В результате исследований установлены зависимости функционально-технологических свойств двухкомпонентных смесей от вида и количества толокна. Полученные зависимости позволяют прогнозировать характер и интенсивность взаимодействия частиц дисперсной фазы с дисперсионной средой в условиях механических воздействий на стадии тестообразования и выступают одним из инструментов управления процессами формирования коагуляционной структуры вязко-пластичного теста для сахарного печенья с толокном.

Можно сделать вывод, что изученный комплекс показателей позволяет полно характеризовать технологические свойства зернового сырья, что дает основание для его использования с целью управления свойствами кондитерских пищевых систем при модификации их состава и прогнозирования условий

проведения технологических процессов их производства с целью получения изделий с высокими характеристиками качества.

3.4 Изучение физико-химических показателей и процесса структурообразования вязко-пластичного кондитерского теста с толокном (подсистемы коагуляционной структуры)

Промышленное производство сахарного печенья осуществляется на автоматизированных поточно-механизированных линиях. В связи с этим, одним из основных критериев стабильности проведения технологических процессов являются константные значения качественных показателей теста и готовых изделий. При проведении технологических процессов производства многокомпонентных пищевых систем большое значение имеют их реологические свойства, определяющие реакцию дисперсных систем на внешние воздействия при проведении их технологической обработки. Они являются наиболее показательными как по диапазону возможных изменений, так и по чувствительности к различным видам внешнего воздействия. Одними из основных реологических свойств дисперсных систем являются вязкость (мера сопротивления течению) и текучесть (величина обратная вязкости). Следует учитывать, что эти показатели могут изменяться под действием температурных, временных и механических факторов в результате изменения напряжения сдвига, скорости деформации и скорости изменения объема структуры [154, 319, 320].

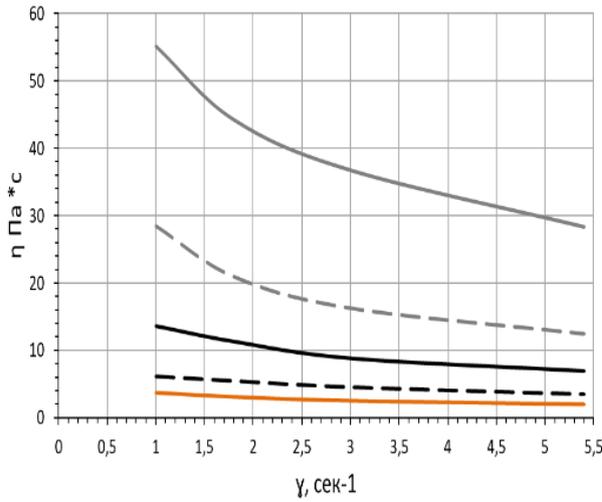
Для изучения влияния количества и вида толокна на процесс структурообразования и реологические показатели пищевых сред проведено исследование дисперсных систем коагуляционной структуры: жидкообразных слабоструктурированных (модельных суспензий) и вязко-пластичных (теста для сахарного печенья) с двухкомпонентными смесями с толокном.

3.4.1 Исследование реологических показателей слабоструктурированных модельных суспензий

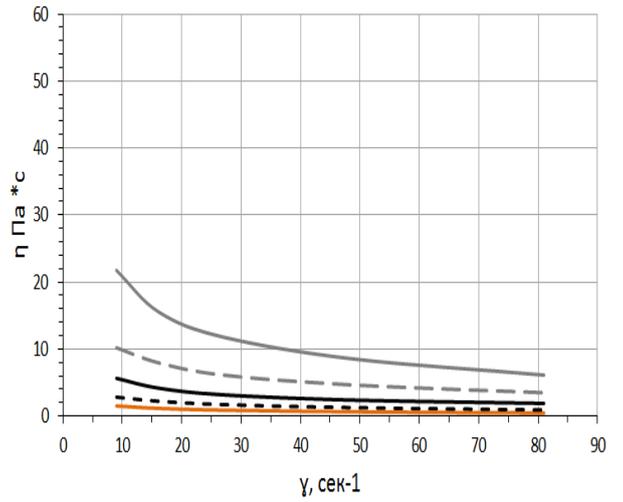
Тесто для сахарного печенья является высококонцентрированной пищевой системой, в которой скорость и степень протекания коллоидных процессов ограничивается относительно низкой влажностью 16,0 – 16,5%, присутствием сахара и жира, а также низкой продолжительностью замеса. Данные условия способствуют ограничению осмотического набухания частиц муки на стадии тестообразования и получению требуемой структуры сахарного печенья. В связи с этим особенности формирования коагуляционных пищевых систем при использовании толокна дополнительно рассмотрены на модельных средах – слабоструктурированных суспензиях двухкомпонентных смесях муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта и разных видов толокна с водой. Максимальное содержание толокна в суспензиях составляло 40% от количества муки пшеничной.

Данный подход позволит исключить влияние дополнительного сырья, в частности сахара и жира, на протекание коллоидных процессов в исследуемой пищевой системе, выявить направленность процесса структурообразования пищевых сред с зерновым толокном и наиболее полно раскрыть его функционально-технологические характеристики. Для интенсификации коллоидных процессов и получения слабоструктурированной системы массовую долю влаги модельных суспензий принимали равной $68,5 \pm 1\%$. Контрольным образцом являлась модельная суспензия с использованием муки пшеничной.

Эффективная вязкость. Кривые зависимости эффективной вязкости модельных суспензий от скорости сдвига в диапазонах: до $5,5 \text{ сек}^{-1}$ и до 85 сек^{-1} представлены на рисунке 3.4.1.1.

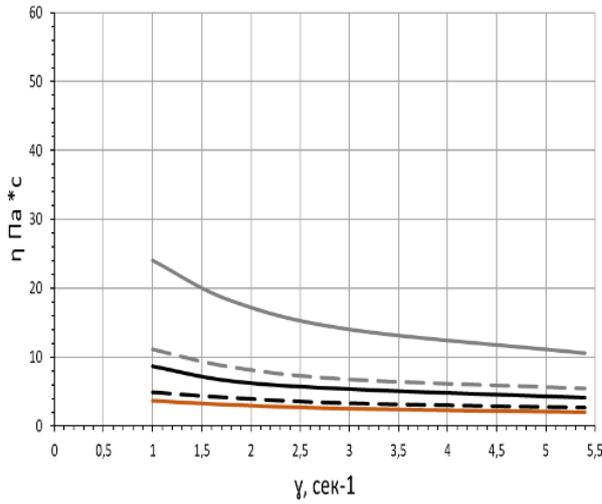


а) скорость сдвига до $5,5 \text{ с}^{-1}$

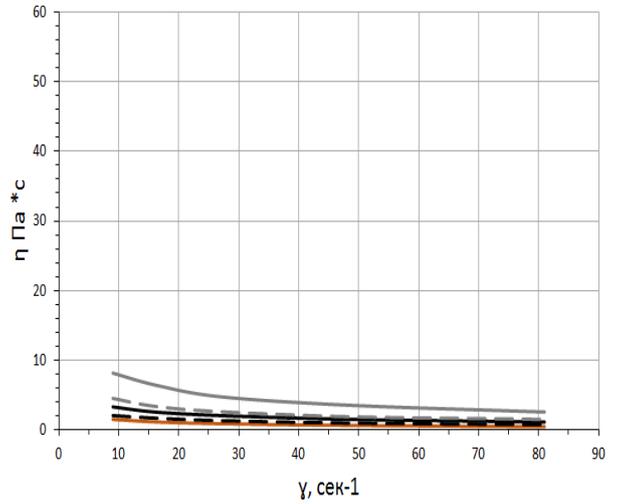


б) скорость сдвига до 85 с^{-1}

1. с толокном овсяным

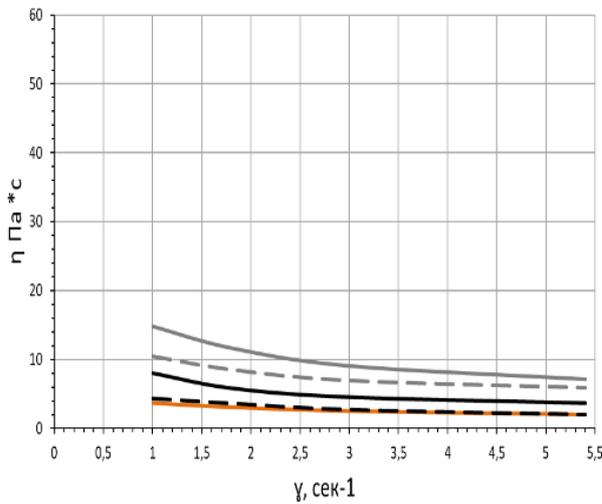


а) скорость сдвига до $5,5 \text{ с}^{-1}$

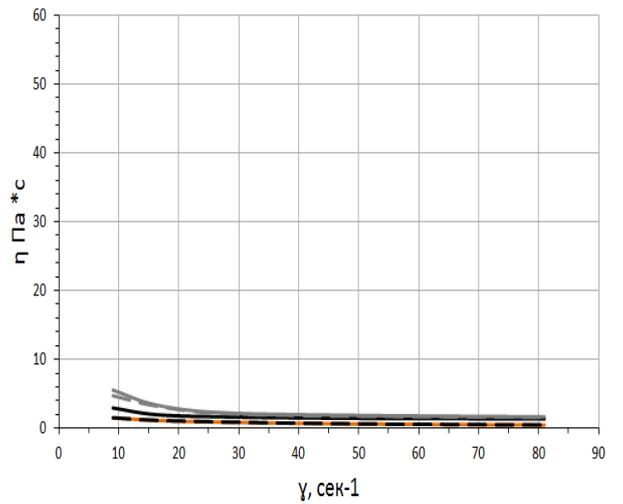


б) скорость сдвига до 85 с^{-1}

2. с толокном ячменным



а) скорость сдвига до $5,5 \text{ с}^{-1}$



б) скорость сдвига до 85 с^{-1}

3. с толокном гречневым

— мука пш. в.с. — 10% толокна — 20% толокна — 30% толокна — 40% толокна

Рисунок 3.4.1.1 - Характер зависимости эффективной вязкости модельных суспензий с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и зерновым толокном от скорости сдвига

Полученные зависимости эффективной вязкости модельных суспензий с зерновым толокном от скорости сдвига носили нелинейный характер. На основании этого можно сделать вывод, что исследуемые среды обладали аномалией вязкости и являлись неньютоновскими жидкостями.

При минимальной скорости сдвига (1 сек^{-1}) добавление толокна приводило к увеличению вязкости всех модельных суспензий по сравнению с мукой пшеничной. Максимальную тенденцию к образованию вязкой и плотной коагуляционной структуры демонстрировал образец толокна овсяного (рисунок 3.4.1.1.1). При этом каждое последующее увеличение концентрации толокна овсяного приводило к повышению показателей вязкости модельных суспензий практически вдвое. При низкой концентрации толокна овсяного (10%) вязкость модельной суспензии увеличилась в 1,7 раза по сравнению с контрольным образцом ($3,7 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$) и составляла $6,2 \pm 0,3 \text{ Па} \times \text{с}$. При дальнейшем увеличении толокна овсяного наблюдался скачкообразный рост значений показателей вязкости суспензий: при добавлении 20% толокна вязкость модельной суспензии превышала вязкость контрольного образца в 3,7 раза ($13,6 \pm 0,7 \text{ Па} \times \text{с}$); 30% толокна – в 7,7 раза ($28,4 \pm 1,4 \text{ Па} \times \text{с}$). Вязкость модельной суспензии при добавлении 40% толокна овсяного практически в 15 раз превышала вязкость суспензии с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и составляла $55,1 \pm 2,8 \text{ Па} \times \text{с}$. Добавление толокна овсяного в количестве 50% привело к образованию липкой вязкой среды, исследование вязкости которой в имеющихся условиях не представлялось возможным. В связи с этим для сопоставимости результатов дальнейшие исследования проводили на модельных суспензиях с максимальным количеством толокна 40%.

Промежуточное положение по значениям показателей вязкости занимали модельные суспензии с толокном ячменным (рисунок 3.4.1.1.2). При низкой концентрации толокна ячменного (10%) вязкость модельной суспензии

увеличилась незначительно (в 1,3 раза), по сравнению с контрольным образцом, и составляла $4,9 \pm 0,2$ Па \times с. Дальнейшее увеличение количества толокна ячменного привело к плавному росту показателей вязкости суспензий: при добавлении 20% толокна вязкость модельной суспензии превышала вязкость контрольного образца в 2,4 раза ($8,7 \pm 0,4$ Па \times с), 30% толокна – в 3 раза (11,1 Па \times с). Вязкость модельной суспензии при добавлении 40% толокна ячменного в 6,5 раза превышала вязкость суспензии с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и составляла $24,1 \pm 1,2$ Па \times с. Увеличение вязкости модельных суспензий при добавлении толокна овсяного и ячменного, в первую очередь, обусловлено количественными содержанием и физическими взаимодействиями водорастворимых полисахаридов (пищевых волокон) в дисперсионной среде пищевой системы, в частности гелеобразующими свойствами входящего в их состав растворимого бета-глюкана [321].

Несмотря на превышение количественного содержания пищевых волокон и бета-глюкана в толокне ячменном, по сравнению с толокном овсяным, значения показателей вязкости модельных суспензий при одинаковых концентрациях толокна были значительно выше в последнем. Добавление толокна ячменного привело к образованию пищевой системы с мягкой пластичной гелеобразной структурой, в то время как толокно овсяное обусловило формирование плотного вязкого геля. Это может быть связано со свойством бета-глюкана овса образовывать пористую сеть, которая удерживается между белковой матрицей и жировыми глобулами в пищевой системе, в результате чего происходит поглощение большого количества воды и образование плотной матрицы, оказывающей существенное влияние на текстурные и реологические характеристики пищевых сред [315].

С другой стороны, полученная плотная вязкая структура модельных суспензий с толокном овсяным может быть связана с более высокой молекулярной массой бета-глюкана овса по сравнению с бета-глюканом ячменя, что способствует образованию вязких псевдопластичных растворов. Низкая

молекулярная масса данного полисахарида обуславливает образование мягких гелей [315, 322-324].

Молекулярная масса бета-глюкана овса также оказывает влияние на скорость протекания процесса структурообразования. При низкой молекулярной массе гелеобразование протекает быстрее вследствие более высокой подвижности дисперсионной среды [360].

При добавлении толокна гречневого также наблюдалось тенденция увеличения вязкости модельных суспензий по сравнению с контрольным образцом (рис. 3.4.1.1.3), однако менее выраженная, чем в случае с внесением овсяного и ячменного толокна. При низкой концентрации толокна гречневого (10%) вязкость модельной суспензии увеличилась в 1,2 раза по сравнению с контрольным образцом и составляла $4,3 \pm 0,2$ Па \times с. При добавлении 20% толокна вязкость модельной суспензии превышала вязкость контрольного образца в 2,2 раза ($8,0 \pm 0,4$ Па \times с), 30% толокна – в 2,8 раза ($10,5 \pm 0,5$ Па \times с). Вязкость модельной суспензии при добавлении 40% толокна гречневого в 4 раза превышала вязкость суспензии с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

Наблюдаемое в работе явление повышения вязкости модельных суспензий с зерновым толокном также обусловлено физическим взаимодействием между молекулами различных по своей природе пищевых волокон в растворе. Вязкость раствора, в основном, обусловлена водорастворимыми волокнами. Большинство полисахаридов существуют в водной дисперсии в виде конформационно-неупорядоченных «рыхлых клубков», их молекулы постоянно находятся в хаотичном броуновском движении. При низких концентрациях молекулы хорошо отделены друг от друга и могут двигаться независимо. При увеличении концентрации молекулы полисахарида сближаются, легко взаимодействуют и слипаются друг с другом, вследствие чего наблюдается повышение вязкости содержащих их водных растворов и склонность к образованию гелей [315, 325].

В образцах с разными видами толокна отмечено резкое снижение вязкости и основное разрушение структуры в диапазоне низких скоростей сдвига, что свидетельствует о недостаточной структурной прочности исследуемых сред. При

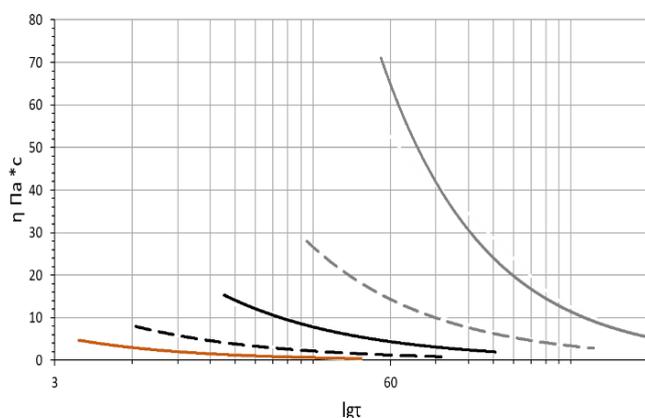
увеличении скорости сдвига от 1 сек^{-1} до $5,4 \text{ сек}^{-1}$ вязкость контрольного образца и модельных суспензий с зерновым толокном снижалась практически вдвое (рисунок 3.4.1.1.1а, 3.4.1.1.2а, 3.4.1.1.3а). При минимальной концентрации толокна (10%) вязкость модельных суспензий снизилась: с толокном овсяным с $6,2 \pm 0,3 \text{ Па} \times \text{с}$ до $3,4 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$; ячменным - с $4,9 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$ до $2,6 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$; гречневым – с $4,3 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$ до $1,9 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$. При максимальной концентрации толокна (40%) снижение вязкости модельных суспензий происходило в следующем образом: с толокном овсяным с $55,1 \pm 2,8 \text{ Па} \times \text{с}$ до $28,3 \pm 1,4 \text{ Па} \times \text{с}$; ячменным - с $24,1 \pm 1,4 \text{ Па} \times \text{с}$ до $10,5 \pm 0,5 \text{ Па} \times \text{с}$; гречневым – с $14,8 \pm 0,7 \text{ Па} \times \text{с}$ до $7,1 \pm 0,4 \text{ Па} \times \text{с}$. В данном интервале скоростей сдвига вязкость образца с мукой пшеничной высшего сорта снизилась с $3,7 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$ до $1,8 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$. При повышении скорости сдвига в диапазонах высоких скоростей снижение показателей вязкости контрольного образца и модельных суспензий со всеми видами толокна было незначительным (рисунок 3.4.1.1.1б, 3.4.1.1.2б, 3.4.1.1.3б). При увеличении скорости сдвига от $48,6 \text{ сек}^{-1}$ до $52,6 \text{ сек}^{-1}$ при минимальной концентрации толокна (10%) вязкость модельных суспензий снизилась: с толокном овсяным с $1,3 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$ до $1,1 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$; ячменным - с $1,0 \pm 0,05 \text{ Па} \times \text{с}$ до $0,8 \pm 0,04 \text{ Па} \times \text{с}$; гречневым – с $0,34 \pm 0,02 \text{ Па} \times \text{с}$ до $0,28 \pm 0,01 \text{ Па} \times \text{с}$. При максимальной концентрации толокна (40%) снижение вязкости модельных суспензий происходило в следующем образом: с толокном овсяным с $8,6 \pm 0,4 \text{ Па} \times \text{с}$ до $8,0 \pm 0,4 \text{ Па} \times \text{с}$; ячменным - с $3,5 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$ до $3,3 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$; гречневым – с $1,9 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$ до $1,7 \pm 0,1 \text{ Па} \times \text{с}$. Свойство дисперсных систем к снижению показателей их эффективной вязкости при увеличении скорости сдвига объясняют тем, что в неподвижной среде расположение частиц характеризуется значительной хаотичностью, обусловленной броуновским движением, а под действием возрастающих сдвигающих сил происходит ориентация частиц в направлении течения. С повышением скорости также уменьшается взаимодействие между частицами [319, 320].

С увеличением концентрации растворенного вещества происходит не только увеличение вязкости среды, но и изменяется характер ее течения, что

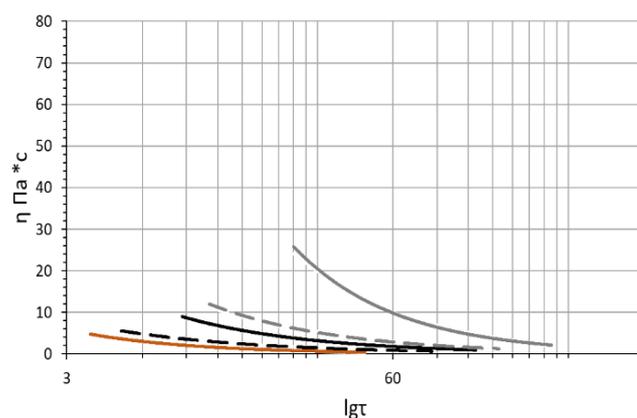
оказывает существенное влияние на технологические параметры обработки пищевых сред. Известно, что течение материалов зависит от его физико-химических особенностей: от формы и расположения молекул, концентрации полимера, температуры, массовой доли влаги. О течении материала можно судить по непрерывному и неограниченному увеличению его деформации под действием внешних сил [326].

Из всех видов исследуемого толокна значимое влияние на формирование структуры, а, следовательно, на изменение их пластично-вязкого течения оказало толокно овсяное и ячменное, содержащее значительное количество растворимых пищевых волокон, в частности бета-глюканов. В связи с этим в работе проведен анализ деформационных характеристик модельных суспензий, содержащих данное зерновое сырье, и изучен характер их течения.

Были построены полные реологические кривые исследуемых модельных суспензий в полулогарифмических координатах, представляющие собой взаимосвязанные зависимости: эффективной вязкости от напряжения сдвига (реологические кривые вязкости) и скорости деформации от напряжения сдвига (реологические кривые течения), которые достоверно отражают деформационные свойства материала при приложении внешнего механического воздействия. Реологические кривые вязкости модельных суспензий с зерновым толокном представлены на рисунке 3.4.1.2.



1. Толокно овсяное



2. Толокно ячменное

— мука пш. в.с. — 10% толокна — 20% толокна — 30% толокна — 40% толокна

Рисунок 3.4.1.2 - Реологические кривые вязкости модельных суспензий с толокном ($t=24\pm 1^{\circ}\text{C}$)

Реологические кривые вязкости всех модельных суспензий демонстрировали обратную зависимость показателей эффективной вязкости от напряжения сдвига. При небольшом напряжении сдвига все суспензии имели максимальную вязкость (вязкость неразрушенной структуры), величина которой зависела от концентрации и вида толокна и составляла для толокна овсяного и ячменного: при концентрации 40% - $55,1\pm 2,8$ Па \times с и $24,1\pm 1,2$ Па \times с; 30% - $28,4\pm 1,4$ Па \times с и $11,1\pm 0,6$ Па \times с; 20% - $13,6\pm 0,7$ Па \times с и $8,6\pm 0,4$ Па \times с; 10% - $6,2\pm 0,3$ Па \times с и $4,9\pm 0,2$ Па \times с соответственно. В контрольном образце вязкость неразрушенной структуры составляла $3,7\pm 0,2$ Па \times с. С повышением напряжения сдвига происходило постепенное разрушение структурной матрицы пищевых систем, сопровождающееся снижением показателей эффективной вязкости. При высоком напряжении сдвига достигалась их постоянная конечная вязкость (вязкость полностью разрушенной структуры): при концентрации толокна овсяного и ячменного 40% - $4,0\pm 0,2$ Па \times с и $1,8\pm 0,1$ Па \times с; 30% - $2,5\pm 0,1$ Па \times с и $1,1\pm 0,06$ Па \times с; 20% - $1,3\pm 0,07$ Па \times с и $0,9\pm 0,05$ Па \times с; 10% - $0,6\pm 0,003$ и $0,3\pm 0,001$ Па \times с соответственно.

Зависимость процесса образования структуры суспензий от количества дисперсной фазы имеет ряд особенностей. Весь диапазон количественного содержания частиц можно разделить на три части, обуславливающие качественно разные характеристики дисперсной системы. При малых концентрациях суспензию можно охарактеризовать как бесструктурную (первая часть). При концентрациях дисперсной фазы, меньших критической концентрации структурообразования в дисперсной системе появляются отдельные элементы структуры, которые не находятся во взаимосвязи друг с другом. Такая система представляет собой жидкообразную структурированную систему. При высокой концентрации дисперсной фазы (третья часть) суспензии характеризуются наличием предела текучести, обусловленным возникновением и развитием структуры и система становится структурированной твердообразной [327].

В соответствии с существующими положениями, все высокомолекулярные дисперсные системы в зависимости от их структурно-механических характеристик можно разбить на две основные группы: жидкообразные и твердообразные с постепенным переходом между ними. Все структурированные жидкости характеризуются зависимостью эффективной вязкости от предельного напряжения сдвига и наличием двух ее пограничных значений – наибольшей предельной вязкости практически неразрушенной структуры и наименьшей вязкости максимально разрушенной структуры. Твердообразные свойства пищевой системы проявляются тем резче, чем выше разница между ее максимальной и минимальной вязкостью [320]. Проведенные исследования модельных суспензий с толокном овсяным и ячменным подтвердили наличие разницы между их максимальной и минимальной вязкостью. С повышением концентрации толокна установлена тенденция к увеличению разницы между двумя изучаемыми показателями (рисунок 3.4.1.3).

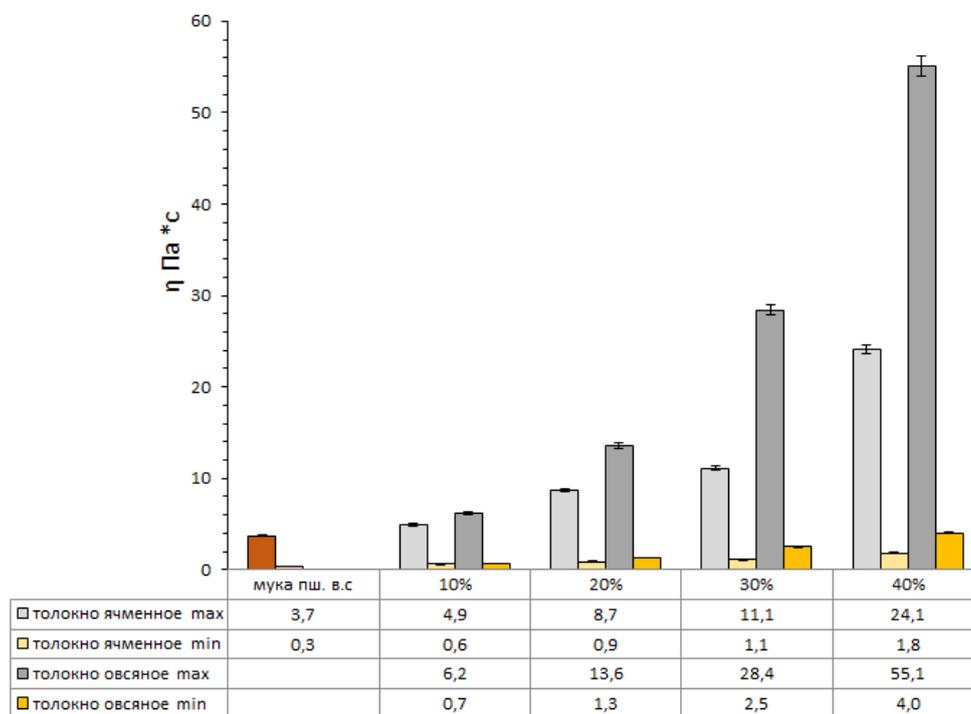


Рисунок 3.4.1.3 - Разница в максимальной и минимальной вязкости модельных суспензий с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокном

Максимальная разница показателей наблюдалась в модельных суспензиях с толокном овсяным (при концентрации толокна 40% разница в показателях

составляла $51,1 \pm 2,6 \text{ Па} \times \text{с}$; 30% - $25,9 \pm 1,3 \text{ Па} \times \text{с}$; 20% - $12,3 \pm 0,6 \text{ Па} \times \text{с}$; 10% - $5,5 \pm 0,3 \text{ Па} \times \text{с}$) по сравнению с аналогичными по концентрации суспензиями с толокном ячменным (при концентрации толокна 40% разница в показателях составляла $22,3 \pm 1,1 \text{ Па} \times \text{с}$; 30% - $10,0 \pm 0,5 \text{ Па} \times \text{с}$; 20% - $7,8 \pm 0,4 \text{ Па} \times \text{с}$; 10% - $4,3 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$) и контрольным образцом ($3,4 \pm 0,2 \text{ Па} \times \text{с}$).

Сделан вывод, что добавление овсяного и ячменного толокна в пищевую систему и повышение их концентрации обуславливало постепенное увеличение твердообразных свойств последней, наиболее ярко проявляющееся в суспензиях с толокном овсяным. Вероятно, структурообразование в модельных суспензиях могло придавать им своеобразные формы переходного состояния между твердыми телами и жидкостями, что может обуславливать проявление упругих свойств, возможность измерений предельных напряжений сдвига, тиксотропии и других механических показателей [328].

Предельные (граничные) напряжения. Наличие в полученных дисперсиях с толокном овсяным и ячменным сформировавшейся коагуляционной структуры и структурной прочности подтверждалось присутствием у образцов модельных суспензий двух критических значений предельного напряжения сдвига (условного статического предела текучести и условного динамического (бингамовского) предела текучести), полученных на основании анализа реологических кривых течения модельных суспензий с зерновым толокном, представленных на рисунке 3.5.1.4.

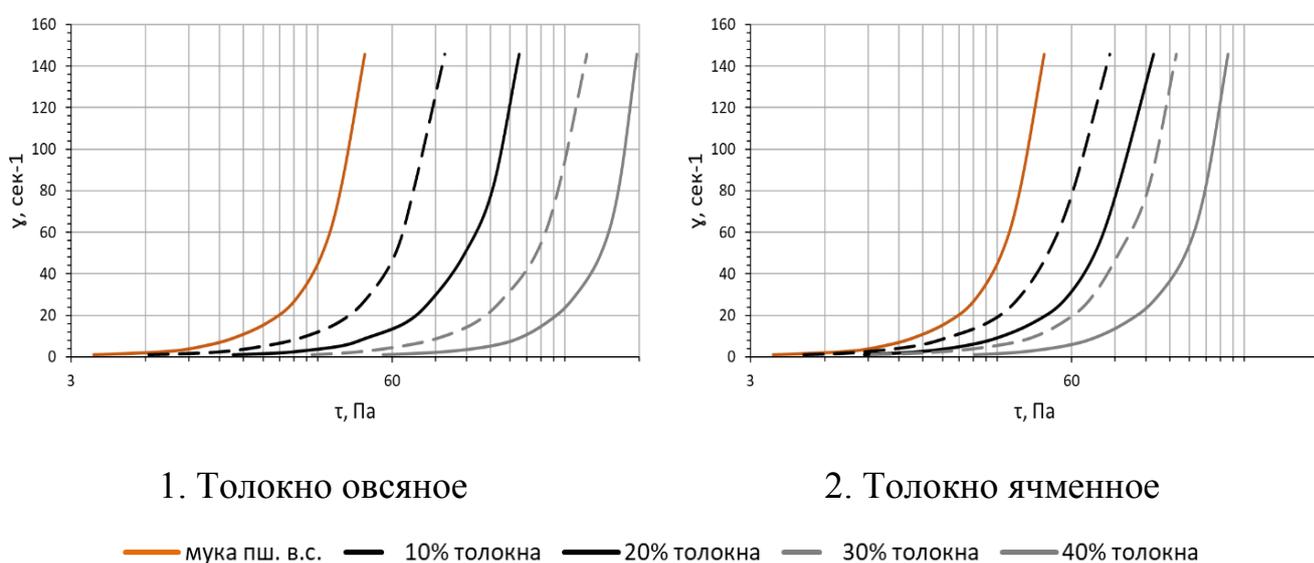


Рисунок 3.4.1.4 - Реологические кривые течения модельных суспензий с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта и толокном ($t=24\pm 1^{\circ}\text{C}$)

Значения показателей критических напряжений сдвига зависели от вида и количества толокна. Наибольший статический предел текучести, соответствующий началу течения и частично обратимому разрушению структуры пищевой системы вследствие наличия тиксотропных свойств, имел образец модельной суспензии с 40% толокна овсяного ($55,1\pm 2,8$ Па), что превышало величину данного показателя в контрольном образце ($3,7\pm 0,2$ Па) в 15 раз (рисунок 3.4.1.4.1). Далее в порядке убывания значений показателя следовали модельные суспензии с содержанием овсяного толокна 30% ($28,4\pm 1,4$ Па) > 20% ($13,6\pm 0,7$ Па) > 10% ($6,2\pm 0,3$ Па). Модельные суспензии с толокном ячменным характеризовались значительно меньшими значениями статического предела текучести (рисунок 3.4.1.4.2). Так в образце модельной суспензии с 40% толокна ячменного величина данного показателя составляла $24\pm 1,2$ Па и превышала величину данного показателя в контрольном образце в 6,5 раз. Далее в порядке убывания значений показателя следовали модельные суспензии с содержанием ячменного толокна 30% ($11,1\pm 0,6$ Па) > 20% ($8,7\pm 0,4$ Па) > 10% ($4,9\pm 0,2$ Па).

Степень устойчивости коагуляционной структуры суспензий с зерновым толокном к разрушению характеризовалась величиной динамического предела текучести, после превышения которой происходило полное разрушение структуры образцов и достижение наименьшего показателя вязкости полностью разрушенной структуры. Наибольшим динамическим пределом текучести также характеризовался образец модельной суспензии с 40% толокна овсяного (340 ± 5 Па), что превышало величину данного показателя в контрольном образце ($25\pm 1,3$ Па) в 14 раз. Далее в порядке убывания значений показателя следовали модельные суспензии с содержанием овсяного толокна 30% (165 ± 3 Па) > 20% (100 ± 3 Па) > 10% (44 ± 2 Па). Модельные суспензии с толокном ячменным характеризовались значительно меньшими значениями динамического предела текучести. Так в образце модельной суспензии с 40% толокна ячменного величина данного показателя составляла 150 ± 3 Па, что превышает величину данного показателя в контрольном образце в 6 раз. Далее

в порядке убывания значений показателя следовали модельные суспензии с содержанием ячменного толокна 30% (77 ± 3 Па) $>$ 20% (46 ± 2 Па) $>$ 10% (31 ± 2 Па).

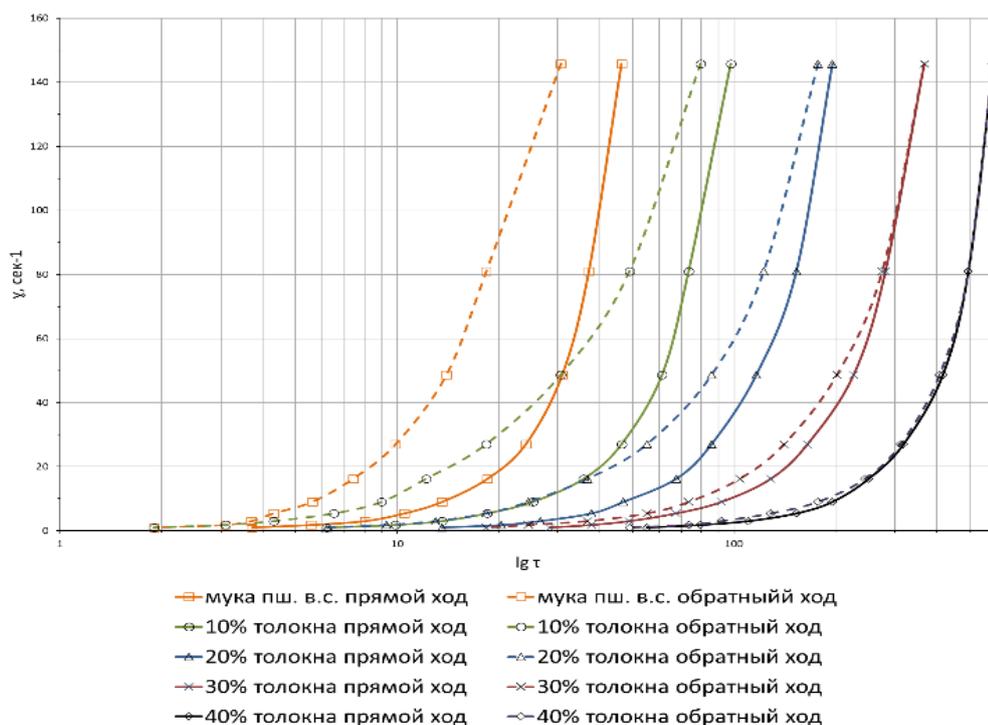
Величина статического предела текучести является одной из прочностных характеристик пищевых масс. Величина динамического предела текучести – одна из характеристик устойчивости структурных связей пищевой системы к полному разрушению при приложении внешних механических воздействий [319, 320, 326]. Следовательно, сделан вывод, что добавление толокна овсяного в пищевые системы и увеличение его концентрации приводило к формированию более прочной коагуляционной структуры, на преодоление вязкостных сил сопротивления и полное разрушение структурных связей которой требовалось приложения больших усилий, чем для контрольного образца и модельных суспензий с толокном ячменным.

Тиксотропные свойства. Одним из важных реологических характеристик пищевых дисперсных систем коагуляционной структуры является тиксотропность, т.е. способность среды восстанавливать свою структурную прочность (вследствие подвижности дисперсионной среды и броуновского движения частиц дисперсной фазы) после механического разрушения контактов, обусловленного возникновением внешних усилий (при перемешивании масс, перекачивании по трубопроводам, формовании и т.п.). Явление тиксотропии отвечает поведению псевдопластических тел, у которых, как и у исследуемых в работе сред, эффективная вязкость уменьшается с увеличением напряжения сдвига [329].

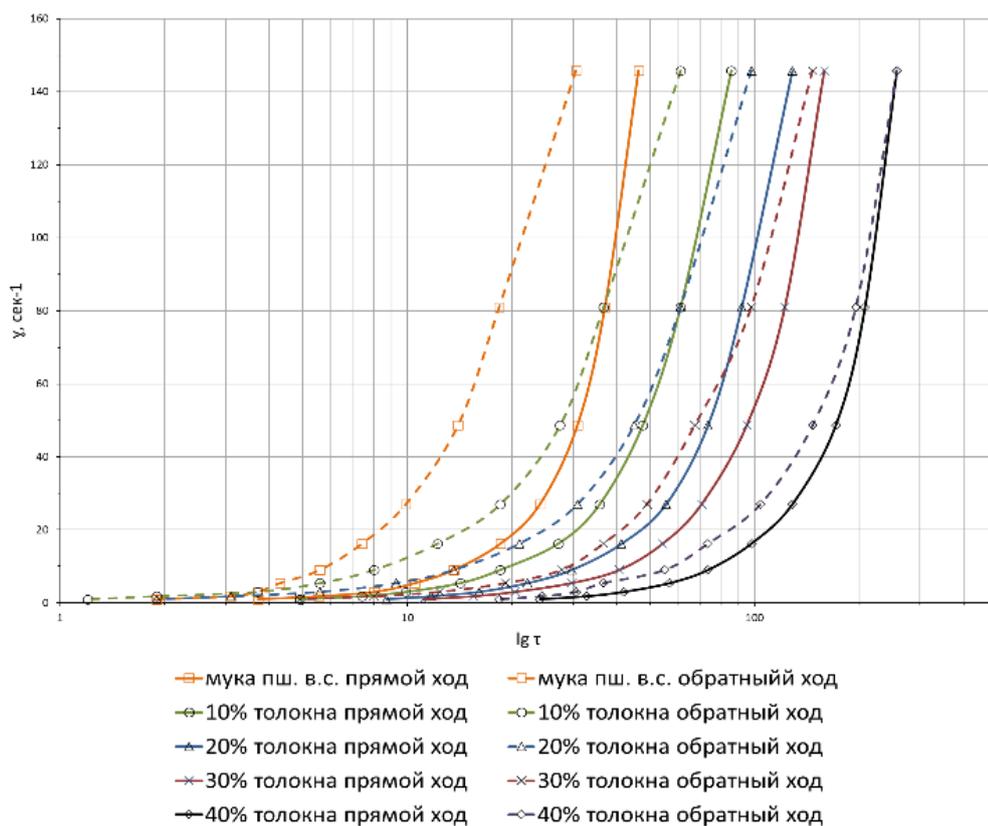
В основном, пищевые продукты, обладающие тиксотропными свойствами, представляют собой высокодисперсные гетерогенные системы с коагуляционной структурой. Подобного рода пищевые системы характеризуются двумя основными показателями: прочностью пространственной структуры, а также скоростью ее восстановления, обусловленной когезионными силами Ван-Дер-Вальса. Однако полная тиксотропная обратимость сохраняется в коагуляционных структурах лишь до определенного количественного содержания частиц дисперсной фазы и/или при определенных вязко-прочностных показателях

дисперсионной среды [329]. Изучение тиксотропных свойств пищевых дисперсных систем позволяет прогнозировать их реакцию на внешние механические воздействия при проведении процессов производства кондитерских изделий, определять интенсивность воздействия на обрабатываемые среды и обеспечивать стабильность заданных технологических параметров.

Для исследования влияния овсяного и ячменного толокна на тиксотропные свойства модельных суспензий были построены кривые зависимости напряжения сдвига от скорости деформации для прямого хода (с повышением скорости сдвига) и обратного хода (с понижением скорости сдвига до начальной точки) (рисунок 3.4.1.5). Реологическая кривая обратного хода характеризует тиксотропию по скорости восстановления сопротивления деформации.



1. ТОЛОКНО ОВСЯНОЕ



2. толокно ячменное

Рисунок 3.4.1.5 - Кривые зависимости скорости деформации от напряжения сдвига для прямого и обратного хода в модельных суспензиях с толокном овсяным и ячменным

Для всех исследуемых сред полученные кривые течения носили нелинейный характер и образовывали так называемые «петли гистерезиса», ширина которых свидетельствовала о разной степени и интенсивности тиксотропного восстановления пространственной коагуляционной структуры суспензий при разных скоростях сдвига. Наибольшей шириной петли гистерезиса характеризовался контрольный образец, что свидетельствовало о неполном тиксотропном восстановлении, разрастании коагуляционной структуры дисперсной системы после снятия напряжений и снижении ее механической прочности [165, 356, 364]. При добавлении в модельные суспензии толокна наблюдалось снижение ширины петель гистерезиса по сравнению с контрольным образцом, что в изученном интервале скоростей сдвига позволяет сделать вывод о выраженных тиксотропных свойствах. Ширина петель гистерезиса суспензий находилась в обратной зависимости от количества толокна овсяного и ячменного

и была выше в последнем. При концентрации 40% толокна овсяного происходило практически полное наложение прямой и обратной кривых, система обладала равными скоростями разрушения и восстановления пространственной структуры.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что добавление толокна в пищевые коагуляционные системы привело к увеличению механической устойчивости их структурных связей к разрушению под действием внешних воздействий вследствие образования более прочных (компактных) коагуляционных структур и усилению их тиксотропных свойств. Одним из факторов увеличения устойчивости исследуемых пищевых систем с зерновым толокном к механическому воздействию также могла являться стабилизирующая роль дисперсионной среды за счет улучшения ее вязко-прочностных характеристик вследствие действия гидроколлоидов толокна [328]. При добавлении 40% толокна овсяного обратимое восстановление пространственной структуры исследуемой среды происходило очень быстро, что позволило отнести данный вид пищевой системы к стационарному псевдопластическому, обладающему мгновенной тиксотропией [329].

Проведенные исследования позволили установить зависимость реологических характеристик слабоструктурированных дисперсных систем от вида и количества толокна в двухкомпонентных смесях с толокном. Происходило повышение показателей эффективной вязкости и граничных предельных напряжений сдвига, увеличение тиксотропных свойств исследуемых сред, свидетельствующее о способности биополимеров толокна увеличивать прочностные характеристики коагуляционных структур, в первую очередь, за счет изменения свойств дисперсионной среды.

3.4.2 Исследование физико-химических и реологических показателей вязко-пластичного кондитерского теста

Одной из важнейших технологических стадий в производстве сахарного печенья является стадия смешивания рецептурных компонентов с образованием

вязко-пластичной коагуляционной пищевой системы - кондитерского теста. Качественные характеристики теста обусловлены совокупностью факторов: видом и соотношением рецептурного сырья, видом и характером внешних механических воздействий, условиями проведения процесса тестообразования. Технологические параметры, применяемые на стадии замеса теста, оказывают непосредственное влияние на гидратирование белков муки и образование клейковины и, как следствие, на реологические характеристики самой пищевой системы [153, 155, 253, 254].

Важной характеристикой вязко-пластичного кондитерского теста для сахарного печенья является отсутствие растяжимости, обусловленное высоким содержанием жира и сахара, ограничивающих набухание коллоидов муки и развитие клейковины и определяющих пластичность и когезионные свойства теста. При создании сахарного печенья со сниженным содержанием сахара и жира, с введением цельнозернового сырья важным аспектом стабильности качества является проведение исследований его структурно-механических свойств и выявление способов управления данными свойствами путем регулирования ряда переменных, в том числе соотношения рецептурного сырья и/или времени механического воздействия [153-155, 253, 254]. Вторым важным аспектом является применение принципов технологической адекватности, как одного из элементов сформированного комплексного подхода (Раздел 3.1.).

Как уже отмечалось выше, сахароза является одним обязательным рецептурным компонентом сахарного печенья. Количество кристаллической сахарозы, присутствующей при замесе теста, а также величина удельной поверхности ее частиц оказывает непосредственное влияние на консистенцию теста. Сахароза ограничивает гидратирование и набухание мицелл муки, способствуя повышению осмотического давления в процессе тестообразования [153-155, 253, 254]. Поскольку величина осмотического давления прямо пропорциональна частичной концентрации дисперсной фазы, в данной работе в качестве рецептурного компонента использовалась пудра сахарная [154].

Жир выполняет важную технологическую функцию, обеспечивая формирование требуемых реологических характеристик теста. На консистенцию теста также оказывает влияние содержание твердых триглицеридов в используемом жире, присутствующее во время замеса теста и находящееся в прямой зависимости от температуры. Проведение процесса тестообразования при высоких температурных параметрах, приводящих к полному расплавлению жира, или применение в тесте жидких растительных масел приводит к размягчению теста и оказывает непосредственное влияние на процесс формования. При этом жир должен обладать определенной пластичностью, чтобы хорошо смешиваться с другими компонентами [153-155, 253, 254]. В данной работе с целью обеспечения качества получаемой пищевой системы проводилось предварительное пластицирование используемого масложирового продукта. Он обрабатывался в месильной машине при температуре 22-24°C, до получения однородной, пластичной массы плотностью 720 – 800 кг/м³. Данный технологический прием обеспечивает повышение удельного объема жира и обеспечивает оптимальные условия для повышения равномерности распределения компонентов на стадии тестообразования [153-155, 253, 254].

С целью стабилизации свойств водно-жировой дисперсионной среды кондитерского теста использовалось поверхностно-активное вещество – лецитин, который вводился в количестве 2% к массе жирового компонента в виде предварительно подготовленной смеси с пластицированным жиром в соотношении 1:1. На основании исследований ВНИИ кондитерской промышленности доказана необходимость предварительного диспергирования лецитина в масложировом продукте с получением композиции, обеспечивающей увеличение удельной поверхности лецитина, и гарантирующей его равномерное распределение в объеме замешиваемой массы [330]. С целью снижения вязкости лецитина и получения однородной системы смеси жира с лецитином доводилась до температуры 60°C при постоянном перемешивании, с последующим охлаждением до температуры не выше 20°C. В работе использовался масложировой продукт без трансизомеров жирных кислот.

Для изучения влияния толокна на изменение качественных характеристик кондитерского теста разработана его базовая рецептурная модель, по которой были выработаны образцы теста с двухкомпонентными смесями (с толокном овсяным, ячменным, гречневым). Толокно вводили взамен части рецептурного количества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта от 10% до 50%. В качестве контрольного образца использован образец с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Температура теста оказывает существенное влияние на его физические свойства главным образом потому, что она определяет количество присутствующих при замесе твердых триглицеридов из используемого жира [253]. При проведении процесса замеса теста проводился мониторинг температурных параметров и поддерживалась постоянная температура окружающей среды в диапазоне $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Схема приготовления теста для сахарного печенья с толокном представлена на рисунке 3.4.2.1.



Рисунок 3.4.2.1. – Принципиальная технологическая схема приготовления теста для сахарного печенья с толокном

Массовая доля влаги и активность воды. Большинство пищевых продуктов представляют собой многофазные системы, важным компонентом которых является вода. В отличие от модельных суспензий, составной частью дисперсионной среды теста для сахарного печенья являются раствор сахарозы, инвертный сироп, яичный меланж, жидкая фракция жирового продукта и т.п.,

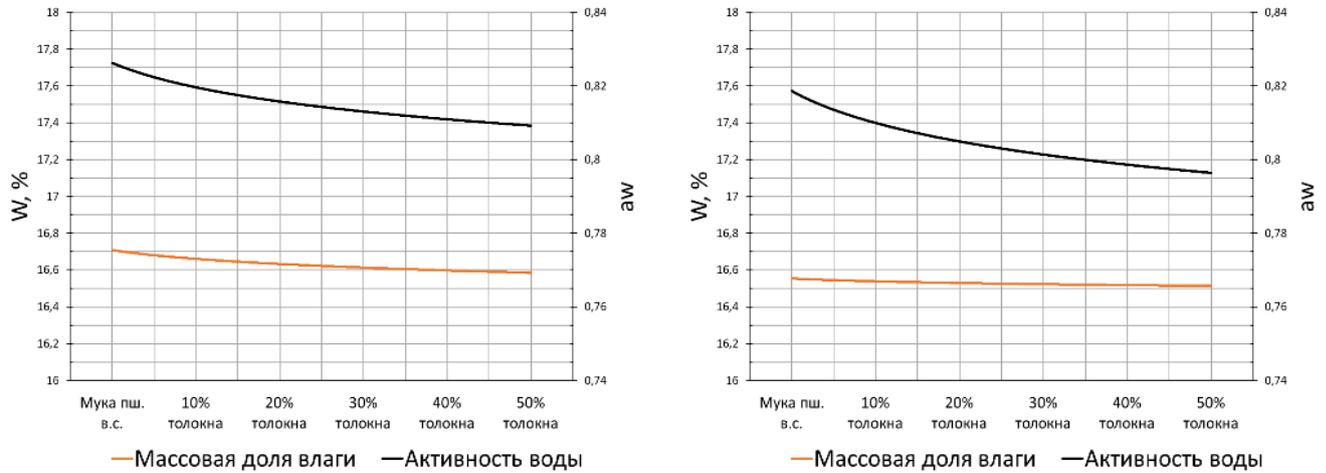
которые будут оказывать существенное влияние на ее взаимодействие с частицами дисперсной фазы и, как следствие, на процесс формирования структуры на стадии тестообразования.

На этапе исследования модельных сред установлено, что введение толокна в пищевые системы способствовало укреплению их коагуляционной структуры и изменению вязкостно-прочностных показателей дисперсионной среды, в том числе вследствие взаимодействия растворимых гидроколлоидов с жидкой фазой (Раздел 3.4.1). Степень взаимодействия воды с химическими компонентами и влияние на консистенцию пищевого продукта определяется не столько содержанием влаги, сколько ее термодинамическим состоянием. Одной из характеристик состояния влаги в пищевой системе является показатель активности воды [262].

Проведено исследование образцов кондитерского теста по содержанию массовой доли влаги и показателю активности воды в зависимости от количества и вида толокна (рисунок 3.4.2.2). Проведенные исследования показали отсутствие существенной разницы в показателях массовой доли влаги в исследуемых образцах теста с разным количеством и видом толокна, а также в контрольном образце. Числовые значения показателей находились в пределах допустимых отклонений ($16,5 \pm 1,0\%$).

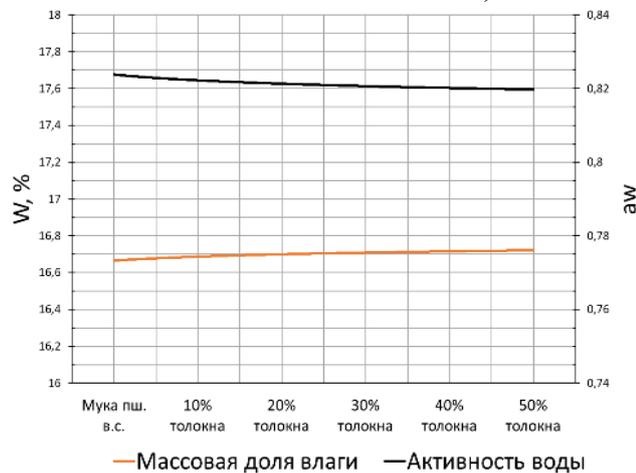
При введении разного количества гречневого толокна показатели активности в образцах теста ($0,822 \pm 0,002$ - $0,818 \pm 0,002$) находились на уровне контрольного образца ($0,823 \pm 0,002$). Наблюдалась некоторая тенденция к незначительному снижению данного показателя в образцах теста с толокном овсяным ($0,821 \pm 0,002$ - $0,804 \pm 0,002$) и ячменным ($0,803 \pm 0,002$ - $0,797 \pm 0,002$). При максимальном количестве толокна (50%) показатели активности воды образцов теста были меньше значения данного показателя в контрольном образце на 2,3% и 3,2% соответственно. На основании полученных данных можно сделать вывод, что введение толокна в тесто для сахарного печенья не оказывает значительного влияния на степень связывания воды в исследуемой пищевой системе. Это может

быть связано с ограниченным количеством свободной в тесте для сахарного печенья.



а) с толокном овсяным

б) с толокном ячменным



в) с толокном гречневым

Рисунок 3.4.2.2 – Влияние вида и количества толокна в двухкомпонентных смесях на массовую долю влаги и активность воды образцов вязко-пластичного теста

Как правило, водная фаза теста для сахарного печенья формируется за счет водной фазы сырьевых компонентов, например, яичного меланжа, сахарных сиропов, цельного молока и т.п., вследствие чего вся вода в данной пищевой системе связана, т.е. находится в молекулярном контакте с углеводами и белками перечисленного сырья. Кроме того, значительное содержание жира и его адсорбция на поверхности частиц дисперсной фазы, в данном случае частиц толокна, также препятствует их взаимодействию с водной фазой теста [153-155, 253, 254].

Плотность. Важным физическим параметром вязко-пластичного теста является его плотность, зависящая от рецептурного количества и вида сырьевых компонентов. В общей характеристике теста низкая плотность свидетельствует о количественном содержании воздушной дисперсной фазы, захваченной и удержанной пищевой системой на стадии ее получения, и является основой структурных характеристик готового изделия. Повышенная аэрация теста на стадии тестообразования обычно взаимосвязана с более высоким уровнем пористости выпеченного печенья [331]. В работе проведено исследование зависимости плотности образцов кондитерского теста от вида и количества толокна (рисунок 3.4.2.3).

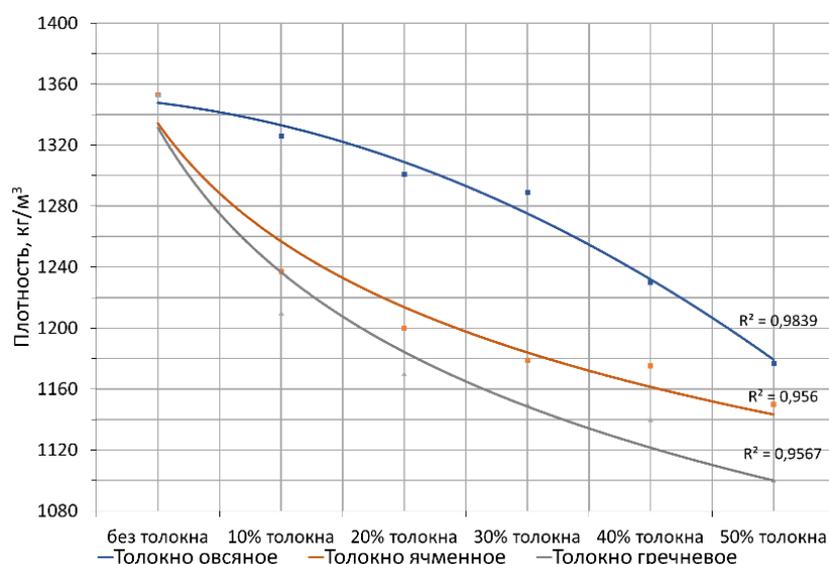


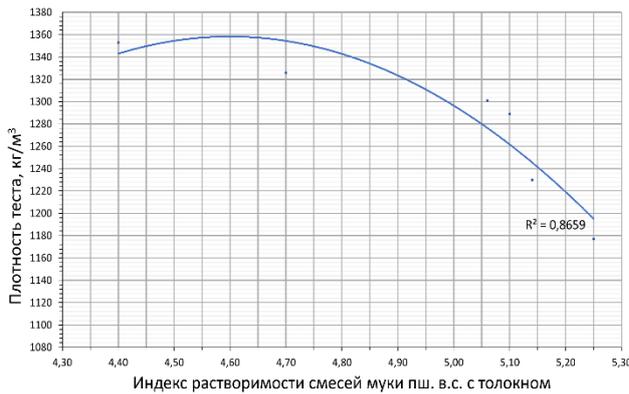
Рисунок 3.4.2.3 - Влияние вида и количества толокна в двухкомпонентных смесях на плотность образцов вязко-пластичного теста

Добавление всех видов толокна в тесто для сахарного печенья привело к снижению показателей его плотности по сравнению с контрольным образцом (1355 ± 12 кг/м³). Изменения плотности образцов теста с толокном зависели от вида и количества добавляемого толокна и находились в диапазоне для толокна: овсяного 1325 ± 12 кг/м³ (10% толокна) - 1180 ± 11 кг/м³ (50% толокна); ячменного 1240 ± 11 кг/м³ (10% толокна) - 1175 ± 11 кг/м³ (50% толокна); гречневого 1210 ± 11 кг/м³ (10% толокна) - 1100 ± 10 кг/м³ (50% толокна). При максимальном количестве вносимого толокна значения этого показателя были ниже контрольного образца на 13% в толокне овсяном и ячменном, на 19% в толокне гречневом.

Установлена обратная корреляционная зависимость плотности вязко-пластичного теста от индекса растворимости и коэффициента набухания двухкомпонентных смесей с толокном (Раздел 3.3).

С величиной достоверности аппроксимации $R^2 \geq 0,9$ зависимость плотности теста от индекса растворимости входящей в его состав двухкомпонентных смесей с толокном описывается следующими уравнениями: - для толокна овсяного: $y = -385,8x^2 + 3548,9x - 6803,3$; - для толокна ячменного: $y = 647,31x^2 - 6416,2x + 17037$; - для толокна гречевого: $y = -6,8525x^2 - 100,49x + 1928$; где: y – плотность вязко-пластичного теста, $\text{кг}/\text{м}^3$; x – индекс растворимости двухкомпонентных смесей с толокном.

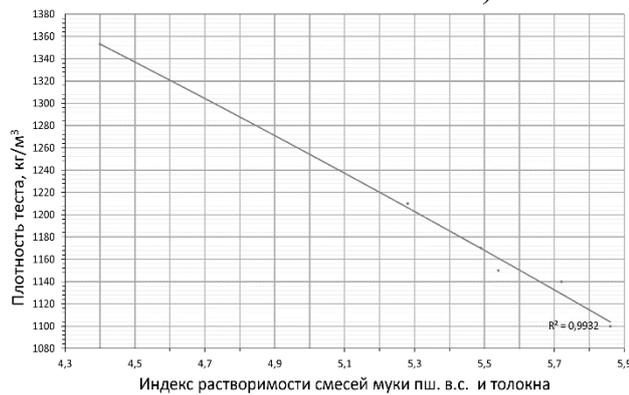
Характер зависимостей плотности образцов теста от индекса растворимости входящих в их состав смесей представлен на рисунке 3.4.2.4.



а) с толокном овсяным



б) с толокном ячменным

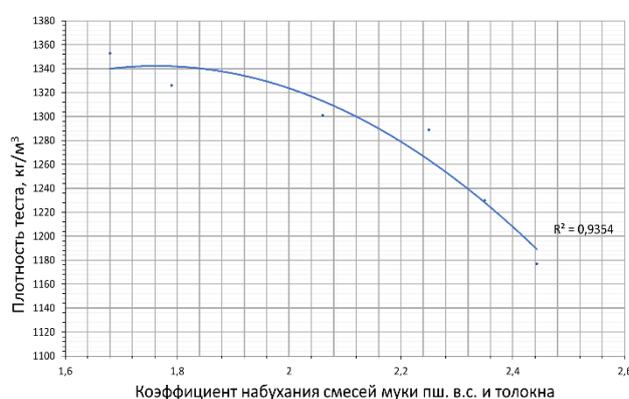


в) с толокном гречевым

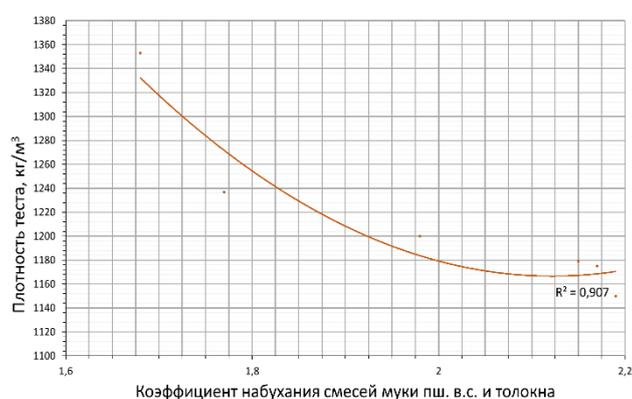
Рисунок 3.4.2.4 - Характер зависимостей плотности образцов теста от индекса растворимости входящих в их состав двухкомпонентных смесей с
ТОЛОКНОМ

С величиной достоверности аппроксимации $R^2 \geq 0,9$ зависимость плотности вязко-пластичного теста от коэффициента набухания входящей в его состав двухкомпонентных смесей с толокном описывается следующими уравнениями: - для толокна овсяного: $y = -330,83x^2 + 1166,5x + 314$; для толокна ячменного: $y = 848,25x^2 - 3600x + 4986,2$; для толокна гречневого: $y = 9047,1x^2 - 33518x + 32127$; где: y – плотность вязко-пластичного теста, $\text{кг}/\text{м}^3$; x – коэффициент набухания двухкомпонентных смесей с толокном.

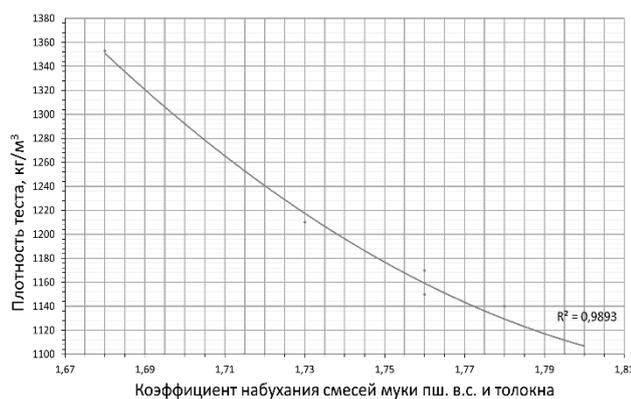
Характер зависимостей плотности образцов теста от коэффициента набухания входящих в их состав двухкомпонентных смесей с толокном представлен на рисунке 3.4.2.5.



а) с толокном овсяным



б) с толокном ячменным



в) с толокном гречневым

Рисунок 3.4.2.5 - Характер зависимостей плотности образцов теста от коэффициента набухания входящих в их состав двухкомпонентных смесей с толокном

Предельное напряжение сдвига. Коагуляционные пищевые системы, в частности кондитерское вязко-пластичное тесто, вследствие наличия в них

структурного каркаса обладают рядом реологических свойств (прочностью, пластичностью, упругостью и т.д.) [332, 333]. Степень проявления данных свойств у одной и той же пищевой системы зависит от интенсивности приложенных к ней внешних сил, под действием которых происходит смещение частиц дисперсной фазы друг относительно друга без нарушения непрерывности самой системы. В процессе промышленной переработки происходит принудительная деформация дисперсных систем, которая приводит к возникновению внутренних сил взаимодействия между частицами дисперсной фазы. Мерой интенсивности этих сил является напряжение. Одной из основных структурно-механических характеристик кондитерского теста является напряжение сдвига, равное отношению приложенной силы к площади сдвига и зависящее от температуры, влажности и ряда других факторов пищевой системы. Под предельным напряжением сдвига понимают минимальную силу, необходимую для начала перемещения слоев системы. Высокая прочность структурной сетки пищевой системы обуславливает увеличение напряжений, требуемых для начала движения материала [332]. В работе проведено исследование предельного напряжения сдвига вязко-пластичного теста с различным видом и количеством толокна. Результаты исследований представлены на рисунке 3.4.2.6.

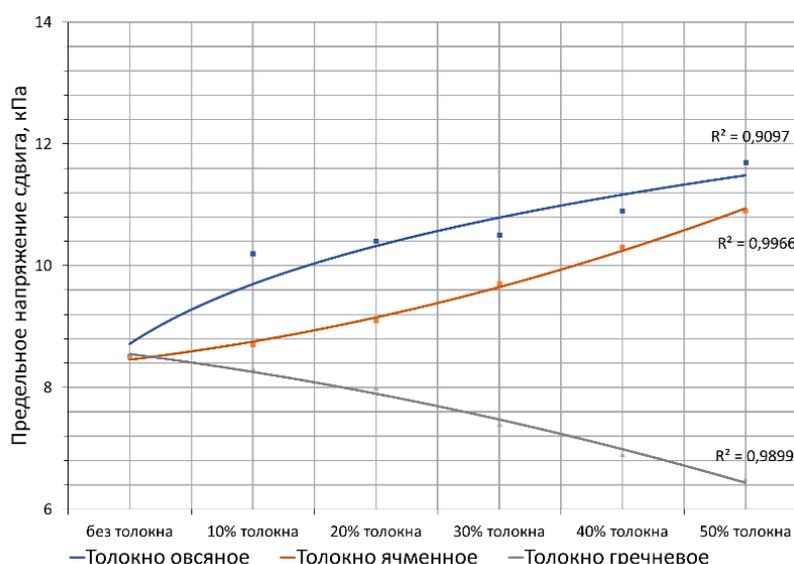


Рисунок 3.4.2.6 - Влияние вида и количества толокна в двухкомпонентных смесях на предельное напряжение сдвига образцов вязко-пластичного теста

При введении толокна овсяного и ячменного наблюдалось повышение предельного напряжения сдвига образцов теста, положительно коррелировавшее с увеличением в них количества толокна. При максимальной концентрации толокна (50%) показатель предельного напряжения сдвига в образце теста с толокном овсяным ($11,7 \pm 0,04$ кПа) превышал этот показатель в контрольном образце ($8,5 \pm 0,03$ кПа) в 1,4 раза, с толокном ячменным ($10,9 \pm 0,03$ кПа) в 1,3 раза. Полученные значения показателей предельного напряжения сдвига образцов теста с толокном овсяным и ячменным положительно коррелировали с результатами исследований предельных (граничных) напряжений модельных суспензий (Раздел 3.3.1.). Таким образом, увеличение концентрации толокна овсяного и ячменного в пищевых системах как с водной, так и с водно-сахарно-жировой дисперсионной средой приводило к формированию более пластичной, но в тоже время более прочной коагуляционной структуры, на преодоление сил сопротивления течению которой требовалось приложения больших усилий, чем для контрольного образца кондитерского теста.

Установлено, что присутствие толокна гречневого в тесте оказывает обратное влияние на его структурные характеристики. Наблюдалось снижение предельного напряжения сдвига образцов теста до $6,5 \pm 0,02$ кПа (50% толокна) - $8,5 \pm 0,03$ кПа (10% толокна) по сравнению с контрольным образцом. Присутствие сахара и жира, привело к образованию в образцах теста с гречневым толокном легкоподвижной структуры, смещение внутренних слоев которой друг относительно друга происходило за счет меньших внешних воздействий по сравнению с контрольным образцом и другими видами толокна. При максимальной концентрации гречневого толокна разница в показателях с контрольным образцом составляла 24%. Данный эффект может быть обусловлен значительным снижением общего количества клейковинных белков в двухкомпонентных смесях с гречневым толокном (Раздел 3.2), вследствие чего происходит образование слабого структурного каркаса пищевой системы. А также являться следствием снижения содержания частиц дисперсной фазы толокна, в том числе, из-за их высокой растворимости (Раздел 3.2). Вследствие

этого происходило образование низкого количества коагуляционных контактов и снижение прочности рассматриваемой системы

Проведенные исследования позволили установить закономерности влияния вида и количества толокна в двухкомпонентных смесях с толокном на процесс структурообразования коагуляционных пищевых систем в разных условиях проведения процесса. Происходило формирование коагуляционных пищевых систем с новыми структурными свойствами. Выявленные закономерности обеспечивают возможность управления процессами формирования коагуляционной структуры вязко-пластичного теста для сахарного печенья.

3.5 Изучение качественных и структурно-механических характеристик сахарного печенья с толокном (пищевой системы конденсационной структуры)

Свойства любой пищевой системы находятся в прямой зависимости от ее структуры, характер которой зависит от исходного соотношения рецептурных компонентов и технологических параметров производства. В многокомпонентных гетерогенных пищевых системах механические свойства определяются, в первую очередь, количественным соотношением между частицами дисперсной фазы и дисперсионной среды, а также характером и степенью их взаимодействия. Сахарное печенье является пищевой системой конденсационной структуры, имеющей жесткий структурный каркас, в который встроены пузырьки газа различного размера и формы [154, 261]. Конденсационная структура печенья представляет собой сложную матрицу, состоящую из белковых агрегатов, липидов и сахаров, в которые встроены крахмальные гранулы. Белковые агрегаты в печенье формируют так называемую структурную опору и способствуют формированию текстуры. Жиры являются одним из важных компонентов структуры печенья, непосредственно влияя на его рассыпчатость. Крахмал представляет собой основной источник углеводов в печенье. Крахмальные гранулы могут способствовать удержанию влаги в структуре

печенья и обеспечивать его эластичность и мягкость. Они также могут играть роль в формировании текстуры печенья в зависимости от их размера и распределения внутри пищевой системы [333]. Понимание особенностей структурообразования пищевой системы и характера влияния на этот процесс рецептурных компонентов выступает важным фактором для модификации ее нутриентного состава, разработки и совершенствования процессов производства и хранения для обеспечения высокого качества и сохранности продукта.

Для изучения влияния толокна на изменение качественных характеристик готовых изделий и установления его технологически обоснованного количества на основе исследованного кондитерского теста разработаны рецептурные модели сахарного печенья и выработаны образцы изделий с двухкомпонентными смесями (с толокном овсяным, ячменным, гречневым). В качестве контрольного образца использован образец с мукой пшеничной высшего сорта. (рисунок 3.5.1). Следует отметить, что содержание добавленного сахара и жира в рецептурных моделях сахарного печенья находилось ниже уровня избыточности данных сырьевых компонентов для твердых продуктов в соответствии с рекомендациями ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» [298].

Схема приготовления сахарного печенья с зерновым толокном представлена на рисунке 3.6.1.



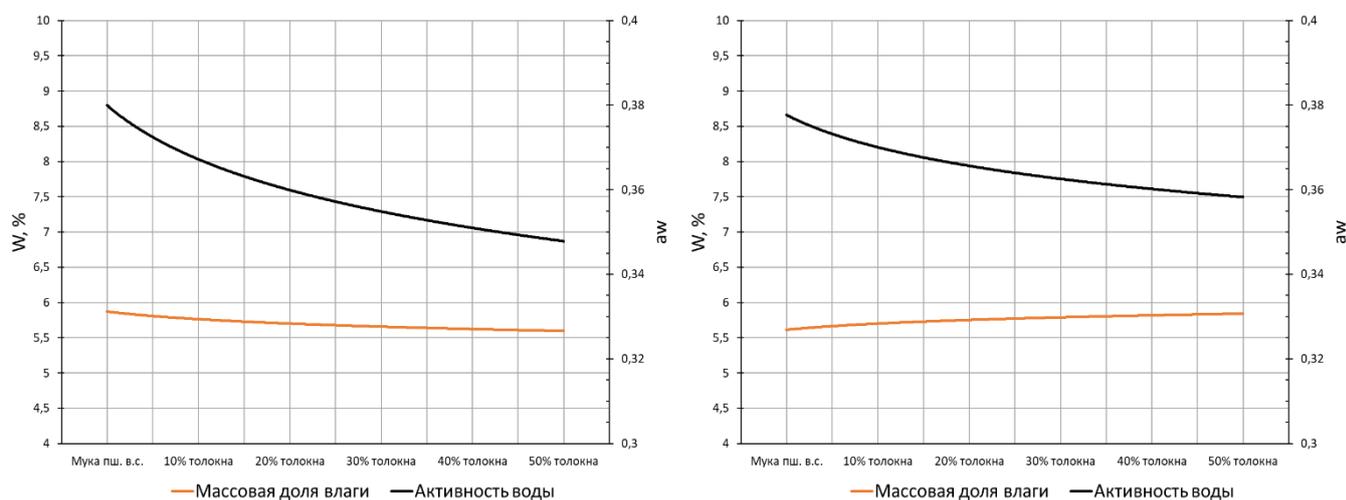
Рисунок 3.5.1. Принципиальная технологическая схема выработки образцов сахарного печенья с двухкомпонентными смесями с толокном

Массовая доля влаги и активность воды. Массовая доля влаги сахарного печенья является одним из важных аспектов его качества, во многом обуславливающим идентификационные признаки готовых изделий, в частности,

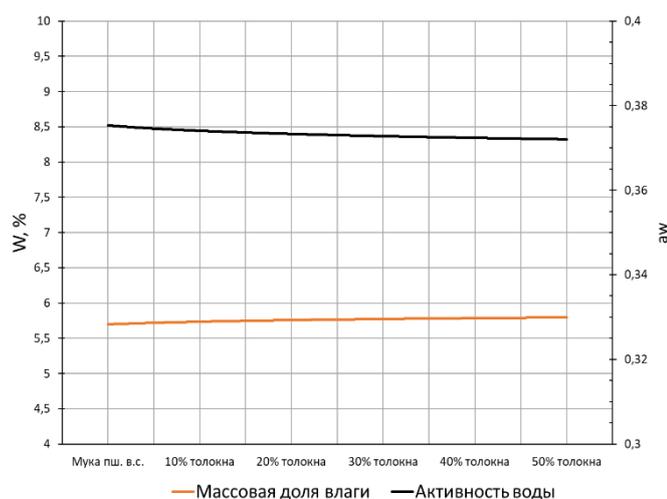
характерные органолептические показатели, специфическую хрупкость и рассыпчатость при откусывании и разжёвывании [253-255]. В соответствии с требованиями ГОСТ 24901 массовая доля влаги в сахарном печенье не должна превышать 10% [300].

Доказано, что существует взаимосвязь между количеством водной фазы в пищевых продуктах и скоростью их микробиологической порчи. Показатель массовой доли влаги не является достаточно информативным для понимания безопасности пищевых продуктов или прогнозирования их срока годности. Помимо массовой доли влаги при комплексном исследовании пищевых продуктов используется показатель активности воды (a_w), который характеризует потенциальное состояние влаги в изделии. Активность воды является важным технологическим свойством зернового сырья, определяющим доступность воды в продукте для микроорганизмов и протекания биохимических процессов. Контроль и оптимизация значения показателя активности воды в процессе производства мучных кондитерских изделий позволяет обеспечить лучшую сохранность и качество готовой продукции, увеличивая ее стабильность и длительность срока годности. Взаимосвязь между массовой долей влаги и активностью воды сложна и зависит от рецептурного состава и вида используемых сырьевых компонентов [262].

В работе проведено исследование зависимости массовой доли влаги образцов печенья и показателя активности воды от вида и количества толокна (рисунок 3.5.2).



а) образцы печенья с комплексными смесями с толокном овсяным б) образцы печенья с комплексными смесями с толокном ячменным



в) образцы печенья с комплексными смесями с толокном гречневым

Рисунок 3.5.2. – Влияние вида и количества толокна на массовую долю влаги и активность воды сахарного печенья

Проведенные исследования демонстрировали отсутствие существенной разницы между показателями массовой доли влаги в исследуемых образцах печенья с разным видом и количеством толокна, а также в контрольном образце. Числовые значения показателей находились в пределах допустимых отклонений $5,5 \pm 1,0\%$. Введение толокна, являющегося источником нативных пищевых волокон, не оказывало влияния на удержание влаги в изделии в процессе выпечки. Можно сделать вывод, что высокая абсорбционная способность двухкомпонентных смесей по воде (Раздел 3.3) в пищевых системах с высоким содержанием сахара и жира, способствующим ограничению набухания частиц муки, не приводит к удержанию большего количества влаги в изделии.

Показатели активности воды в образцах печенья с разным количеством овсяного и ячменного толокна, демонстрировали некоторую тенденцию к снижению по сравнению с контрольным образцом ($0,374 \pm 0,002$). Данные результаты положительно коррелировали с показателем активности воды в тесте с соответствующим зерновым толокном (Раздел 3.4). При введении разного количества овсяного толокна показатели активности воды образцов печенья находились в диапазоне $0,341 \pm 0,002$ (50% толокна) - $0,370 \pm 0,002$ (10% толокна);

толокна ячменного – $0,365 \pm 0,002$ (50% толокна) - $0,372 \pm 0,002$ (10% толокна), что при максимальном количестве толокна (50%) было меньше значения данного показателя в контрольном образце на 9% и 2,4% соответственно.

В образцах смесей с гречневым толокном показатели активности воды находились в диапазоне $0,370 \pm 0,002$ (50% толокна) - $0,372 \pm 0,002$ (10% толокна).

Следовательно, сделан вывод, что введение ячменного и гречневого толокна в образцы сахарного печенья не способствовало повышению связывания воды в исследуемых пищевых системах. Введение толокна овсяного в количестве 30-50% приводило лишь к незначительному снижению в них свободной воды. Как и в случае с тестом (Раздел 3.4), это может быть следствием того, что для сахарного печенья технологически не предусмотрено внесение большого количества свободной воды. Как правило, водная фаза теста, формируемая за счет водной фазы сырьевых компонентов, находится в связанном состоянии и не является оптимальной средой для проявления гидрофильных свойств полисахаридов толокна. Кроме того, отсутствие существенного взаимодействия гидроколлоидов толокна с водной фазой исследуемой пищевой системы может быть обусловлено значительным содержанием жировой фракции в сахарном печенье [153-155, 253, 254].

Намокаемость. Одной из составляющих комплексной оценки качественных характеристик сахарного печенья является его намокаемость, т.е. способность к впитыванию влаги при погружении изделия в водную среду. При погружении печенья в воду происходит миграция влаги внутрь структуры изделия, скорость и величина которой зависит от степени разрыхленности изделия. Показатель намокаемости характеризует внутреннее строение кондитерских систем конденсационной структуры (в частности, сахарного печенья) и является косвенной оценкой количества воздушной фазы (воздушных пор), встроенной в структурный каркас изделия.

Высокие значения показателя намокаемости свидетельствуют об использовании технологически адекватного соотношения сырьевых компонентов, количества разрыхлителей в рецептуре изделия, качественном проведении

процессов формирования структуры пищевой системы и, как следствие, наличии значительного количества воздушной фазы в изделии. Таким образом, показатель намокаемости, наряду с показателем плотности, является важной оценкой качества сахарного печенья, косвенно характеризующий его структуру и пористость. В соответствии с требованиями ГОСТ 24901 показатель намокаемости в сахарном печенье должен быть не менее 180% [300]. В работе проведено исследование показателей намокаемости образцов сахарного печенья с зерновым толокном. Результаты исследований представлены на рисунке 3.5.3.

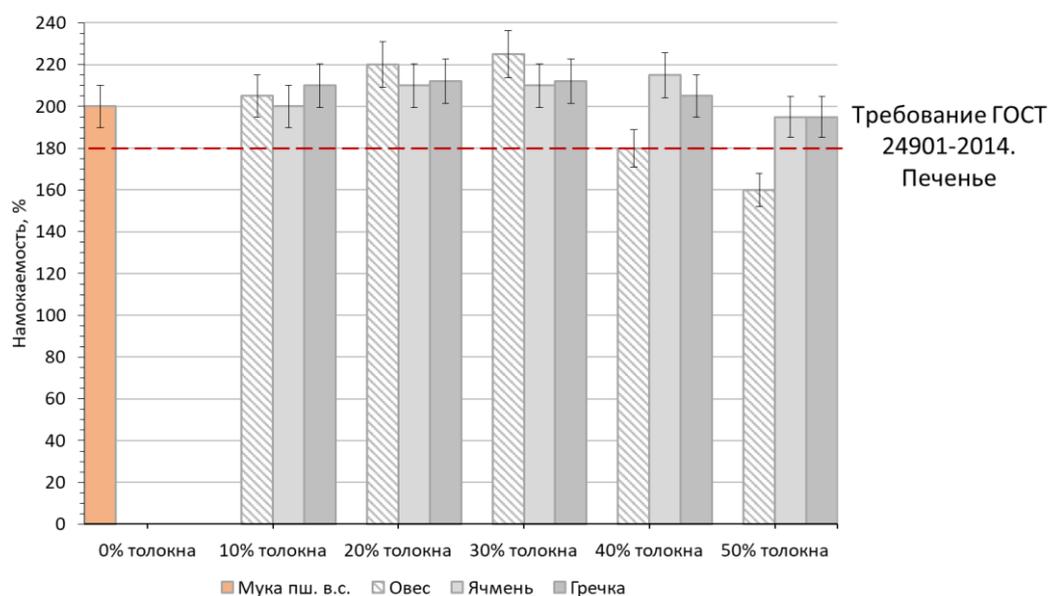


Рисунок 3.5.3 - Влияние вида и количества толокна на намокаемость сахарного печенья

Изменение показателя намокаемости зависело от количества и вида данного сырья. Добавление толокна овсяного в концентрациях 10%-30% ((205±10)%-(225±11)%), толокна ячменного 10%-40% ((200±10)%-(215±11)%) и толокна гречневого 10%-30% ((210±10)%-(212±11)%) привело к увеличению показателя намокаемости по сравнению с контрольным образцом ((200±10)%). Это может быть связано со снижением общего количества клейковины в используемых двухкомпонентных смесях (Раздел 3.3), которая способствует усилению упруго-вязких свойств теста и отрицательно влияет на качественные характеристики сахарного печенья [153-155]. В результате происходило формирование рассыпчатой песчанистой структуры печенья.

Дальнейшее увеличение концентрации толокна овсяного и гречневого до 40% и 50%, ячменного - до 50% приводило к снижению показателя намокаемости готовых изделий вследствие уменьшения частичной концентрации дисперсной фазы и формирования более плотной структуры. При этом показатели намокаемости во всех образцах сахарного печенья с зерновым толокном не были ниже его нормируемого значения ($(180 \pm 9)\%$), за исключением образца с 50% толокна овсяного ($(160 \pm 8)\%$).

Прочность. Под прочностью понимают структурную особенность твердого материала, позволяющую ему сопротивляться разрушению при приложении внешних сил в процессе механического воздействия. Это структурно-механическое свойство, которое определяется структурой и пористостью материала. Прочность играет важную роль в количественной характеристике сахарного печенья, которое при достаточной прочности (для сокращения лома и крошки) должны обладать хорошей хрупкостью и рассыпчатостью [334].

В работе проведено исследование показателей прочности образцов сахарного печенья с толокном. Результаты исследований представлены на рисунке 3.5.4.

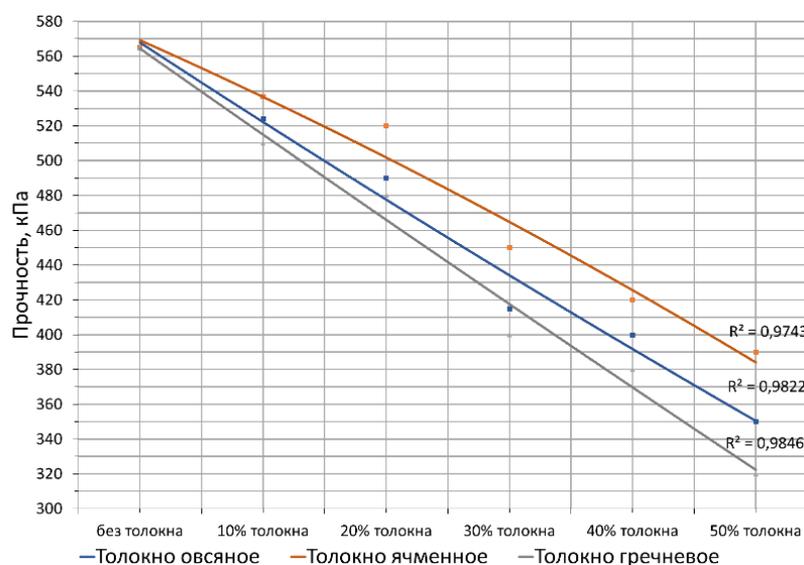


Рисунок 3.5.4 - Влияние вида и количества толокна на прочность сахарного печенья

При введении толокна происходило снижение прочности образцов печенья, и наблюдалась обратная зависимость данного показателя от количества толокна в

рецептуре изделий вследствие образования менее прочной конденсационной структуры в исследуемых пищевых системах. Максимальным показателем прочности структуры обладал контрольный образец ((565±5) кПа). При максимальной концентрации толокна ячменного и овсяного (50%) прочность образцов печенья с данными видами толокна была ниже, чем в контрольном образце в 1,6 ((350±3) кПа) и 1,4 ((390±3) кПа) раза соответственно. В отличие от прочностных характеристик коагуляционной структуры вязко-пластичного теста с овсяным и ячменным толокном (Раздел 3.4), высокое содержание пищевых волокон в исследуемом сырье не приводило к образованию прочных конденсационных точечных контактов между частицами дисперсной фазы изделия после удаления дисперсионной среды во время выпечки. Минимальной прочностью структуры обладали образцы сахарного печенья с толокном гречневым. При максимальной концентрации толокна прочность печенья ((320±3) кПа) была ниже этого показателя в контрольном образце в 1,8 раза. Данный эффект также наблюдался при исследовании прочностных характеристик кондитерского теста с гречневым толокном (Раздел 3.4).

Уменьшение прочности образцов печенья положительно коррелировало со снижением в них общего количества клейковины, формирующей структурный каркас изделия. Снижение содержания клейковины в двухкомпонентных смесях (Раздел 3.3) способствовало формированию хрупкой структуры готового изделия.

Низкая дисперсность толокна (Раздел 3.2) наряду со сниженным содержанием клейковинных белков приводила к уменьшению точечных контактов в исследуемой системе, и как следствие, формированию конденсационных структур с низкой прочностью. При этом высокое содержание пищевых волокон в толокне (Раздел 3.2) не выступало компенсационной заменой рассматриваемым факторам при формировании структурной прочности печенья. Вместе с тем следует отметить, что снижение прочностных характеристик образцов печенья с зерновым толокном оказывало положительное влияние на общее восприятие и текстуру изделий при определенных концентрациях толокна.

Установлены прямые корреляционные зависимости прочности сахарного печенья от плотности теста для разных видов толокна. С величиной достоверности аппроксимации $R^2 > 0,9$ зависимость прочности сахарного печенья толокном от плотности теста описывается следующими уравнениями: для толокна овсяного: $y = -0,0053x^2 - 12,257x + 7405,9$; для толокна ячменного: $y = -0,0123x^2 + 31,789x - 20012$; для толокна гречневого: $y = -0,0057x^2 - 14,966x - 9271,1$; где: y – прочность печенья, кПа; x – плотность теста, $\text{кг}/\text{м}^3$. Характер зависимостей представлен на рисунке 3.5.5.

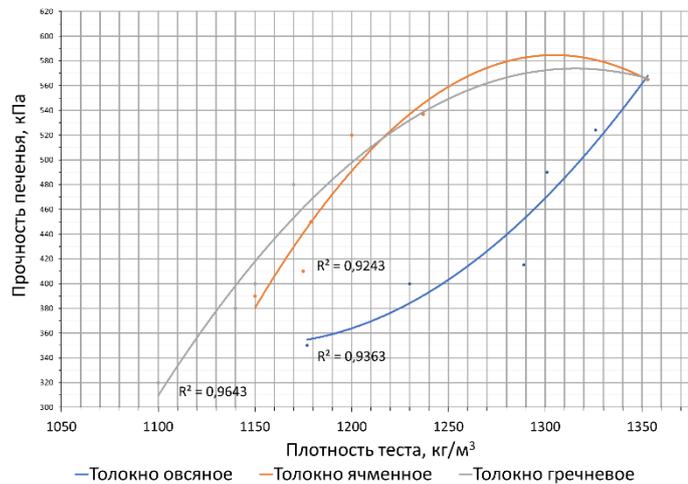


Рисунок 3.5.5. Характер зависимостей прочности сахарного печенья с толокном от показателей плотности теста

Значения показателей щелочности и массовой доли золы во всех образцах печенья находились в пределах, регламентируемых ГОСТ 24901 [300].

Органолептические показатели. Важным аспектом, влияющим на формирование качества и восприятие пищевой продукции, являются ее органолептические характеристики. В представленной работе оценка готовых изделий осуществлена с использованием количественного и качественного методов.

При количественном методе тестируемый образец печенья оценен по 5-балльной системе по следующим критериям качества: форма; поверхность; цвет; вид в изломе; запах; вкус; текстура. Результаты исследований представлены на рисунках 3.5.6-3.5.8.

Качественные характеристики по каждому дескриптору контрольного образца и сахарного печенья с зерновым толокном представлены на рисунках 3.5.9-3.5.11.

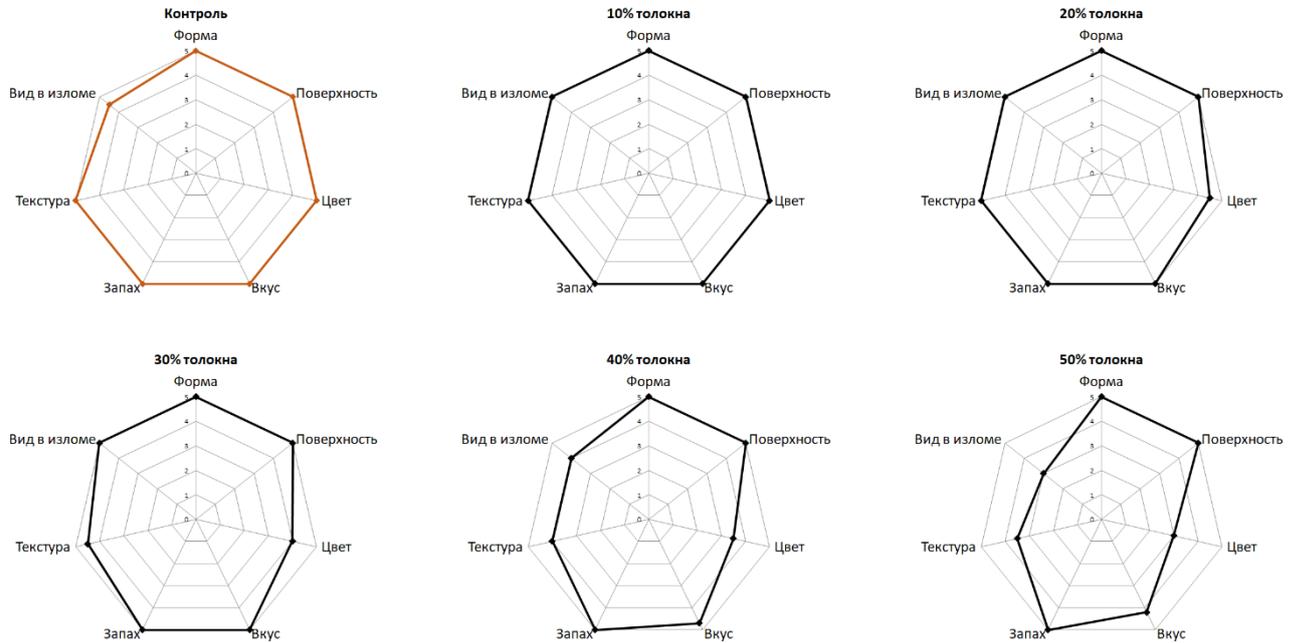


Рисунок 3.5.6 - Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном овсяным с использованием количественного метода

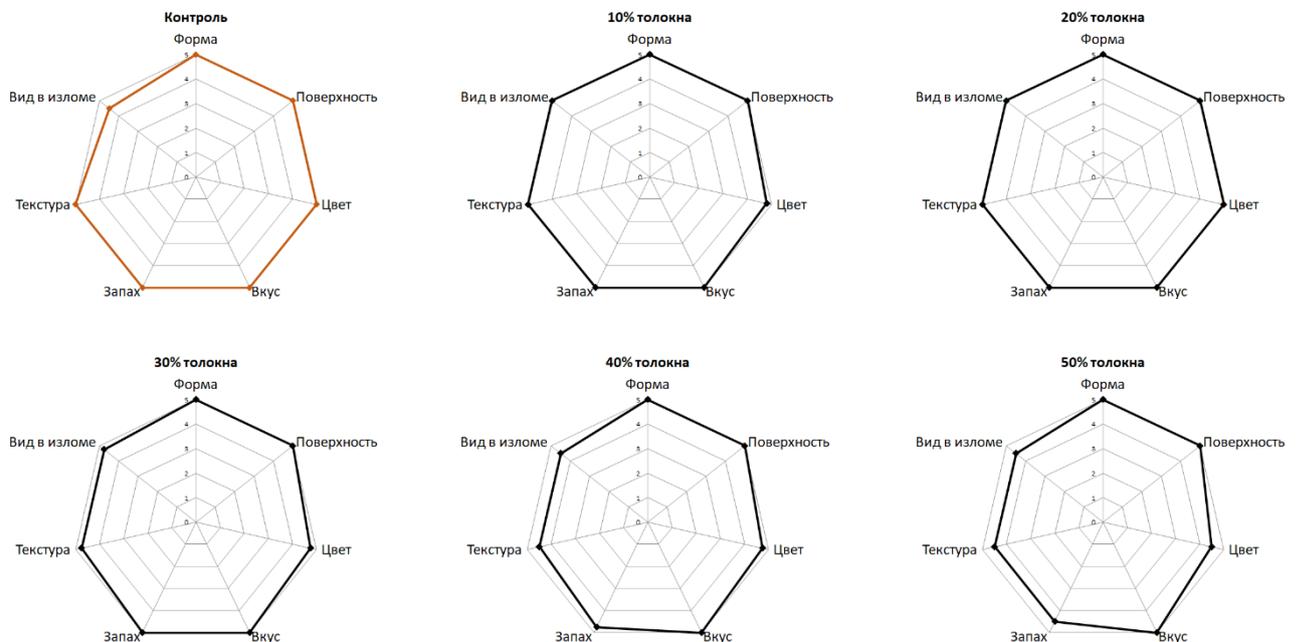


Рисунок 3.5.7 - Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном ячменным с использованием количественного метода

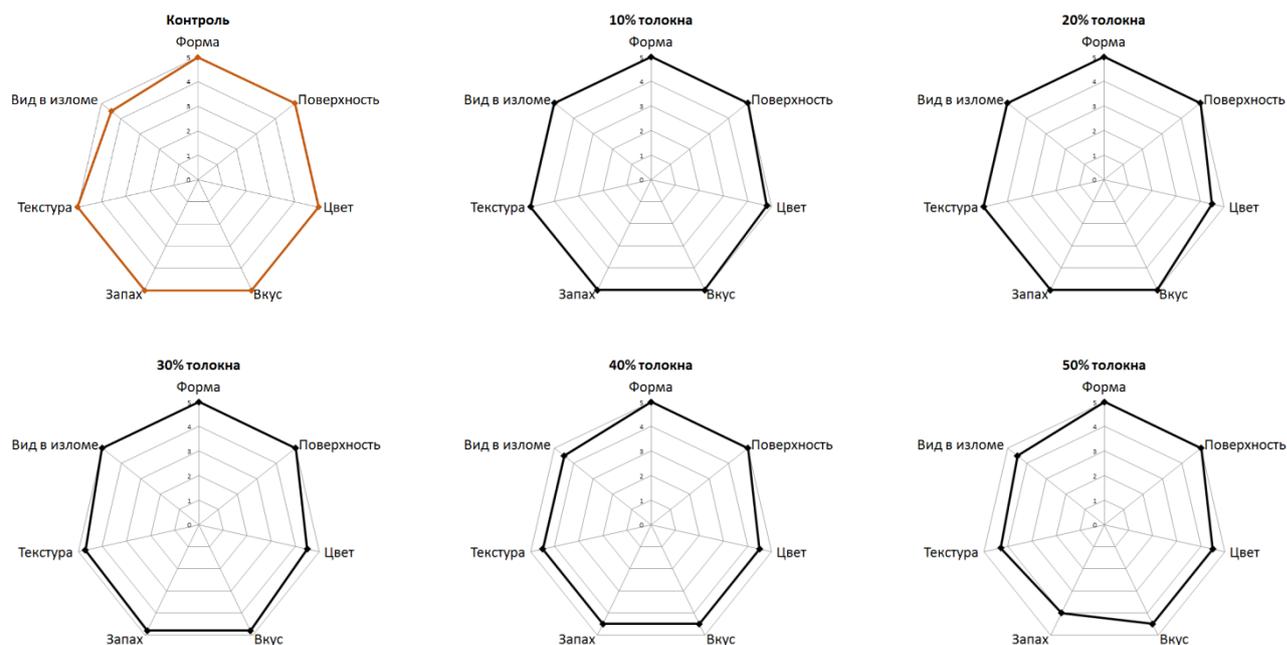


Рисунок 3.5.8 - Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном гречневым с использованием количественного метода

Наименование показателя	Рецептурные модели					
	Контроль	10% толокна	20% толокна	30% толокна	40% толокна	50% толокна
Форма	правильная, круглая, равномерная по всей толщине, без вздутий и повреждений края					
Поверхность	гладкая, ровная, сухая, без трещин и прочих дефектов					
Цвет	Равномерный по всему объему изделия, насыщенный светло-соломенный	Равномерный по всему объему, светло-соломенный со сероватым оттенком	Равномерный по всему объему, светло-соломенный со сероватым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с сероватым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с серым оттенком	Равномерный по всему объему, темно-соломенный с серым оттенком
Вкус и запах	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Приятное орехово-злаковое послевкусие	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Приятное орехово-злаковое послевкусие	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Орехово-злаковый вкус	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Овсяный вкус	Свойственные выпеченному изделию. Преобладание интенсивного овсяного вкуса с жареной нотой
Текстура	При раскусывании или разламывании требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая			При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания	Плотная, рассыпчатая, слегка крошащаяся, появляется небольшая сопротивляемость откусыванию и вязкость массы разжевывании	Плотная, не рассыпчатая, значительная сопротивляемость откусыванию и вязкость массы разжевывании.
Вид в изломе	Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, с равномерной пористостью	Пропеченное по тонкостенной мелкой пористостью, с пустот	Пропеченное по всему объему с пористостью, без	Пропеченное по всему объему с пористостью, равномерная с горизонтально направленными порами среднего размера	Пропеченное по всему объему, со среднего размера с слегка неравномерными горизонтально направленными порами	Пропеченное по всему объему, с неравномерной недостаточной пористостью

Рисунок 3.5.9 Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном овсяным с использованием качественного метода

Наименование показателя	Рецептурные модели					
	Контроль	10% толокна	20% толокна	30% толокна	40% толокна	50% толокна
Форма	правильная, круглая, равномерная по всей толщине, без вздутий и повреждений края					
Поверхность	гладкая, ровная, сухая, без трещин и прочих дефектов					
Цвет	Равномерный по всему объему изделия, насыщенный светло-соломенный	Равномерный по всему объему, светло-соломенный со слегка кремовым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с кремовым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с кремово-коричневым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с коричневым оттенком	Равномерный по всему объему, светло-коричневый
Вкус и запах	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные.	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Появляется легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе
Текстура	При раскусывании или разламывании требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая		При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая	При раскусывании или разламывании слегка рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая, мягкая
Вид в изломе	Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, с равномерной пористостью	Пропеченное по всему объему, без развитой мелкопористой структуры			Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, со среднего размера равномерными выраженными порами	

Рисунок 3.5.10 Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном ячменным с использованием качественного метода

Наименование показателя	Рецептурные модели					
	Контроль	10% толокна	20% толокна	30% толокна	40% толокна	50% толокна
Форма	правильная, круглая, равномерная по всей толщине, без вздутий и повреждений края					
Поверхность	гладкая, ровная, сухая, без трещин и прочих дефектов					
Цвет	Равномерный по всему объему изделия, насыщенный светло-соломенный	Равномерный по всему объему, соломенный с кремовым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с кремово-коричневым оттенком	Равномерный по всему объему, соломенный с коричневым оттенком	Равномерный по всему объему, светло-коричневый	Равномерный по всему объему, коричневый
Вкус и запах	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, приятные гармоничные. Появляется легкий гречневый оттенок во вкусе и запахе	Свойственные выпеченному изделию, с гречневым привкусом	Свойственные выпеченному изделию с характерным гречневым вкусом	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Насыщенный гречневый вкус	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные. Интенсивный гречневый вкус
Текстура	При раскусывании или разламывании требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая		При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая. Появляется легкое похрустывание от пищевых волокон	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая. Усиление похрустывания от пищевых волокон	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая.	При раскусывании или разламывании слегка рассыпчатая, при разжевывании несколько упругая, мягкая. Значительное похрустывание от пищевых волокон
Вид в изломе	Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, с равномерной пористостью				Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса, со среднего размера равномерными выраженными порами	

Рисунок 3.5.11 Органолептическая оценка сахарного печенья с толокном гречневым с использованием качественного метода

Органолептическая оценка показала, что тестируемые образцы готовых изделий с толокном овсяным имели высокую дегустационную оценку по показателям форма и поверхность. С увеличением количества толокна овсяного в изделиях наблюдалось нарастание интенсивности соломенного цвета с преобладанием серого оттенка, что не влияло на положительное восприятие изделия, однако привело к снижению оценки данного показателя дегустаторами во всех образцах печенья. В печенье с 10-30% толокна овсяного появлялся приятный орехово-злаковый оттенок вкуса, интенсивность которого нарастала с увеличением концентрации толокна. В образцах печенья с 40% и 50% толокна овсяного наблюдалось доминирование вкуса толокна овсяного, не оказывающего отрицательного воздействия на общую приемлемость печенья. Установлено существенное влияние толокна овсяного на текстуру готовых изделий. В образцах печенья с 10-30% толокна присутствовала характерная для сахарного печенья сухая и рассыпчатая текстура. В образцах с 40% и 50% толокна овсяного появлялась сопротивляемость печенья откусыванию и разжевыванию. В данных образцах печенья смачивание слюной продукта при разжевывании приводило к образованию массы вязкой, клейкой структуры, негативно влиявшей на общее восприятие изделия и наиболее ярко проявлявшейся в рецептурной модели с 50% толокна. Образцы печенья с 10-30% толокна обладали лучшей пористостью по сравнению с контрольным образцом, образцы печенья с 40% и 50% толокна овсяного характеризовались недостаточной и неравномерно развитой пористостью.

Результаты органолептических исследований печенья с ячменным толокном показали, что исследуемые образцы имели высокую дегустационную оценку по всем рассматриваемым дескрипторам. В изделиях присутствовал кремово-коричневый оттенок цвета, и наблюдалось усиление его интенсивности по мере увеличения количества толокна. Образец с 50% толокна имел приятный светло-коричневый цвет. В образцах печенья с 30-50% толокна появлялся легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе, без доминирующей ноты, но отличавший образцы от контрольного. Это обусловило незначительное снижение данного

показателя. Установлено влияние толокна ячменного на текстуру изделия. Начиная с образца с 30% толокна, в изделиях появлялась некоторая упругость при разжевывании, обусловленная присутствием пищевых волокон, не влияющая отрицательно на органолептическую оценку печенья. Образец с 50% толокна ячменного характеризовался меньшей рассыпчатостью, характерной для сахарного печенья, несколько рыхлой мягкой структурой, не оказывающей негативного влияния на восприятие изделия. Образцы с толокном ячменным отличались равномерно развитой выраженной структурой пор. Всеми дегустаторами отмечено положительное восприятие изделий с ячменным толокном, их сбалансированный гармоничный вкус, мягкая разрыхленная текстура.

Органолептическая оценка показала, что тестируемые образцы готовых изделий с толокном гречневом имеют высокую дегустационную оценку по показателям форма, вид в изломе и поверхность. С увеличением количества толокна гречевого в изделиях наблюдалось нарастание интенсивности коричневого цвета, что привело к снижению оценки данного показателя дегустаторами во всех образцах печенья. Во всех образцах с гречневым толокном присутствовал характерный запах и вкус, обусловленный видом сырья, слабо выраженный в образце с 10% толокна и ярко проявляющийся в образце с 50% гречевого толокна, что привело к снижению оценки у данного показателя в рецептурных моделях с 30-50% толокна. В образцах с 30-50% толокна гречевого при разжевывании появлялось легкое похрустывание вследствие наличия пищевых волокон, увеличивающееся по мере увеличения количества толокна. Все образцы с гречневым толокном обладали хорошо развитой равномерной пористостью.

Введение толокна в определенных концентрациях взамен части рецептурного количества муки пшеничной высшего сорта привело к положительным качественным изменениям в органолептических и структурных характеристиках исследуемых пищевых систем конденсационной структуры. Формирование готовых изделий с новыми свойствами происходило при

одновременном сохранении их традиционности, идентификационных критериев принадлежности к определенной группе, а также высокой потребительской приемлемости, как одного из элементов сформированного комплексного подхода (Раздел 3.1).

На основании результатов исследований закономерностей изменения качественных и структурных характеристик сырья и полуфабрикатов внутри технологического потока сахарного печенья с толокном выявлены пути управления свойствами и структурообразованием пищевых дисперсных систем на каждой технологической операции для получения изделий с заданными свойствами.

3.6 Формирование комплекса показателей для обеспечения качества и безопасности обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста

На основании анализа результатов исследований по совокупности физико-химических, структурно-механических и органолептических характеристик оптимальным количеством для сахарного печенья в качестве замены части рецептурного количества муки явилось введение толокна в следующем количестве: для толокна овсяного 30%, толокна ячменного 40% толокна гречневого 30%. Указанное количество толокна обеспечивало получение сахарного печенья с характерной для этих изделий текстурой, равномерно развитой пористостью, приятными ярко выраженными вкусом и запахом. Структурно-механические характеристики исследуемых пищевых систем обеспечивали получение изделий с прочной, но при этом рассыпчатой структурой. Выбранные образцы сахарного печенья исследовались по содержанию пищевых волокон. Результаты исследования представлены на рисунке 3.6.1.

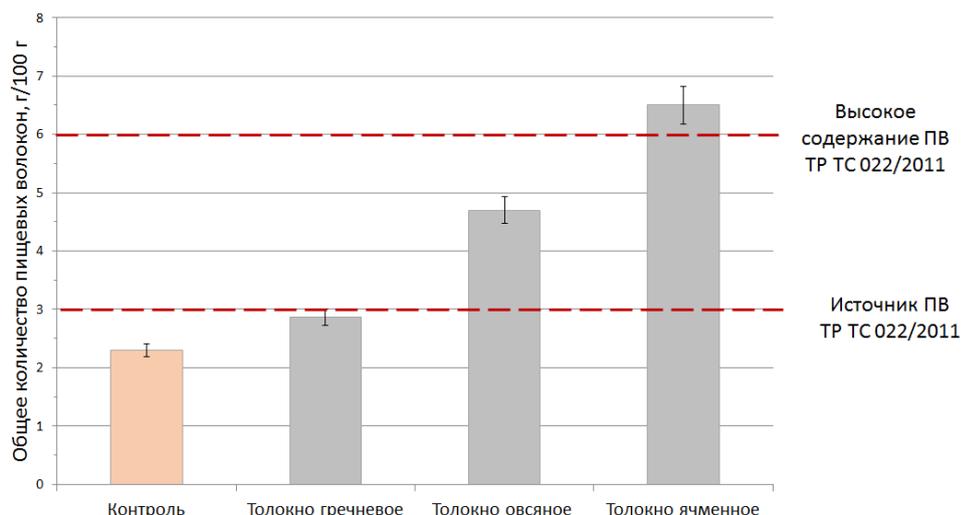


Рисунок 3.6.1 - Содержание общего количества пищевых волокон в образцах печеня с зерновым толокном (с 30% овсяного толокна, с 40% ячменного толокна, 30% гречневого толокна)

Введение толокна ячменного в количестве 40%, толокна овсяного и гречневого в количестве 30% обеспечило увеличение количества пищевых волокон в готовом изделии. По сравнению с контрольным образцом ($2,3 \pm 0,1$ г/100 г) количество пищевых волокон в печенье увеличилось: с ячменным толокном в 2,8 раза, овсяным толокном в 1,9 раза, гречневым толокном 1,2 раза. Техническим регламентом 021/2011, закреплено понятие обогащенной пищевой продукции — это продукция, в которую добавлены пищевые вещества, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утерянные в процессе производства. Гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого вещества, использованного для обогащения, должно быть доведено до уровня источника [114]. В соответствии с требованиями Технического Регламента 022/2011, в продукте, являющимся источником пищевых волокон, должно содержаться не менее 3 г пищевых волокон на 100 г продукта, высокое содержание пищевых волокон соответствует 6 г на 100 г продукта [116]. В связи с этим образцы печеня с толокном овсяным и ячменным в выбранных концентрациях относились к категории продукции, обогащенной пищевыми волокнами, при этом в печенье с ячменным толокном содержалось их высокое количество. При введении гречневого толокна в выбранном количестве

происходило незначительное увеличение содержания пищевых волокон, что не позволило отнести печенье к категории обогащенной пищевой продукции, однако использование данного вида толокна позволит расширить ассортимента сахарного печенья для всех групп населения.

Показатели пищевой и энергетической ценности сахарного печенья с толокном овсяным и ячменными и контрольного образца представлены в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1.- Пищевая и энергетическая ценность сахарного печенья с толокном овсяным и ячменным и контрольного образца

Наименование показателя	Значение показателя		
	Сахарное печенье с 30% толокна овсяного	Сахарное печенье с 40% толокна ячменного	Сахарное печенье (контрольный образец)
Содержание белка, г/100 г	7,9	8,0	7,1
Содержание жира, г/100 г	17,5	17,1	16,5
Содержание углеводов, г/100 г	63,6	63,8	65,4
Содержание пищевых волокон, г/100 г	4,7	6,5	2,5
Энергетическая ценность, ккал	443	440	439

Важным элементом комплексного подхода при создании мучных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет является пищевая безопасность – обеспечение сохранения заявленных свойств и показателей безопасности продукта в течение его жизненного цикла (Раздел 3.1). В настоящее время производство специализированных мучных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет осуществляется на основании технических условий производителя в соответствии с требованиями Технических Регламентов. Для разработки данного нормативного документа на сахарное печенье с зерновым толокном для детского питания сформирован комплекс показателей для обеспечения его качества и безопасности.

Органолептические показатели. Изменение органолептических свойств продукта при хранении, в результате протекающих в нем физических,

биохимических и микробиологических процессов, является важной характеристикой для оценки качества печенья потребителем. Основным процессом, приводящим к ухудшению органолептических показателей в печенье (a_w ниже 0,6) при хранении, является процесс прогоркания жиров, характеризующийся появлением неприятного запаха и привкуса в изделии [335].

Для проведения дегустационной оценки сахарного печенья с зерновым толокном был определен перечень дескрипторов (форма, поверхность, цвет, вкус и запах, текстура, вид в изломе) и разработана квалитетрическая шкала, позволяющая количественно и наиболее полно оценить качественные характеристики и вкусовые особенности полученного изделия с помощью описания и оценки каждого дескриптора (Приложение 5). Для идентификации сахарного печенья с зерновым толокном, как изделия высокого качества, разработаны требования к его органолептическим показателям по каждому из выбранных дескрипторов, представленные в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 - Требования к органолептическим показателям для сахарного печенья с зерновым толокном

Наименование показателя	Характеристика
Форма	Правильная, разнообразная (круглая, квадратная, прямоугольная, овальная и т.п.). Плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края.
Поверхность	Без трещин, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности. Не подгорелая, без вздутий и впадин. Нижняя поверхность ровная. Допускаются вкрапления пищевых волокон и слегка шероховатая поверхность.
Цвет	Равномерный по всему объему. В печенье с овсяным толокном соломенный с сероватым оттенком. В печенье с ячменным толокном соломенный с коричневатым оттенком
Вкус и запах	Свойственные выпеченному изделию, характерно выраженные, без посторонних привкусов и запахов. В печенье с ячменным толокном присутствует легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе; в печенье с овсяным толокном присутствует орехово-злаковый вкус и запах
Текстура	При раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая. В печенье с ячменным толокном несколько упругая при

	разжевывании.
Вид в изломе	Пропеченное по всему объему, без пустот и следов непромеса. В печенье с овсяным толокном пористость равномерная с горизонтально направленными порами среднего размера. В печенье с ячменным толокном равномерная с развитой мелкопористой структурой.

Восприятие пищи в наибольшей степени зависит от ее сенсорных характеристик, чем от качественных свойств. Британским институтом стандартов текстура съедобного материала определяется как атрибут вещества, возникающий в результате сочетания физических свойств, воспринимаемых органами осязания, зрением и слухом. В основном, текстура — это физический признак, но для некоторых продуктов питания (например, для овощей и фруктов) текстура является основным признаком качества. Необходимость всесторонней оценки качества пищевых продуктов, включая не только вкус, размер, форму и цвет, но и все характеристики, воспринимаемые потребителями, привела к необходимости признать текстуру важным атрибутом качества [336]. В связи с этим для комплексной оценки сахарного печенья с толокном обовновано введение нового дескриптора – «текстура».

В работе под текстурой понимают систему взаимного расположения структурных элементов пищевого продукта, органолептически характеризуемую комплексом зрительных, слуховых и осязательных ощущений, возникающих при разжевывании продукта [337].

Физико-химические показатели. Физико-химические показатели пищевых продуктов, в первую очередь, являются критериями их качества и безопасности. Изучение и контроль физико-химических характеристик пищевых продуктов являются важными как с точки зрения их правильной идентификации, так и с точки зрения обеспечения одного из элементов комплексного подхода - потребительской приемлемости (Раздел 3.1). Для выполнения поставленных в работе задач для сахарного печенья с толокном разработан комплекс физико-химических показателей с учетом рекомендаций к продукции для питания детей старше трех лет и требований законодательства, приведенный в таблице 3.6.2.

Таблица 3.6.2 - Физико-химические показатели для сахарного печенья с толокном

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля влаги, % не более	10,0
Массовая доля общего сахара, не более	25,0
Массовая доля добавленного сахара, % не более	22,0
Массовая доля жира, % не более	18,0
Щелочность, град., не более	2,0
Намокаемость, %, не менее	180
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, %, не более	0,1
Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот, % от общего жира, не более	2,0
Перекисное число, ммоль акт.кисл./кг (на конец срока годности), не более	4,0
Содержание пищевых волокон, г/100 г не менее	3,0

Микробиологические показатели. Ключевую роль в обеспечении пищевой безопасности играют микробиологические показатели, характеризующие рост и развитие патогенной и непатогенной микрофлоры. Контроль микробиологических показателей является важным фактором предотвращения пищевых отравлений и обеспечения сохранения здоровья и безопасности потребителей. Требования к микробиологическим показателям безопасности специализированных изделий для питания детей старше трех лет закреплены в Техническом регламенте 021/2011 (Приложение 1. «Микробиологические нормативы безопасности (патогенные). Мучные кондитерские изделия»; Приложение 2 «Микробиологические нормативы безопасности», таблица 1, п. 1.12. «Специализированная пищевая продукция для детского питания для детей дошкольного и школьного возраста»). Регламентируемые микробиологические показатели сахарного печенья с зерновым толокном для питания детей старше трех лет обобщены и изложены в таблице 3.6.3.

Таблица 3.6.3 - Регламентируемые микробиологические показатели сахарного печенья с зерновым толокном для питания детей старше трех лет

Наименование показателя	Значение показателя
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$1,0 \times 10^4$

Масса продукта (г), в которой не допускаются:	БГКП (колиформы)	0,1
	Патогенные (в том числе сальмонеллы)	25
Дрожжи, КОЕ /г, не более		50
Плесени, КОЕ /г, не более		100

Гигиенические требования безопасности и допустимые уровни радионуклидов. Одну из ключевых ролей в обеспечении безопасности пищевой продукции играет контроль гигиенических нормативов (токсичных элементов, пестицидов, микотоксинов) и уровней радионуклидов. Требования к гигиеническим показателям безопасности и допустимым уровням радионуклидов специализированных изделий для питания детей старше трех лет приведены в Техническом Регламенте 021/2011 (Приложение 3. «Гигиенические требования безопасности к пищевой продукции», п. 11. Продукты детского питания; Приложение 4. «Допустимые уровни радионуклидов - цезия-137 и стронция-90», № 19 «Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде»). Регламентируемые гигиенические показатели безопасности и допустимые уровни радионуклидов сахарного печенья с зерновым толокном для питания детей старше трех лет обобщены и представлены в (таблице 3.6.4).

Таблица 3.6.4 - Регламентируемые гигиенические показатели безопасности и допустимые уровни радионуклидов сахарного печенья с зерновым толокном для питания детей старше трех лет

Наименование показателя	Допустимые уровни, мг/кг ¹ , не более
Токсичные элементы:	
Свинец	0,35
Мышьяк	0,15
Кадмий	0,07
Ртуть	0,015
Пестициды	
ГХЦГ (α, β, γ – изомеры)	0,01

ДДТ и его метаболиты	0,01
Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов (насекомые, клещи)	не допускается
Металлические примеси	3×10^{-4} (%; размер отдельных частиц не должен превышать 0,3 мм в наибольшем линейном измерении)
Микотоксины Афлатоксин В ₁	не допускается
Дезоксиниваленол	не допускается <0,05
Зеараленон	не допускается <0,005
Т-2 токсин	не допускается
Охратоксин А	не допускается
Бенз(а)пирен	не допускается < 0,0002
Удельная активность цезия-137, Бк/кг(л)	40,0
Удельная активность стронция-90, Бк/кг(л)	25,0

Сформированный комплекс органолептических, физико-химических, микробиологических показателей, гигиенических нормативов и уровней радионуклидов позволяет установить требования к качеству и безопасности сахарного печенья с толокном, необходимые и достаточные для его идентификации, контроля качества и безопасности при изготовлении, хранении, транспортировании и сбыте, а также является важным инструментом реализации разработанного комплексного подхода (Раздел 3.1).

3.7 Разработка нормативной документации и исследование сохранности сахарного печенья с толокном

В соответствии с терминологическими понятиями под сроком годности пищевой продукции понимают период времени, в течение которого она должна храниться при определенных условиях, сохраняя регламентированные

нормативным документом качественные характеристики и полностью соответствовать предъявляемым к ней требованиям безопасности, закрепленным в Техническом Регламенте 021/2011 [114]. Срок годности пищевых продуктов отсчитывается с момента окончания технологического процесса их производства и зависит от многих факторов, таких как используемые сырьевые компоненты и их соотношения в рецептуре изделия, применяемые технологические приемы, тип упаковочных материалов, способы упаковывания, условия хранения и т.д. Срок годности пищевой продукции обуславливает способы и условия обращения с готовым изделием на всем протяжении логистической цепи от предприятия до конечного потребителя и является одним из инструментов обеспечения его безопасности [114, 335].

В соответствии с положениями Методических рекомендаций МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» в работе проведено исследование сохранности органолептических показателей, физико-химических характеристик и показателей безопасности сахарного печенья с двумя видами толокна (30% овсяного толокна; 40% ячменного толокна) (Раздел 3.6) в течение четырех месяцев (120 суток) с учетом требований, предъявляемых к специализированной пищевой продукции для питания детей старше трех лет [338]. Для этой цели в условиях лаборатории производства мучных кондитерских изделий ВНИИ кондитерской промышленности были выработаны образцы сахарного печенья с разными видами толокна. После охлаждения готовые изделия упаковывались в полипропиленовую пленку толщиной 35 мкм. Хранение осуществлялось в стандартных условиях при температуре $(18 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности не более 75%.

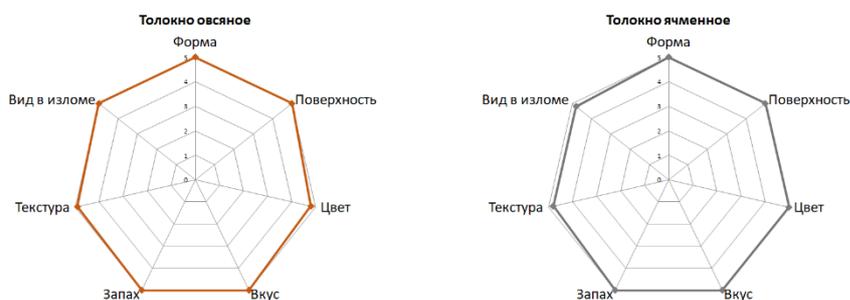
При проведении исследований применялся коэффициент резерва, который на основании МУК 4.2.1847-04 составляет для мучных кондитерских изделий без отделки 1,15. Срок испытаний образцов продукции рассчитывается как: срок испытаний = проектируемый срок годности * коэффициент резерва.

Для проведения исследований в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 разработана программа испытаний, включающая пять контрольных точек, в которых проводится контроль комплекса изучаемых показателей. Программа испытаний позволяет провести объективный анализ изменений показателей качества продукции для установления сроков годности и включает в себя как обязательные показатели безопасности, регламентируемые для данной группы продуктов в соответствии с Техническим Регламентом 021/2011 [114], комплекс органолептических характеристик, физико-химически показателей, включая показатели окислительной порчи жировой фракции печени; по микробиологическим показателям; по гигиеническим требованиям безопасности и допустимым уровням радионуклидов (рисунок 3.7.1).

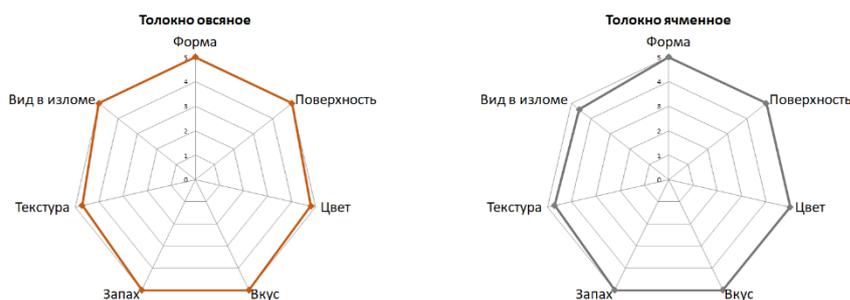
1 точка	2 точка	3 точка	4 точка	5 точка
Свежеприготовленная продукция (не более 5 суток от даты производства)	Промежуточная контрольная точка	Промежуточная контрольная точка	На конец проектируемого срока годности	На конец проектируемого срока годности с учетом коэффициента резерва
фон	30 суток	60 суток	120 суток	138 суток
↓	↓	↓	↓	↓
-органолептические показатели - физико-химические показатели - микробиологические показатели - гигиенические показатели - радионуклиды - показатели влагопереноса (W ; a_w) - показатели окислительной порчи жировой фракции (ПЧ, КЧ)	-органолептические показатели - микробиологические показатели - показатели влагопереноса (W ; a_w) - показатели окислительной порчи жировой фракции (ПЧ, КЧ)	-органолептические показатели - микробиологические показатели - показатели влагопереноса (W ; a_w) - показатели окислительной порчи жировой фракции (ПЧ, КЧ)	-органолептические показатели - микробиологические показатели - показатели влагопереноса (W ; a_w) - показатели окислительной порчи жировой фракции (ПЧ, КЧ)	-органолептические показатели - микробиологические показатели - показатели влагопереноса (W ; a_w) - показатели окислительной порчи жировой фракции (ПЧ, КЧ)

Рисунок 3.7.1 - Программа испытаний сахарного печенья с толокном в соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04

Органолептические показатели. Результаты органолептической оценки сахарного печенья с толокном по разработанным дескрипторам (Раздел 3.6) в контрольных точках фон и 138 суток представлены на рисунке 3.7.2.



контрольная точка - фон



контрольная точка – 138 суток

Рисунок 3.7.2 - Результаты органолептической оценки сахарного печенья с толокном в контрольных точках фон и 138 суток

Органолептическая оценка показала, что тестируемые образцы печенья во всех контрольных точках исследований обладали высокими качественными характеристиками: вкус - без посторонних привкусов и неприятного послевкусия, без признаков порчи и прогоркания жиров – салистого, прогорклого; запах без постороннего запаха порчи, прогоркания жира или изменений продукта в процессе хранения, по всем остальным органолептическим показателям соответствовали разработанным критериям. По результатам обработки дегустационных листов общая оценка качества тестируемых образцов печенья в последней точке исследований – 138 суток (с учетом коэффициента резерва), при максимальной оценке 35 баллов оставила: для печенья с овсяным толокном – 34,1 балла, ячменным толокном 34,3 балла, что характеризует их высокое качество и доказывает соответствие действительных показателей качества изделий в конце срока годности (с учетом коэффициента резерва) регламентируемым (базовым) показателям качества эталонного образца печенья (аналогичной свежевывработанной продукции). При этом определяющие органолептические

показатели качества, имеющие решающее значение при оценке качества печенья – запах и вкус имели высшие дегустационные оценки – 5 баллов во всех контрольных точках хранения. По органолептическим показателям качества образцы сахарного печенья с зерновым толокном выдерживали срок хранения 120 суток (138 суток с учетом коэффициента резерва) без потери качественных характеристик и потребительских свойств.

Физико-химические показатели. В соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 и разработанной программой испытаний физико-химические показатели пищевой продукции исследовались в контрольной точке фон по разработанному комплексу (Раздел 3.6).

Одной из основных причин потери стабильности при хранении печенья является миграция влаги, которая приводит к ухудшению его качества, изменению органолептических и микробиологических показателей, тем самым снижая сроки годности [335, 339]. Многие виды мучных кондитерских изделий с низким содержанием влаги (обычно ниже 10%), такие как печенье, имеют хрупкую хрустящую текстуру. Как правило, эта текстура связана со структурой самого изделия, представляющей собой, так называемую, твердую пену, в которой механические свойства определяются геометрией и плотностью ее ячеек, и вязкоупругими свойствами их стенок. Если содержание влаги в этих продуктах увеличивается из-за сорбции воды из атмосферы или массопереноса от других полуфабрикатов или фаз, наблюдается потеря хрустящей текстуры. Поскольку хрустящие свойства продукта ассоциируются со свежестью и качеством, их потеря является основной причиной отсутствия потребительской приемлемости [262].

В связи с этим, в процессе хранения печенья исследовалась динамика изменения влажности, а также показателя, являющегося характеристикой состояния влаги в продукте - активности воды (a_w). Результаты испытаний показателей массовой доли влаги и активности воды в сахарном печенье в динамике хранения представлены в таблице 3.7.1.

Таблица 3.7.1 - Результаты лабораторных испытаний показателей массовой доли влаги и активности воды в сахарном печенье с зерновым толокном в динамике хранения

Контрольная точка	Значение показателя			
	Сахарное печенье с толокном овсяным		Сахарное печенье с толокном ячменным	
	Массовая доля влаги, %	Активность воды, a_w	Массовая доля влаги, %	Активность воды, a_w
фон	5,5±0,2	0,356±0,002	5,8±0,2	0,350±0,002
30 суток	5,4±0,2	0,356±0,002	5,8±0,2	0,352±0,002
60 суток	5,3±0,2	0,358±0,002	5,6±0,2	0,354±0,002
120 (предполагаемый срок годности)	5,3±0,2	0,360±0,002	5,4±0,2	0,354±0,002
138 суток (срок годности с учетом коэффициента резерва)	5,3±0,2	0,360±0,002	5,4±0,2	0,362±0,002

В процессе хранения печенья с обоими видами толокна наблюдалось некоторое снижение массовой доли влаги. Полученные результаты могут объясняться типом используемой для упаковки печенья полипропиленовой пленки, которая не являлась непроницаемым барьером, вследствие чего происходил влагообмен между образцами печенья и окружающей средой. Это связано с тем, что влага в продукте стремится к термодинамическому равновесию с влагой в окружающей среде [340]. При этом данный показатель находился в пределах регламентируемых значений для сахарного печенья [300]. Несмотря на снижение массовой доли влаги в печенье наблюдалось увеличение показателя активности воды до пятой точки хранения (138 суток). Увеличение активности воды в печенье в процессе хранения может быть связано с процессом ретроградацией крахмала. Процесс ретроградации сопровождается изменениями в структуре крахмала: переход их клейстеризованного состояния в кристаллическое [262].

Следует отметить, что активность воды в печенье с обоими видами толокна во всех точках хранения не превышала 0,6, что характеризует образцы как

продукты с низкой влажностью. Показатели активности воды a_w сахарного печенья в течение всего срока годности (с учетом коэффициента резерва) находились в диапазоне: для печенья с овсяным толокном ($0,356 \pm 0,002$) – ($0,360 \pm 0,002$); ячменным – ($0,350 \pm 0,002$) – ($0,362 \pm 0,002$), что является характерными значениями для сахарного печенья [339].

Существенная роль в производстве и хранении кондитерских изделий принадлежит показателям окислительной порчи, определяющим как безопасность, так и изменение запаха и вкуса изделия [338, 339]. В соответствии с разработанной Программой испытаний, в тестируемых образцах печенья с зерновым толокном в пяти контрольных точках хранения исследовались следующие показатели окислительной порчи: перекисное число и кислотное число [338]. Результаты исследований представлены в таблице 3.7.2.

Таблица 3.7.2 - Результаты испытаний показателей перекисного и кислотного чисел сахарного печенья с зерновым толокном в динамике хранения

Контрольная точка	Значение показателя			
	Сахарное печенье с толокном овсяным		Сахарное печенье с толокном ячменным	
	ПЧ, ммоль акт. кисл./кг	КЧ, мг КОН/г жира	ПЧ, ммоль акт. кисл./кг	КЧ, мг КОН/г жира
фон	$0,9 \pm 0,09$	$1,6 \pm 0,11$	$0,7 \pm 0,07$	$1,4 \pm 0,10$
30 суток	$1,2 \pm 0,12$	$1,6 \pm 0,11$	$0,7 \pm 0,07$	$1,5 \pm 0,11$
60 суток	$1,1 \pm 0,11$	$1,7 \pm 0,12$	$0,8 \pm 0,08$	$1,5 \pm 0,11$
120 (предполагаемый срок годности)	$1,2 \pm 0,12$	$1,7 \pm 0,12$	$0,9 \pm 0,09$	$1,7 \pm 0,12$
138 суток (срок годности с учетом коэффициента резерва)	$1,6 \pm 0,16$	$1,8 \pm 0,13$	$1,2 \pm 0,12$	$1,7 \pm 0,12$

Показатели перекисного числа жировой фракции печенья в течение всего срока хранения (с учетом коэффициента резерва) находились в диапазоне: для печенья с овсяным толокном $0,9 \pm 0,09$ - $1,6 \pm 0,16$ ммоль акт.кисл./кг, печенья с толокном ячменным $0,7 \pm 0,07$ - $1,2 \pm 0,12$ ммоль акт.кисл./кг. Это свидетельствует о том, что развитие процессов окисления жировой фазы идет не интенсивно, с

незначительным нарастанием числовых значений показателя на конец срока годности печенья (с учетом коэффициента резерва). Показатели кислотного числа жировой фракции печенья в течение всего срока хранения (с учетом коэффициента резерва) находились в диапазоне: для печенья с толокном овсяным – $1,6 \pm 0,11$ - $1,8 \pm 0,13$ мг КОН/г жира, печенья с толокном ячменным – $1,4 \pm 0,10$ - $1,7 \pm 0,12$ мг КОН/г жира. Это свидетельствует о том, что количество свободных жирных кислот изначально невелико и в процессе хранения возрастает незначительно.

Результаты испытаний остальных физико-химических показателей сахарного печенья в контрольной точке фон представлены в таблице 3.7.3. Таблица 3.7.3 - Результаты лабораторных испытаний физико-химических показателей в контрольной точке фон

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
Массовая доля общего сахара, %	$19,6 \pm 0,2$	$19,8 \pm 0,2$
Массовая доля добавленного сахара (расчетно), %	$17,5 \pm 0,2$	$17,2 \pm 0,2$
Массовая доля жира, %	$17,8 \pm 0,1$	$18,1 \pm 0,1$
Щелочность, град	$0,5 \pm 0,02$	$0,6 \pm 0,02$
Намокаемость, %	200 ± 10	195 ± 10
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10% ($\Delta \pm 0,02\%$)	0,017	0,023
Массовая доля пищевых волокон, г/100 г	$4,7 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$
Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот, % от общего жира	$0,2 \pm 0,06$	$0,2 \pm 0,06$

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что тестируемые образцы сахарного печенья с обоими видами толокна по физико-химическим показателям соответствовали установленным в работе требованиям (Раздел 3.6). По показателям, исследуемым в динамике хранения – массовой доле влаги и активности воды, перекисного и кислотного чисел выдерживают срок

хранения 120 суток (138 суток с учетом коэффициента резерва) без потери качественных характеристик и потребительских свойств в исследуемых условиях.

Микробиологические показатели. В соответствии с требованиями МУК 4.2.1847-04 и разработанной программой испытаний в тестируемых образцах печени с зерновым толокном в пяти контрольных точках изучено содержание следующих групп микроорганизмов:

- 1 группа: патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы;
- 2 группа: количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, бактерии группы кишечных;
- 3 группа: плесени и дрожжи.

Исследование микробиологических показателей проводилось на соответствие требованиям, регламентируемым Техническим Регламентом 021/2011 для данной группы продуктов, и обобщенным в Разделе 3.6. Результаты лабораторных испытаний микробиологических показателей сахарного печенья с толокном в контрольной точке фон представлены в таблице 3.7.4.

Таблица 3.7.4 - Результаты лабораторных испытаний микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке хранения - фон.

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	5×10^2	$2,8 \times 10^2$
БГКП (колиформы) в 0,1 г.	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные (в том числе сальмонеллы) в 25 г.	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ /г	Менее 10	Менее 10
Плесени, КОЕ /г	Менее 10	Менее 10

Результаты лабораторных испытаний микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке 138 суток представлены в таблице 3.7.5.

Таблица 3.7.5. - Результаты лабораторных испытаний микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке хранения – 138 суток.

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	$9,5 \times 10^2$	$8,3 \times 10^2$
БГКП (колиформы) в 0,1 г.	Не обнаружено	Не обнаружено
Патогенные (в том числе сальмонеллы) в 25 г.	Не обнаружено	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ /г	$4,4 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
Плесени, КОЕ /г	Менее 10	$2,5 \times 10^1$

В соответствии с МУК 4.2.1847-04 в тестируемых образцах печенья с зерновым толокном для получения подробной санитарно-микробиологической характеристики и подтверждения стабильности продукта в динамике хранения исследовались дополнительные микробиологические показатели – условно-патогенные микроорганизмы: бактерии рода *Proteus* и *Staphylococcus aureus*.

Результаты лабораторных испытаний дополнительных микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке фон представлены в таблице 3.7.6.

Таблица 3.7.6. - Результаты лабораторных испытаний дополнительных микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке хранения - фон.

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
<i>S. aureus</i> , в 1,0 г продукта не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
Бактерии рода <i>Proteus</i> не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено

Результаты лабораторных испытаний дополнительных микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке 138 суток представлены в таблице 3.7.7.

Таблица 3.7.7. - Результаты лабораторных испытаний дополнительных микробиологических показателей сахарного печенья с зерновым толокном в контрольной точке хранения – 138 суток.

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
S. aureus, в 1,0 г продукта не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено
Бактерии рода Proteus не допускаются	Не обнаружено	Не обнаружено

Результаты испытаний по обязательным микробиологическим показателям печенья с зерновым толокном подтверждали отсутствие отрицательной динамики в процессе хранения продукции и свидетельствовали о соответствии образцов печенья требованиям Технического Регламента 021/2011 в течение всего срока годности (с учетом коэффициента резерва). Результаты испытаний по дополнительным микробиологическим показателям печенья с зерновым толокном подтверждали отсутствие регламентируемых условно-патогенных микроорганизмов в исследуемых образцах печенья.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что тестируемые образцы печенья с зерновым толокном по микробиологическим нормативам безопасности, выдерживают срок хранения 120 суток (138 суток с учетом коэффициента резерва) без развития микробиологической порчи в исследуемых условиях.

Гигиенические требования безопасности и допустимые уровни радионуклидов. Результаты лабораторных испытаний гигиенических нормативов безопасности и допустимых уровней радионуклидов в печенье с зерновым толокном представлены в таблице 3.7.8.

Таблица 3.7.8 - Результаты лабораторных испытаний гигиенических нормативов безопасности и допустимых уровней радионуклидов в печенье с зерновым толокном в контрольной точке хранения - фон

Наименование показателя	Значение показателя	
	Сахарное печенье с толокном овсяным	Сахарное печенье с толокном ячменным
Токсичные элементы:		
Свинец	0,018	0,025
Мышьяк	Менее 0,005	Менее 0,005
Кадмий	Менее 0,005	Менее 0,005
Ртуть	Менее 0,002	Менее 0,002
Пестициды ГХЦГ (α , β , γ – изомеры)	Не обнаружено	Не обнаружено
ДДТ и его метаболиты	Не обнаружено	Не обнаружено
Зараженность и загрязненность вредителями хлебных запасов (насекомые, клещи)	отсутствует	отсутствует
Металлические примеси	отсутствует	отсутствует
Микотоксины		
Афлатоксин В ₁	Не обнаружено	Не обнаружено
Дезоксиниваленол	Не обнаружено	Не обнаружено
Зеараленон	Не обнаружено	Не обнаружено
Т-2 токсин	Не обнаружено	Не обнаружено
Охратоксин А	Не обнаружено	Не обнаружено
Бенз(а)пирен	Не обнаружено	Не обнаружено
Удельная активность цезия-137, Бк/кг(л)	менее 7	менее 7
Удельная активность стронция-90, Бк/кг(л)	менее 3	менее 3

Согласно протоколам испытаний, числовые значения содержания регламентируемых гигиенических нормативов безопасности и допустимых уровней радионуклидов сахарного печенья с зерновым толокном находились в допустимых пределах.

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод, что тестируемые образцы печенья по указанным показателям, выдерживали срок

хранения 120 суток (138 суток с учетом коэффициента резерва в исследуемых условиях. В течение данного периода времени гарантируется обеспечение пищевой безопасности разработанного продукта, как одного из важнейших элементов комплексного подхода к созданию мучных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет (Раздел 3.1).

Поведенные исследования легли в основу разработки Технических условий 10.86.10-001-19825192-2023 на печенье сахарное с толокном для питания детей старше трех лет, обогащенное пищевыми волокнами с установленными требованиями к органолептическим, физико-химическим характеристикам и показателям безопасности, необходимым и достаточным для идентификации нового ассортимента печенья, контроля комплекса установленных показателей при его изготовлении, хранении, транспортировании и реализации, а также установления сроков годности в условиях конкретного предприятия.

С целью оценки результатов исследования в промышленных условиях в цехе мучного производства ООО «КДВ Минусинск» (г. Минусинск), проведена успешная промышленная апробация печенья с ячменным толокном, подтверждающая возможность производства данных изделий в условиях промышленного предприятия (Приложение 12).

3.8 Оценка экономических показателей обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей дошкольного и школьного возраста

Для оценки экономических показателей обогащенного сахарного печенья с толокном для питания детей рассчитывали себестоимость производства 1 тонны готовой продукции по сырью с учетом производственных безвозвратных потерь для двух разработанных видов печенья: с толокном ячменным и толокном овсяным.

Для проведения сравнительного анализа и оценки сопоставимости экономических показателей разработанного печенья дополнительно произведен расчет себестоимости 1 тонны готовой продукции по сырью массовых сортов

сахарного печенья, рецептуры которых представлены в действующем сборнике рецептов ВНИИ кондитерской промышленности «Рецептуры на печенье 1988 г.».

Поскольку разработанное сахарное печенье может производиться на действующих поточно-механизированных линиях по производству сахарного печенья в качестве дополнительного ассортимента, все прочие статьи расходов на производство 1 тонны продукции при сравнительном анализе считали константой.

В настоящее время в действующих сборниках рецептов отсутствуют утвержденные рецептуры на специализированное обогащенное печенье для питания детей дошкольного и школьного возраста. В связи с этим, на основании анализа рецептурного состава и соотношения сырья в рецептуре изделия в качестве типичных представителей из ассортимента сахарного печенья выбрано: печенье «Юбилейное», «Счастливое детство» и «Радужное».

В соответствии с разработанными рецептурами на обогащенное сахарное печенье РЦ 10.86.10-002-19825192-2024, РЦ 10.86.10-001-19825192-2024 и ТУ 10.86.10-001-19825192-2024 толокно ячменное содержится в изделии в количестве 40% от массы муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта, толокно овсяное – в количестве 30%.

Средняя стоимость основных видов сырья на 01.06.2024 г. представлена в таблице 3.8.1.

Таблица 3.8.1 – Средняя стоимость основных видов сырья для производства сахарного печенья

Наименование сырья	Стоимость, руб./кг
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	32,4
Пудра сахарная	120,0
Масложировой продукт	170,0
Масло сливочное	550,0
Толокно ячменное	69,0
Толокно овсяное	67,0

Расчет средней себестоимости производства 1 тонны разработанного сахарного печенья и массовых сортов печенья по сырью с учетом производственных безвозвратных потерь представлен в таблице 3.8.2.

Таблица 3.8.2 – Средняя себестоимость производства 1 тонны разработанного сахарного печенья и массовых сортов печенья по сырью с учетом безвозвратных производственных потерь

Наименование сырья	Стоимость основных видов сырья, тыс. руб./1 т				
	«Юбилейное	«Счастливое детство»	«Радужное	Сахарное печенье с ячменным толокном	Сахарное печенье с овсяным толокном
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	20,05	20,76	21,23	12,63	14,66
Крахмал кукурузный	2,29	2,40	2,29	-	-
Толокно овсяное	-	-	-	-	13,00
Толокно ячменное	-	-	-	17,72	-
Пудра сахарная	19,21	23,99	10,91	14,81	14,81
Инвертный сироп	2,25	2,33	2,98	2,11	2,11
Масложировой продукт	36,82	-	39,98	32,0	32,0
Масло сливочное	-	70,47	-	-	-
Меланж	3,16	5,66	3,16	3,16	3,16
Молоко цельное	1,13	2,00	0,68	-	-
Молоко сухое цельное	-	-	-	1,12	1,12
Молоко цельное сгущенное с сахаром	-	-	6,02	-	-
Пудра ванильная	0,52	-	-	7,31	7,31
Соль пищевая	0,08	0,10	0,09	0,065	0,065
Бикарбонат натрия	0,18	0,12	0,18	0,18	0,18
Аммоний двууглекислый	0,20	0,045	0,26	0,20	0,20
Ароматизатор	0,74	-	1,18	-	-
Какао порошок	-	1,46	-	-	-
Итого:	86,63	129,34	88,96	91,31	88,62

Средняя себестоимость производства 1 тонны разработанного обогащенного сахарного печенья с толокном овсяным о сырью составила 88,62 тыс. руб., толокном ячменным - 91,31 тыс. руб. По сравнению с сахарным печеньем «Юбилейное» затраты на производство 1 тонны разработанного сахарного печенья с толокном овсяным и толокном ячменным увеличились на 2% и 5% соответственно. По сравнению с сахарным печеньем «Счастливое детство» выявлено сокращение затрат на 31% для печенья с толокном овсяным и на 29% для печенья с толокном ячменным. В первую очередь, это связано с присутствием в рецептуре сахарного печенья «Счастливое детство» дорогостоящего сливочного масла.

Сравнение рассматриваемого показателя для разработанного сахарного печенья с показателем для сахарного печенья «Радужное» продемонстрировало увеличение затрат на производство 1 тонны сахарного печенья с толокном овсяным на 0,4%, с толокном ячменным на 2,5 %.

На основании проведенного анализа сделан вывод, что средняя себестоимость производства 1 тонны разработанного сахарного печенья по сырью с учетом безвозвратных производственных потерь находится в сопоставимых диапазонах с массовыми сортами сахарного печенья и в некоторых случаях ниже данных показателей. При этом разработанное сахарное печенье относится к категории специализированной обогащенной пищевыми волокнами пищевой продукции для питания детей дошкольного и школьного возраста с содержанием добавленного сахара и жира ниже установленных уровней избыточности данных критически значимых нутриентов в пищевой продукции.

В связи с этим, производство и реализация разработанного обогащенного сахарного печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста являются экономически обоснованными. Использование разработанного сахарного печенья в рационах питания, в том числе в качестве «снэковых» продуктов для перекуса, будет способствовать повышению пищевого статуса рассматриваемой категории населения РФ и, как следствие, снижению государственных затрат на здравоохранение.

ВЫВОДЫ

1. Сформирован комплексный подход к созданию сахарного печенья для питания детей дошкольного и школьного возраста, обеспечивающий:

- получение изделий с содержанием критически значимых веществ ниже уровня их избыточности в пищевых продуктах в соответствии с рекомендациями ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» (добавленного сахара – менее 22%, жира – менее 18%, соли – менее 0,3%);

- создание изделий с использованием растительного сырья в качестве источника естественных функциональных пищевых ингредиентов – пищевых волокон;

- производство изделий в соответствии с нормативными требованиями к их качеству и безопасности.

2. Исследован химический и гранулометрический состав толокна овсяного, ячменного и гречневого:

- установлено содержание пищевых волокон в толокне овсяном и ячменном – $(16,2 \pm 1,6)\%$ и $(19,8 \pm 2,0)\%$ соответственно, что в 3,8 и 4,6 раз превышало их содержание в муке пшеничной и позволяло относить их к категории сырья с высоким содержанием данных нутриентов; в толокне гречневом содержание волокон было выше муки пшеничной в 1,5 раза;

- установлена повышенная устойчивость всех видов толокна к окислению по сравнению с мукой пшеничной за счет более низкого содержания линолевой кислоты: мука пшеничная $(54,0 \pm 1,7)\%$; толокно ячменное $(46,8 \pm 1,4)\%$, толокно овсяное – $(38,5 \pm 1,2)\%$, толокно гречневое $(34,7 \pm 1,0)\%$;

- установлен средний размер частиц дисперсной фазы толокна ячменного, овсяного и гречневого 120 мкм, 110 мкм и 105 мкм соответственно, который превышал таковой у муки пшеничной высшего сорта (70 мкм) в 1,7, 1,6 и 1,5 раза, что обуславливает снижение количества частиц дисперсной фазы и меньшую их удельную поверхность для участия в процессах структурообразования пищевых систем;

- установлен низкий коэффициент однородности толокна по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта (63%), который составил: для гречневого толокна - 43%, овсяного – 40%, ячменного - 9%.

На основании выявленных отличий в составе сырья обосновано введение толокна в рецептуру изделия в виде его смесей с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта.

3. Установлено влияние вида и количества толокна на функционально-технологические свойства двухкомпонентных смесей с толокном:

- снижение насыпной плотности двухкомпонентных смесей с толокном ячменным и гречневым по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта на 19% и 14% соответственно и, наоборот, увеличение показателя на 11% с толокном овсяным при введении 50% толокна;

- повышение индекса растворимости в двухкомпонентных смесях с толокном по сравнению с мукой пшеничной ($4,4 \pm 0,1$): для толокна гречневого до ($5,86 \pm 0,1$), овсяного до ($5,25 \pm 0,1$), ячменного до ($5,18 \pm 0,1$) при 50% толокна в смеси;

- повышение коэффициента набухания в двухкомпонентных смесях с толокном по сравнению с мукой пшеничной ($1,68 \pm 0,03$): для толокна овсяного до $2,4 \pm 0,05$, ячменного до $2,2 \pm 0,04$, гречневого до $1,8 \pm 0,03$ при 50% толокна в смеси;

- повышение абсорбционной способности двухкомпонентных смесей с толокном по воде, которая при 50% толокна в смесях превышала значение данного показателя в муке пшеничной на 86% для толокна овсяного, на 76% для гречневого и на 45% для ячменного;

- повышение абсорбционной способности двухкомпонентных смесей с толокном ячменным по жиру, которая при 50% толокна в смесях превышала значение данного показателя в муке пшеничной на 11% и, наоборот, снижение показателя на 14% для толокна гречневого.

- увеличение гидрофильно-липофильного баланса в двухкомпонентных смесях с толокном по сравнению с мукой пшеничной высшего, указывающее на усиление их гидрофильных свойств при добавлении толокна.

4. Установлено влияние количества и вида толокна и свойств двухкомпонентных смесей с толокном на показатели и формирование коагуляционной структуры вязко-пластичного теста:

- снижение плотности теста относительно контрольного образца на 13% в толокне овсяном и ячменном, на 19% в толокне гречневом (при 50% толокна в двухкомпонентных смесях);

- обратные корреляционные зависимости показателя плотности теста от индекса растворимости и коэффициента набухания двухкомпонентных смесей с разными видами толокна;

- увеличение предельного напряжения сдвига теста относительно контрольного образца в 1,3 и 1,4 раза в двухкомпонентных смесях с 50% толокна ячменного и овсяного, соответственно; в двухкомпонентных смесях с 50% толокна гречевого, наоборот, снижение в 1,3 раза.

5. Установлено влияние вида и количества толокна и показателей теста на свойства сахарного печенья:

- увеличение показателей намокаемости печенья по сравнению с контрольным образцом ((200±10)%): для толокна овсяного до 30% в печенье ((225±11)%), ячменного ((215±11)%) и гречевого ((212±11)%) – до 40% в печенье;

- снижение прочности печенья по сравнению с контрольным образцом, (565±5 кПа) для печенья с двухкомпонентными смесями с 50% толокна: для толокна гречевого в 1,8 раза, ячменного – в 1,6 раза и овсяного – в 1,4 раза. Определен оптимальный предел прочности печенья с двухкомпонентными смесями с толокном – 420-470 кПа;

- прямые корреляционные зависимости показателя прочности печенья с двухкомпонентными смесями с толокном от плотности теста;

6. Сформирован комплекс показателей для обеспечения качества и безопасности сахарного печенья с толокном:

- обосновано количество толокна в сахарном печенье: для гречевого и овсяного толокна 30%, для ячменного толокна 40%. Использование овсяного и

ячменного толокна обеспечивает получение изделия, обогащенного пищевыми волокнами;

- разработана квалитетрическая шкала с перечнем дескрипторов для проведения органолептической оценки печенья с толокном;

- сформирован комплекс физико-химических характеристик, микробиологических и гигиенических показателей безопасности печенья для детей дошкольного и школьного в соответствии с требованиями Технических регламентов.

7. Разработан пакет документации на печенье, обогащенное пищевыми волокнами для питания детей дошкольного и школьного возраста, обоснована сохранность печенья не менее 4-х месяцев, проведена опытно-промышленная апробация. Рассчитаны экономические показатели производства обогащенного сахарного печенья с толокном, на основании сравнительного анализа которых с показателями традиционных сортов сахарного печенья, доказана экономическая обоснованность его производства и реализации.

Список основных работ, опубликованных по материалам диссертации

Статьи в изданиях, индексируемых Scopus

1. **Мистенева С.Ю.** Влияние толокна ячменного на формирование показателей качества сахарного печенья / С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова, Н.Б. Кондратьев // Техника и технология пищевых производств. - 2023. - Т. 53. № 1. – С. 69-85. DOI: **10.21603/2074-9414-2023-1-2416**

2. **Мистенева С.Ю.** Продукты переработки цельного зерна и перспективы их использования при производстве мучных кондитерских изделий. / С.Ю. Мистенева // Пищевые системы. 2022. Т. 5, № 3. с.249-260. DOI: **10.21323/2618-9771-2022-5-3-249-260**

3. Щербакова Н.А. Исследование влияния продуктов переработки овса на изменение качественных характеристик мучных кондитерских изделий / Н.А. Щербакова, **С.Ю. Мистенева**, О.С. Руденко, Н.Б. Кондратьев // Техника и

технология пищевых производств. - 2021. - Т. 51. № 4. - С. 832-848.

DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-832-848

4. **Мистенева С.Ю.** Актуальность создания специализированных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет / С.Ю. Мистенева, Т.В. Савенкова, Е.А. Демченко, Н.А. Щербакова // Техника и технология пищевых производств. - 2020. - Т. 50. № 2. - С. 282-295. **DOI: 10.21603/2074-9414-2020-2-282-295**

5. **Мистенева С.Ю.** Основные аспекты создания специализированных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста / С.Ю. Мистенева, Е.А. Демченко, Н.А. Щербакова. Техника и технология пищевых производств (входит в базу данных RSCI). - 2019. - Т. 49. № 3. - С. 413-422. **DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-413-422**

Статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в RSCI

6. **Мистенева С.Ю.** Основные характеристики и технологические свойства композитных смесей муки с овсяным толокном /С.Ю. Мистенева, Л.В. Зайцева, Н.А. Щербакова // Пищевая промышленность. - 2023. - № 7. – С. 24-29. **DOI: 10.52653/PPI.2023.7.7.005**

7. **Мистенева С.Ю.** Развитие направления комплексной фортификации мучных кондитерских изделий / С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова, Л.В. Зайцева, А.В. Баскаков // Пищевая промышленность. - 2022., № 4. - С. 47-52. **DOI: 10.52653/PPI.2022.4.4.013**

8. **Мистенева С.Ю.** Перспективные направления модификации мучных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет. / С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова, М.В. Осипов, А.В. Баскаков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. - 2021. – Т. 4. № 382. - С. 13-21. **DOI: 10.26297/0579-3009.2021.4.3**

9. **Мистенева С.Ю.** Модификация мучных кондитерских изделий, в том числе для питания детей старше трех лет. / С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова, А.В. Баскаков // Достижение науки и техники АПК. -2021. - Т. 35. № 5. - С. 70-76. **DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10512**

10. **Мистенева С.Ю.** Разработка мучных кондитерских изделий с использованием нерафинированного растительного сырья / С.Ю. Мистенева, Е.А. Демченко, Т.В. Савенкова // Пищевая промышленность. - 2019. - № 8. - С. 66-71.
DOI: 10.24411/0235-2486-2019-10129

Статьи в сборниках трудов и материалах конференций

11. **Мистенева С.Ю.** Инструменты создания кондитерских изделий для питания детей старше 3-х лет. Маркетинг и реальность. / С.Ю. Мистенева, Е.А. Солдатова, Т.В. Савенкова // В сборнике: Кондитерские изделия XXI века. Материалы докладов XII Международной конференции. 2019. С. 39-41

12. **Мистенева С.Ю., Баскаков А.В.** Создание обогащенных мучных кондитерских изделий с использованием продуктов переработки овса. / С.Ю. Мистенева, А.В. Баскаков // Сборник материалов конференции V Международной научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Раисы Дмитриевны Поландовой Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения, 2023 г. С. 107-112

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ЕРСГР - Единый реестр свидетельств о государственной регистрации

ЕЭК - Евразийская экономическая комиссия

СГР – свидетельство о государственной регистрации

ФЗ – Федеральный закон

МР – методические рекомендации

СанПиН – санитарные правила и нормы

ИДК – индекс деформации клейковины

АС_В – абсорбционная способность по воде

АС_ж – абсорбционная способность по жиру

ГЛБ – гидрофильно-липофильный баланс

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности: Указ Президента РФ от 21.01.2020 г. № 20 // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2020.- № 4 (ст. 345).
2. Совет Федерации Федерального собрания РФ: О реализации Доктрины Продовольственной безопасности Российской Федерации. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Совета Федерации. Федерального собрания Российской федерации. - URL: <http://council.gov.ru/activity/documents/139304/> (дата обращения: 21.10.2023 г.).
3. Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 29.06.2016 г. № 1364-р // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2016.- № 28 (ст. 4758).
4. Об утверждении плана основных мероприятий, проводимых в рамках Десятилетия детства, на период до 2027 года: Распоряжение Правительства РФ от 23.01.2021 г. № 122-р // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2021.- № 5 (ст. 914).
5. Комитет Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию: Законодательное обеспечение производства детского питания приобретает важнейшее значение. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Совета Федерации. Федерального собрания Российской федерации. - URL: <http://agrarian.council.gov.ru/events/news/84879/> (дата обращения: 21.10.2023 г.).
6. Здоровое питание // «ВНО». – 2020. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения. - URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (дата обращения 17.10.2023).
7. Карамнова Н.С. Характер питания взрослого населения по данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ // Н.С. Карамнова, С.А. Шальнова, А.Д. Деев и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2018. - № 4. – С. 61-66. DOI: 10.15829/1728-8800-2018-4-61-66

8. Карамнова Н.С. Гендерные различия в характере питания взрослого населения Российской Федерации. Результаты эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ. / Н.С. Карамнова, С.А. Шальнова, В.И. Тарасов, А.Д. Деев, Ю.А. Баланова // Российский кардиологический журнал. - 2019. - № 6. - С. 66-72. DOI:10.15829/1560-4071-2019-6-66-72
9. Сметнева Н.С. Роль оптимального питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний / Н.С. Сметнева, А.В. Погожева, Ю.Л. Васильев Ю.Л. Дыдыкин С.С., Дыдыкина И.С., Коваленко А.А. // Вопросы питания. – 2020. – том 89 № 3. – С. 114-124. DOI: 10.24411/0042-8833-2020-10035
10. Погожева А.В. К здоровью нации через многоуровневые образовательные программы для населения в области оптимального питания. / А.В. Погожева, Е.А. Смирнова // Вопросы питания. – 2020. – том 89 № 4. – С. 262-72. DOI:10.24411/0042-8833-2020-10060
12. Драпкина О. М. Российское общество профилактики неинфекционных заболеваний. Алиментарно-зависимые факторы риска хронических неинфекционных заболеваний и привычки питания: диетологическая коррекция в рамках профилактического консультирования. Методические рекомендации. / О.М. Драпкина, Н.С. Карамнова, А.В. Концеваяи др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2021. – том 20. - № 5. – С. 2952. DOI:10.15829/1728-8800-2021-2952
13. Cena. H. Defining a Healthy Diet: Evidence for The Role of Contemporary Dietary Patterns in Health and Disease. / H. Cena, P. C. Calder // Nutrients. - 2020. – Vol. 12. - № 2. – P. 334. DOI:10.3390/nu12020334
14. Firth J. Food and mood: how do diet and nutrition affect mental wellbeing? / J. Firth, J. E. Gangwisch, A. Borisini et al. // BMJ (Clinical research ed.). – 2020. – Vol. 369. – P. 2382. DOI:10.1136/bmj.m2382
15. Maldonado-Pereira L. Evaluation of the nutritional quality of ultra-processed foods (ready to eat + fast food): Fatty acids, sugar, and sodium. / L. Maldonado-Pereira, C.

- Barnaba, G. de Los Campos, I. Medina-Meza // *Journal of Food Science*. – 2022. – Vol. 87. - № 8. – P. 3659-3676. DOI:10.1111/1750-3841.16235
16. Тутельян В. А. Здоровое питание для общественного здоровья. / В. А. Тутельян // *Общественное здоровье*. - 2021. – Том 1. - № 1. – С. 56-64. DOI:10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64.
17. Steele C. Dietary patterns associated with meeting the WHO free sugars intake guidelines. / C. Steele, H. Eyles, L. Morenga, et al. // *Public health nutrition*. – 2020. – Vol. 23. - № 9. – P. 1495–1506. DOI:10.1017/S1368980019004543
18. Постановление Президиума РАН. Об актуальных проблемах оптимизации питания населения России: роль науки. 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ras.ru/presidium/documents/directions.aspx?ID=ba975c30-3182-4770-aff8-5601f6042ff5> (дата обращения 17.10.2023).
19. Bruins M. J. The Role of Nutrients in Reducing the Risk for Noncommunicable Diseases during Aging / M. J. Bruins, P. Van Dael et al. // *Nutrients*. – 2019. - Vol. 11. - № 1. – P. 85. DOI:10.3390/nu11010085
20. Dominguez L. J. Impact of Mediterranean Diet on Chronic Non-Communicable Diseases and Longevity. / L. J. Dominguez, G. Di Bella, N. Veronese et al. // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 6. – P. 2028. DOI:10.3390/nu13062028
21. Ruthsatz M. Non-communicable disease prevention, nutrition and aging. / M. Ruthsatz, V. Candeias // *Acta bio-medica: Atenei Parmensis*. – 2020. – Vol. 91. - № 2. – P. 379–388. DOI:10.23750/abm. v91i2.9721
22. Dolui M. Dietary diversity and association with non-communicable diseases (NCDs) among adult men (15-54 years): A cross-sectional study using National Family and Health Survey / M. Dolui, S. Sarkar, P. Ghosh et al. // *India. PLOS global public health*. – 2023. – Vol. 3. - № 4. – P. e0001775. DOI: 10.1371/journal.pgph.0001775
23. Nguyen H. D. Higher intakes of nutrients are linked with a lower risk of cardiovascular diseases, type 2 diabetes mellitus, arthritis, and depression among Korean adults / H.D. Nguyen, H. Oh, M. Kim, // *Nutrition research (New York, N.Y.)*. – 2022. - № 100. – P. 19–32. DOI: 10.1016/j.nutres.2021.11.003

24. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.fao.org/nutrition/education/food-based-dietary-guidelines> (дата обращения 17.10.2023).
25. Cámara M. Food-Based Dietary Guidelines around the World: A Comparative Analysis to Update AESAN Scientific Committee Dietary Recommendations / M. Cámara, R. M. Giner, E. González-Fandos et al. // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 9. - P. 3131. DOI:10.3390/nu13093131
26. Herforth A. A Global Review of Food-Based Dietary Guidelines. / A. Herforth, M. Arimond, C. Álvarez-Sánchez, et al. // *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*. – 2019. – Vol. 10. - № 4. – P. 590–605. DOI:10.1093/advances/nmy130
27. Montagnese C. Food-Based Dietary Guidelines around the World: Eastern Mediterranean and Middle Eastern Countries / C. Montagnese, L. Santarpia, F. Iavarone et al. // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. - № 6. – P. 1325. DOI:10.3390/nu11061325
28. Healthy Eating Plate. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/healthy-eating-plate>. Дата обращения 17.10.2023.
29. Кодексы и законы. 40. Федеральный закон от 02.01.2000 n 29-ФЗ (редакция от 13.07.2020) "О качестве и безопасности пищевых продуктов" (с изменениями и дополнениями, вступившими в силу 01.01.2022 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zakonrf.info/doc-15348958/> – Дата обращения: 21.10.2023 г.
30. Федеральная служба государственной статистики. Выборочное наблюдение рационов питания населения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/free_doc/new_site/food18/index.html. – Дата обращения: 21.10.2023 г.
31. Lobstein T. Planning for the worst: estimates of obesity and comorbidities in school-age children in 2025 / T. Lobstein, R. Jackson-Leach // *Pediatric obesity*. – 2019. – Vol. 11. - № 5. P. 321–325. DOI:10.1111/ijpo.12185

32. Di Cesare M. The epidemiological burden of obesity in childhood: a worldwide epidemic requiring urgent action / M. Di Cesare, M. Sorić, P. Bovet et al. // *BMC Medicine*. – 2019. – Vol. 17. - № 1. – P. 212. DOI:10.1186/s12916-019-1449-8
33. Albaker W. What is the current status of childhood obesity in Saudi Arabia? Evidence from 20,000 cases in the Eastern Province: A cross-sectional study / W. Albaker, R. Saklawi, S. Bah // *Medicine*. – 2022. – Vol. 101. - № 27, e29800. DOI:10.1097/MD.00000000000029800
34. Sanyaolu A. Childhood and Adolescent Obesity in the United States: A Public Health Concern / A. Sanyaolu, C. Okorie, X. Qi et al. // *Global pediatric health*. – 2019. - № 6. – P. 2333794X19891305. DOI:10.1177/2333794X19891305
35. Мартинчик А.Н. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет. / А.Н. Мартинчик, А.К. Батулин, Э.Э. Кешабянц и др. // *Вопросы питания*. – 2017. - Том 86. - № 4. - С. 50-60. DOI:10.24411/0042-8833-2017-00059.
36. Бурляева Е. А. Изменение структуры питания населения России за 100 лет. / Е.А. Бурляева, А. О. Камбаров, Д. Б. Никитюк // *Клиническое питание и метаболизм*. – 2020. – Том 1. - № 1. – С. 17–26. DOI:10.36425/clinnutrit21188
37. Самодурова Н.Ю. Определение территорий риска по уровню алиментарно-зависимых заболеваний с учетом региональных особенностей структуры питания населения / Н.П. Мамчик, А.В. Истомина, О.В. Клепиков и др. // *Вестник российского государственного университета*. – 2018. - № 5. – С. 42-47. DOI:10.24075/vrgmu.2018.056
38. Левин Л.Г. Оценка факторов риска алиментарно-зависимых заболеваний на основании изучения пищевого статуса пациентов / Л.Г. Левин, А.В. Погожева, С.Х. Сото и др. // *Вопросы питания*. – 2014. - Том 83. - № 53. – С. 27.
39. Митрохин О.В. Оценка факторов риска возникновения алиментарно-зависимых заболеваний студентов в связи с условиями питания / О.В. Митрохин, А.А. Матвеев, Н.А. Ермакова // *Анализ риска здоровью*. – 2019. - № 4. – С. 69-76. DOI: 10.21668/health.risk/2019.4.07

40. Фролова О.А. Алиментарно-зависимые заболевания населения и гигиеническая характеристика факторов риска их развития на территории республики Татарстан / О.А. Фролова, Е.А. Тафеева, Д.Н. Фролов и др. // Гигиена и санитария. – 2018. - Том 97. - № 5. – С. 470-473. DOI:10.18821/0016-9900-2018-97-5-470-473
41. Raptou E. The Role of Snack Choices, Body Weight Stereotypes and Smoking Behavior in Assessing Risk Factors for Adolescent Overweight and Obesity / E. Raptou // Foods. (Basel, Switzerland) – 2021. – Vol. 10. - № 3. – P. 557. DOI:10.3390/foods10030557
42. Dall'Asta M. Evaluation of nutritional quality of biscuits and sweet snacks sold on the Italian market: the Food Labelling of Italian Products (FLIP) study / M. Dall'Asta, A. Rosi, D. Angelino et al. // Public health nutrition. – 2020. – Vol. 23. - № 15. – P. 2811–2818. DOI:10.1017/S1368980020000853
43. Coxon C. Sources and Determinants of Discretionary Food Intake in a Cohort of Australian Children Aged 12-14 Months / C. Coxon, G. Devenish, D. Ha, et al. // International journal of environmental research and public health. – 2019. – Vol. 17. - № 1. – P. 80. DOI:10.3390/ijerph17010080
44. Cramer-Nielsen A. Comparison of Discretionary Food and Drink Intake Based on a Short Web-Based Sugar-Rich Food Screener and a Validated Web-Based 7-Day Dietary Record / A. Cramer-Nielsen, S. Bestle, A.P. Biloft-Jensen et al. // Nutrients. – 2020. – Vol. 14. - № 6. – P. 1184. DOI:10.3390/nu14061184
45. Carli A. The Effects of Distraction on Consumption, Food Preference, and Satiety: A Proposal of Methods / A. Carli, C. Liguori, M. Sharon et al. // The FASEB Journal. – 2017. – Vol. – 31. - № 51. – P. 957.30-957.30. DOI: 10.1096/fasebj.31.1_supplement.957.30
46. UCONN Rudd Center for Food Policy & Obesity. (2017). Research: Food Marketing. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://uconnruddcenter.org/research/food-marketing>. Дата обращения 17.10.2023 г.

47. Potter M. Snacking Recommendations Worldwide: A Scoping Review / M. Potter, A. Vlassopoulos, U. Lehmann // *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.). – 2018. – Vol. 9. - № 2, P. 86–98. DOI:10.1093/advances/nmx003
48. Johnson B. J. Contribution of Discretionary Foods and Drinks to Australian Children's Intake of Energy, Saturated Fat, Added Sugars and Salt / B. J. Johnson, L. K. Bell, D. Zarnowiecki et al. // *Children* (Basel, Switzerland). – 2017. – Vol. 4. - № 12. - P. 104. DOI:10.3390/children4120104
49. Grieger J. A. Discrete strategies to reduce intake of discretionary food choices: a scoping review / J. A. Grieger, T. P. Wycherley, B. J. Johnson et al. // *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*. – 2016. - № 13. – P. 57. DOI:10.1186/s12966-016-0380-z
50. Lawrence M. A. Positioning food standards programmes to protect public health: current performance, future opportunities and necessary reforms / M. A. Lawrence, C. M. Pollard, T. S. Weeramanthri // *Public health nutrition*. – 2019. – Vol. 22. - № 5. – P. 912–926. DOI:10.1017/S1368980018003786
51. O'Connor L The cross-sectional association between snacking behaviour and measures of adiposity: the Fenland Study, UK / L. O'Connor, S. Brage, S. J. Griffin et al. // *The British journal of nutrition*. – 2015. – Vol. 114. - № 8. – P. 1286–1293. DOI:10.1017/S000711451500269X
52. Lal A. The Modelled Population Obesity-Related Health Benefits of Reducing Consumption of Discretionary Foods in Australia / A. Lal, A. Peeters, V. Brown et al. // *Nutrients*/ - 2020. – Vol. 12. - № 3. – P. 649. DOI:10.3390/nu12030649
53. Potter M. Snacking Recommendations Worldwide: A Scoping Review / M. Potter, A. Vlassopoulos, U. Lehmann // *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.). – 2018. – Vol. 9. - № 2. – P. 86–98. DOI:10.1093/advances/nmx003
54. Larson N. I. Adolescent Snacking Behaviors Are Associated with Dietary Intake and Weight Status / N. I. Larson, J. M. Miller, A. W. Watts et al. // *The Journal of nutrition*. – 2016. – Vol. 146. - № 7. – P. 1348–1355. DOI:10.3945/jn.116.230334

55. Mandalari G. Symposium «Understanding and managing satiety: processes and opportunities» / G. Mandalari // *Journal of nutritional science*. – 2020. – Vol. 9. - e42. DOI:10.1017/jns.2020.32
56. American Heart Association. *Healthy Snacking*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/add-color/healthy-snacking>. Дата обращения 17.10.2023
57. British Dietetic Association. *Healthy Snacks*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.bda.uk.com/resource/healthy-snacks.html>. Дата обращения 17.10.2023.
58. Onyeaka H. Global nutritional challenges of reformulated food: A review / H. Onyeaka, O. Nwaiwu, K.Obileke et al. // *Food science & nutrition*. – 2023. – Vol. 11. - № 6. – P. 2483–2499. DOI:10.1002/fsn3.3286
59. Muth M. K. How Much Can Product Reformulation Improve Diet Quality in Households with Children and Adolescents? / M. K. Muth, S. A. Karns, L. Mancino // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. - № 3. – P. 618. DOI:10.3390/nu11030618
60. Gressier, M., Sassi, F., & Frost, G. (2020). Healthy Foods and Healthy Diets. How Government Policies Can Steer Food Reformulation / M. Gressier, F. Sassi, G. Frost // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12. - № 7. – P. 1992. DOI:10.3390/nu12071992
61. Spiteri M. Food reformulation and nutritional quality of food consumption: an analysis based on households panel data in France / M. Spiteri, L. G. Soler, // *European journal of clinical nutrition*. – 2018. – Vol. 72. - № 2. – P. 228–235. <https://doi.org/10.1038/s41430-017-0044-3>
62. Vassilios R. Reformulation as a Strategy for Developing Healthier Food Products. Challenges, Recent Developments and Future Prospects / R. Vassilios, R. Viren // Springer. - 2019. – P. 318. DOI:10.1007/978-3-030-23621-2
63. Maurice G. O’Sullivan. Salt, Fat and Sugar reduction. Sensory Approaches for Nutritional Reformulation of Foods and Beverages. – Elsevier. – 2020. – 335 p.
64. Grieger J. A. Comparing the Nutritional Impact of Dietary Strategies to Reduce Discretionary Choice Intake in the Australian Adult Population: A Simulation

- Modelling Study / J. A. Grieger, B. J. Johnson, T. P. Wycherley et al. // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 9. - № 5. – P. 442. DOI:10.3390/nu9050442
65. Aceves-Martins M. Nutritional Quality, Environmental Impact and Cost of Ultra-Processed Foods: A UK Food-Based Analysis / M. Aceves-Martins, R. L. Bates, L. C. A. et al. // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19. - № 6. – P. 3191. DOI:10.3390/ijerph19063191
66. Monteiro C. A. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing / C. A. Monteiro, G. Cannon, J. C. Moubarac et al. // *Public health nutrition*. – 2018. – Vol. 21. - № 1. – P. 5–17. DOI:10.1017/S1368980017000234
67. Koios D. Representations of Ultra-Processed Foods: A Global Analysis of How Dietary Guidelines Refer to Levels of Food Processing / D. Koios, P. Machado, J. Lacy-Nichols // *International journal of health policy and management*. – 2020. – Vol. 11. - № 11. – P. 2588–2599. DOI:10.34172/ijhpm.2022.6443
68. Smith R. Food Marketing Influences Children's Attitudes, Preferences and Consumption: A Systematic Critical Review / R. Smith, B. Kelly, H. Yeatman // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. - № 4. – P. 875. DOI:10.3390/nu11040875
69. Driessen C. Parents Perceptions of Children's Exposure to Unhealthy Food Marketing: A Narrative Review of the Literature / C. Driessen, B. Kelly, F. Sing et al. // *Current nutrition reports*. – 2020. – Vol. 11. - № 1. – P. 9–18. DOI:10.1007/s13668-021-00390-0
70. Garton K. Unhealthy food and beverage marketing to children on digital platforms in Aotearoa, New Zealand / K. Garton, S. Gerritsen, F. Sing, et al. // *BMC public health*. – 2022. - Vol. 22. - № 1. – P. 2407. DOI:10.1186/s12889-022-14790-6
71. Fischer N. M. Protecting Our Youth: Support Policy to Combat Health Disparities Fueled by Targeted Food Advertising / N. M. Fischer, E. Y. Duffy, E. D. Michos // *Journal of the American Heart Association*. – 2021. – Vol. 10. - № 1. - e018900. DOI:10.1161/JAHA.120.018900
72. Bagnato M. The impact of fast-food marketing on brand preferences and fast-food intake of youth aged 10-17 across six countries / M. Bagnato, M. H. Roy-Gagnon, L.

Vanderlee // BMC public health. – 2023. – Vol. 23. - № 1. – P. 1436.
DOI:10.1186/s12889-023-16158-w

73. Chang K Association between childhood consumption of ultra-processed food and adiposity trajectories in the Avon Longitudinal Study of parents and children birth cohort / K. Chang, N. Khandpur, D. Neri et al. // JAMA Pediatrics. – 2021. – Vol. 175. - № 9. -e211573. DOI:10.1001/jamapediatrics.2021.1573

74 План основных мероприятий до 2020 года, проводимых в рамках Десятилетия детства: Распоряжение Правительства РФ от 06.06.2018 г. № 1375-п // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2018.- № 29. – С.10149-10157 (ст. 4475)

75. Российское информационное агентство. Доля детей в численности населения РФ достигла исторического максимума (2020) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ria.ru/20200601/1572265452.html>. Дата обращения 17.10.2023

76. Scaglioni S. Factors Influencing Children's Eating Behaviors / S. Scaglioni, V. De Cosmi, V. Ciappolino et al. // Nutrients. – 2018. – Vol. 10. - № 6. – P. 706. DOI:10.3390/nu10060706

77. Cusick S. E. The Role of Nutrition in Brain Development: The Golden Opportunity of the "First 1000 Days" / S. E. Cusick, M. K. Georgieff // The Journal of pediatrics. – 2016. - № 175. – P. 16–21. DOI: 10.1016/j.jpeds.2016.05.013

78. Пырьева Е.А. Развитие детской нутрициологии в России / Е.А. Пырьева, М.В. Гмошинская, А.И. Сафронова // Вопросы питания. - 2020. - Том 89. - № 4. - С. 71-81. DOI:10.24411/0042-8833-2020-10043

79. Кострова Г.Н. Недостаточность витамина D и параметры углеводного обмена у детей и подростков с ожирением / Г.Н. Кострова, С.И. Малявская, А.В. Лебедев // Вопросы питания. - 2021. - Том 90. - № 1. - С. 57-64. DOI:10.33029/0042-8833-2021-90-1-57-64

80. Денисова Н.Н. Анализ режима питания и продуктовой структуры суточного рациона детей 3-17 лет в Российской Федерации / Н.Н. Денисова, Э.Э. Кешабянц, А.Н. Мартинчик // Вопросы питания. - 2022. - Том 91. - № 4. - С. 54-63. DOI:10.33029/0042-8833-2022-91- 4-54-63

81. Белых Н А. Оценка взаимосвязи показателей липидного и углеводного профиля с уровнем обеспеченности организма витамином D у детей в зависимости от индекса массы тела / Н А. Белых, Е.Э. Блохова, И.Н. Лебедева // Вопросы питания. - 2021. - Том 90. - № 4. - С. 112-121. DOI:10.33029/0042-8833-2021-90-4-112-121
82. Nekitsing C. Developing Healthy Food Preferences in Preschool Children Through Taste Exposure, Sensory Learning, and Nutrition Education / C. Nekitsing, M.M. Netherington, P. Blundell-Birtill // Springer. – 2018. - Vol. 7, №. 1. – P. 60-67. DOI:10.1007/s13679-018-0297-8.
83. Гаврюшин М.Ю. Зависимость нарушения физического развития детей от полноценности школьного питания / М.Ю. Гаврюшин, О.В. Сазонова, Л.М. Бородина // Вопросы детской диетологии. – 2016. - Том 14ю - № 6. – С. 13–17. DOI:10.20953/1727-5784-2016-6-13-17
84. Сенькевич О.А. Приверженность матерей рекомендациям по правильному питанию детей и «недетские» продукты в рационе детей раннего возраста / О.А. Сенькевич, З.А. Плотоненко, О.В. Лемещенко и др. // Вопросы детской диетологии. – 2018. - Том 16. - № 4. – С. 20–27. DOI:10.20953/1727-5784-2018-4-20-27
85. Делец, С.С. Питание подростков как важный фактор формирования здоровья / С.С. Делец // Педиатрический вестник южного Урала. - 2015. - № 2. – С. 20-24.
86. Sahoo K. Childhood obesity: causes and consequences / K. Sahoo, B. Sahoo, A.K. Choudhury et al. // Journal of family medicine and primary care. – 2015. – Vol. 4. - № 2, P. 187–192. DOI:10.4103/2249-4863.154628
87. Kumari S. Childhood Obesity: Prevalence and Prevention in Modern Society / S. Kumari, S. Shukla, S. S. Acharya // Cureus. – 2022. – Vol. 14. - № 11. - e31640. DOI:10.7759/cureus.31640
88. Güngör N.K. Overweight and Obesity in Children and Adolescents / N.K. Güngör // Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinolog. – 2014. - Vol. 6. - № 3. – P. 129-143. DOI:10.4274 / jcrpe.1471.

89. Emmett P.M. Diet, growth, and obesity development throughout childhood in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children / P.M. Emmett, L.R. Jones // *Nutrition Reviews*. – 2015. - Vol. 73. - № 3. - P. 175–206. DOI:10.1093/nutrit/nuv054.
90. Джумагазиев А.А. Ожирение у детей: распространенность, возможные причины и следствия. / А.А. Джумагазиев, И.Я. Конь, Д.А. Безрукова // *Вопросы детской диетологии*. – 2018. - Том 16. - № 3. – С. 49–56. DOI:10.20953/1727-5784-2018-3-49-56
91. Шарманов, Т.Ш. Сравнительная характеристика фактического питания детей в возрасте 9–10 лет / Т.Ш. Шарманов, А.Б. Салханова, Г.К. Датхабаева // *Вопросы питания*. – 2018. – Том 87. - № 6. – С. 28-41
92. Tate E.B. Children’s executive function and high calorie, low nutrient food Intake: mediating effects of child-perceived adult fast food intake / E.B.Tate, J.B. Unger, C.P. Chou, et al. // *Health Education & Behavior*. – 2017. - Vol. 42, № 2. – P. 163-170. DOI 10.1177/1090198114547811
93. Дахкильгова Х.Т. Детское ожирение: современное состояние проблемы. *Вопросы детской диетологии*. - 2019. - Том 17. - № 5. – С. 47–53. DOI:10.20953/1727-5784-2019-5-47-53
94. Lunze K. Food security and nutrition in the Russian Federation – a health policy analysis. *Global Health Action* / K. Lunze, E. Yurasova, B. Idrisov, N. Gnatienco, L. Migliorini // *Global Health Action*. – 2015. - Vol. 8, № 1. - P. 1-9. DOI:10.3402/gha.v8.27537.
95. Duyff R.L. Candy Consumption Patterns, Effects on Health, and Behavioral Strategies to Promote Moderation: Summary Report of a Roundtable Discussion / R.L. Duyff, L.L. Birch, C. Byrd-Bredbenner, et al. // *Advances in Nutrition*. – 2015. - Vol. 6, № 1. - P. 139S–146S. DOI:10.3945/an.114.007302.
96. Rollins B. Y. Effects of restriction on children’s intake differ by child temperament, food reinforcement, and parent’s chronic use of restriction / B. Y. Rollins, E. Loken, J. S. Savage // *Appetite*. – Vol. 1014. - № 73. – P. 31–39. DOI: 10.1016/j.appet.2013.10.005

97. O'Neil C.E. Association of candy consumption with body weight measures, other health risk factors for cardiovascular disease and diet quality in US children and adolescents: NHANES 1999–2004. / C.E. O'Neil, V.L. Fulgoni, T.A. Nicklas // Food and nutrition research. – 2011. – Vol. 55. DOI:10.3402/fnr.v55i0.5794.
98. Pei Z. Food intake and overweight in school-aged children in Germany: results of the GINIplus and LISApplus studies / Z. Pei, C. Flexeder, E. Fuertes et al. // Nutrition Research. – 2014. – Vol. 31, № 2. - P. 122-130. DOI:10.1016/j.nutres.2011.01.007.
99. Duyff R.L. Candy Consumption Patterns, Effects on Health, and Behavioral Strategies to Promote Moderation: Summary Report of a Roundtable Discussion / R.L. Duyff, L.L. Birch, C. Byrd-Bredbenner et al. // Advances in Nutrition. – 2015. – Vol. 6. - № 1. – P. 139S–146S. DOI:10.3945/an.114.007302
100. Damen F. W. What influences mother's snack choices for their children aged 2 – 7? / F. W. Damen, P. A. Luning, V. Fogliano et al. // Food Quality and Preference. – 2019. – № 74. – P. 10–20. DOI: 10.1016/j.foodqual.2018.12.012
101. Demonteil, L Longitudinal study on acceptance of food textures between 6 and 18 months / L. Demonteil, C. Tournier, A. Marduel, et al. // Food Quality and Preference. – 2019. – № 71. – P. 54–65. DOI: 10.1016/j.foodqual.2018.05.010
102. Moore A. M. A recurrent cross-sectional qualitative study exploring how low-income mothers define snacks and reasons for offering snacks during infancy / A. M. Moore, M. Vadiveloo, K. McCurdy et al. // Appetite. – 2021. - № 162. – P. 105169. DOI: 10.1016/j.appet.2021.105169
103. Allemandi L. Nutritional quality, child-oriented marketing and health/nutrition claims on sweet biscuit, breakfast cereal and dairy-based dessert packs in argentina. / L. Allemandi, L. Castronuovo, M. V. Tiscornia et al. // Cadernos de Saude Publica. – 2020. – Vol. 36. - № 9. – P. 1–11. DOI:10.1590/0102-311X00196619
- 104 Pombo-Rodrigues S. Nutrition profile of products with cartoon animations on the packaging: A UK cross-sectional survey of foods and drinks / S. Pombo-Rodrigues, K. M. Hashem, M. Tan et al. // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. - № 3. – P. 707. DOI:10.3390/nu12030707

105. Monteiro C. A. Ultra-processed foods: What they are and how to identify them / C. A. Monteiro, G. Cannon, R. B. Levy et al. // *Public Health Nutrition*/ - 2019. – Vol. 22. - № 5. – P. 936–941. DOI:10.1017/S1368980018003762
106. Koo Y.-C. Food claims and nutrition facts of commercial infant foods / Y.-C. Koo, J. S. Chang, Y. C. Chen // *PLoS ONE*. – 2018. – Vol. 13. - № 2. - e0191982. DOI: 10.1371/journal.pone.0191982
107. Elliott C. Tracking Kids' Food: Comparing the Nutritional Value and Marketing Appeals of Child-Targeted Supermarket Products Over Time / C. Elliott // *Nutrients*. - 2019. – Vol. 11. - № 8. – P. 1850. DOI:10.3390/nu11081850
108. Комитет Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию: О мерах по обеспечению защиты прав потребителей, качества продуктов питания и контроля за их безопасностью. [Электронный ресурс] // Официальный сайт Совета Федерации. Федерального собрания Российской Федерации. URL: http://council.gov.ru/activity/analytics/analytical_bulletins/67724/ (дата обращения: 21.10.2023 г.).
109. Ziso D. Increasing Access to Healthy Foods through Improving Food Environment: A Review of Mixed Methods Intervention Studies with Residents of Low-Income Communities / D. Ziso, O. K. Chun, M. J. Puglisi // *Nutrients*. – 2022. – Vol. 14. - № 11. – P. 2278. DOI:10.3390/nu14112278
110. Critch J. N. School nutrition: Support for providing healthy food and beverage choices in schools / J. N. Critch // *Pediatrics & child health*. – 2020. – Vol. 25. - № 1. – P. 33–46. DOI:10.1093/pch/pxz102
111. World Health Organization. Nutrient and promotion profile model: Supporting appropriate promotion of food products for infants and young children 6–36 months in the WHO European Region. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2022-6681-46447-67287>. Дата обращения 17.10.2023
112. Government of United Kingdom. Commercial infant and baby food and drink: evidence review - GOV.UK. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

- <https://www.gov.uk/government/publications/commercial-infant-and-baby-food-and-drink-evidence-review>. Дата обращения 17.10.2023
113. European Union. (2023) European Union Pledge. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eu-pledge.eu/>. Дата обращения 17.10.2023
114. Евразийская Экономическая Комиссия. О безопасности пищевой продукции (ТР ТС 021/2011). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
115. Единая нормативно-справочная информация Евразийского экономического союза. Единый реестр свидетельств о государственной регистрации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nsi.eaeunion.org/portal/1995?date=2023-10-26>. Дата обращения 17.10.2023
116. Евразийская Экономическая Комиссия. Пищевая продукция в части ее маркировки (ТР ТС 022/2011). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevkaMarkirovka.php>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
117. ГОСТ Р 53041-2008 Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения. М. Страндартинформ. – 2008. – С. 12
118. Совет Федерации Федерального собрания РФ: Законодательное обеспечение государственной политики в области производства функциональных и специализированных пищевых продуктов питания в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://council.gov.ru/activity/activities/roundtables/88318>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
119. Евразийская Экономическая Комиссия. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания (ТР ТС 027/2012). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopSpecProd.php>. Дата обращения: 21.10.2023 г.

120. ГОСТ Р 57573-2017 Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для детского питания. Термины и определения. (2018). Страндартинформ. М. – с. 12
121. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. МР 2.4.5.0107—15 Организация питания детей в организованных коллективах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=6291. Дата обращения: 21.10.2023 г.
122. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Рациональное питание детей – залог крепкого здоровья. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://86.rospotrebnadzor.ru/territorialnyye-otdely/lg/racionalnoe-pitanie-detej---zalog-krepkogo-zdorovya>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
123. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 27.10.2020 № 32 "Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил и норм СанПиН 2.3/2.4.3590-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения". [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=15973. Дата обращения: 21.10.2023 г.
124. Евразийская Экономическая Комиссия. Требования к безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств (ТР ТС 029/2012). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopPischDobavok.php> Дата обращения: 21.10.2023 г.
125. ГОСТ Р 555770-2013 Продукты пищевые функциональные информация об отличительных признаках и эффективности. (2013). Страндартинформ. М. – с. 61
126. Евразийская Экономическая Комиссия. О безопасности упаковки (ТР ТС 005/2011). [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopypakovki.php>. Дата обращения: 21.10.2023 г.

127. Wells J. C. K. The future of human malnutrition: rebalancing agency for better nutritional health / J. C. K. Wells, A. A. Marphatia, G. Amable et al. // *Globalization and health*. – 2021. – Vol. 17. - № 1. – P. 119. DOI:10.1186/s12992-021-00767-4.

128. Gherasim A. The relationship between lifestyle components and dietary patterns / A. Gherasim, L. I. Arhire, O. Nițã et al. // *The Proceedings of the Nutrition Society*. – 2020. – Vol. 79. - № 3. - P 311–323. DOI:10.1017/S0029665120006898.

129. Cuevas García-Dorado S. Economic globalization, nutrition and health: a review of quantitative evidence / S. Cuevas García-Dorado, L. Cornselsen, R. Smith et al. // *Globalization and health*. – 2019. – Vol. 15. - № 1. – P. 15. DOI:10.1186/s12992-019-0456-z.

130. Raikos V. Reformulation as a Strategy for Developing Healthier Food Products Challenges, Recent Developments and Future Prospects / V. Raikos, V. Ranawana // Springer. – 2019. - P. 318. DOI:10.1007/978-3-030-23621-2.

131. Onyeaka H. Global nutritional challenges of reformulated food: A review / H. Onyeaka, O. Nwaiwu, K. Obileke et al. // *Food science & nutrition*. – 2023. – Vol. 11. - № 6. - P. 2483–2499. DOI:10.1002/fsn3.3286.

132. Drewnowski A. Perspective: Achieving Sustainable Healthy Diets Through Formulation and Processing of Foods / A. Drewnowski, P. Detzel, P. Klassen-Wigger // *Current developments in nutrition*. – 2022. – Vol. 6. - № 6. - nzac089. DOI:10.1093/cdn/nzac089.

133. Scrinis G. Ultra-processed foods and the limits of product reformulation / G. Scrinis, C. A. Monteiro // *Public health nutrition*. – 2018. – Vol. 21. - № 1. – P. 247–252. DOI:10.1017/S1368980017001392.

134. Albuquerque T. G. Processed Food: Nutrition, Safety, and Public Health / T. G. Albuquerque, A. P. A. Bragotto, H. S. Costa // *International journal of environmental research and public health*. – 2022. – Vol. 19. - № 24. – P. 16410. DOI:10.3390/ijerph192416410.

135. Elizabeth, L. Ultra-Processed Foods and Health Outcomes: A Narrative Review / L. Elizabeth, P. Machado, M. Zinöcker et al. // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12. - № 7. – P. 1955. DOI:10.3390/nu12071955.
136. World Health Organization. Reformulation of food and beverage products for healthier diets: policy brief [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240039919>. Дата обращения 17.10.2023 г.
137. Estruch R. Reformulation of Pastry Products to Improve Effects on Health / R. Estruch, E. Vendrell, A. M. Ruiz-León // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12. - № 6. – P. 1709. DOI:10.3390/nu12061709
138. Bailey R. L. Sources of Added Sugars in Young Children, Adolescents, and Adults with Low and High Intakes of Added Sugars / R. L. Bailey, V. L. Fulgoni, A. E. Cowan et al. // *Nutrients*. - 2018. - Vol. 10. - № 1. – P. 102. DOI:10.3390/nu10010102
139. Ricciuto L. Sources of Added Sugars Intake Among the U.S. Population: Analysis by Selected Sociodemographic Factors Using the National Health and Nutrition Examination Survey 2011-18 / L. Ricciuto, V. L. Fulgoni, P. C. Gaine // *Frontiers in nutrition*. – 2021. – Vol. 8. – P. 687643. DOI:10.3389/fnut.2021.687643
140. van der Sman RGM. Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Crit Rev / RGM van der Sman, S. Renzetti // Food Science and Nutrition*. - 2019. – Vol. 59. - № 14. – P. 2225-2239. DOI:10.1080/10408398.2018.1442315
141. Chevallier S. Physicochemical behaviors of sugars, lipids, and gluten in short dough and biscuit / S. Chevallier, P. Colonna, A. Buléon et al. // *J Agric Food Chem*. – 2000. – Vol. 48. - № 4. – P. 1322-6. DOI:10.1021/jf990435
142. Laguna, L. Understanding the Effect of Sugar and Sugar Replacement in Short Dough Biscuits / L. Laguna, K.J.R. Vallons, A. Jurgens et al. // *Food Bioprocess Technol*. – 2013. - № 6. – P. 3143–3154. DOI:10.1007/s11947-012-0968-5
143. Chatelan A. Total, Added, and Free Sugar Consumption and Adherence to Guidelines in Switzerland: Results from the First National Nutrition Survey menuCH /

- A. Chatelan, P. Gaillard, M. Kruseman et al. // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. - № 5. – P. 1117. DOI:10.3390/nu11051117
144. Richardson A. M. Impact of sugar particle size manipulation on the physical and sensory properties of chocolate brownies. / A. M. Richardson, A. Tyuftin, K. N. Kilcawley et al. // *LWT – Food Science and Technology*. – 2018. - № 95. – P. 51–57. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.04.038
145. Nadian N. Textural and sensory characteristics of sugar-free biscuit formulated with quinoa flour, isomalt, and maltodextrin / N. Nadian, M. H. Azizi, A. H. Abbastabar et al. // *Food science & nutrition*. – 2021. – Vol. 9. - № 12. – P. 6501–6512. DOI:10.1002/fsn3.2564
146. Góngora Salazar V. A. Stevia rebaudiana: A sweetener and potential bioactive ingredient in the development of functional cookies / V. A. Góngora Salazar, S.V. Encalada, A. C. Cruz et al. // *Journal of Functional Foods*. – 2018. - Vol. 44. – P. 183–1. DOI: 10.1016/j.jff.2018.03.007
147. Milner L. Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients / L. Milner, J. P. Kerry, M. G. O’Sullivan // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2020. – Vol. 9. – P. 102235, DOI: 10.1016/j.ifset.2019.102235.
148. Tsatsaragkou K. The Functionality of Inulin as a Sugar Replacer in Cakes and Biscuits; Highlighting the Influence of Differences in Degree of Polymerization on the Properties of Cake Batter and Product / K. Tsatsaragkou, L. Methven, A. Chatzifragkou // *Foods*. – 2021. – Vol. 10. - № 5. – P. 951. DOI:10.3390/foods10050951.
149. Drewnowski A. Replacing sugar and fat in cookies: Impact on product quality and preference / A. Drewnowski, K. Nordensten, J. Dwyer // *Food Quality and Preference*. – 1998. – Vol. 9. - № 1–2. – P. 13–20. DOI:10.1016/s0950-3293(97)00017-7.
150. Dhaka V. Trans fats-sources, health risks and alternative approach - A review. / V. Dhaka, N. Gulia, K. S. Ahlawat // *Journal of food science and technology*. – Vol. 48. - № 5. – P. 534–541. DOI:10.1007/s13197-010-0225-8

151. Pipoyan D. The Effect of Trans Fatty Acids on Human Health: Regulation and Consumption Patterns / D. Pipoyan, S. Stepanyan, S. Stepanyan // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2021. – Vol. 10. - № 10. – P. 2452. DOI:10.3390/foods10102452
152. Brouwer I. A. The public health rationale for reducing saturated fat intakes: Is a maximum of 10% energy intake a good recommendation? / I. A. Brouwer // *Nutrition Bulletin*. - 2020. – Vol. 45. - № 3. – P. 271-280. DOI:10.1111/nbu.12449
153. Зубченко А.В. Технология кондитерского производства / А.В. Зубченко // Воронеж. Воронежская государственная технологическая академия. – 1999. - С. 431
154. Урьев Н. Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М.А. Талейник М.А. // М. Пищевая промышленность. – 1976. – С. 240.
155. Драгилев А.И. Основы кондитерского производства / А.И. Драгилев, Г.А. Маршалкин // М. - Дели принт. – 2005.– с. 533.
156. Cauvain S.P. Baking Technology and Nutrition. Towards a Healthier World. / S.P. Cauvain, R. H. Clark // Wiley. – 2019. - P. 217.
157. Colla K. Fat Replacers in Baked Food Products / K. Colla, A. Costanzo, S. Gamlath // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2018. – Vol. 7. - № 12. – P. 192. DOI:10.3390/foods7120192
158. Yashini M. Protein-based Fat Replacers – A Review of Recent Advances / M. Yashini, C. Sunil, S. Sahana et al. // *Food Reviews International*. – 2021. – Vol. 37. - № 2. – P. 197-223, DOI: 10.1080/87559129.2019.1701007
159. Chen Y. Use of starch-based fat replacers in foods as a strategy to reduce dietary intake of fat and risk of metabolic diseases / Y. Chen, Y. She, R. Zhang // *Food science & nutrition*. – 2019. – Vol. 8. - № 1. – P. 16–22. DOI: 10.1002/fsn3.1303
160. Astrup A. Dietary Saturated Fats and Health: Are the U.S. Guidelines Evidence-Based? / A. Astrup, N. Teicholz, F. Magkos // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 10. – P. 3305. DOI: 10.3390/nu13103305

161. Ayed, C. The role of sodium chloride in the sensory and physico-chemical properties of sweet biscuits / C. Ayed, M. Lim, K. Nawaz et al. // Food chemistry. – 2021. – Vol. X. - № 9. – P. 100115. DOI: 10.1016/j.fochx.2021.100115
162. Beeren C. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Reducing Salt in Foods / C. Beeren, K. Groves, M. Pretima et al. // Elsevier Inc. – 2019. – P. 287.
163. Cifelli C. J. Looking beyond traditional nutrients: the role of bioactives and the food matrix on health / C. J. Cifelli // Nutrition reviews. – 2021. – Vol. 79 (Suppl 2). - № 1–3. DOI:10.1093/nutrit/nuab100
164. Landberg R. Whole Grains and Health / R. Landberg, N. Scheers // Wiley. –2021. - P. 469
165. Johnson J. Whole Grains and their Bioactives: Composition and Health / J. Johnson, T. Wallace // John Wiley & Sons Ltd. – 2019. – P. 495. DOI:10.1002/9781119129486
166. Williamson G. Food Chemistry, Function and Analysis. Cereal Grain-based Functional Foods. Carbohydrate and Phytochemical Components / G. Williamson, A. G. Marangoni, J. A. Gerrard // The Royal Society of Chemistry. – 2019. – P. 378
167. Frolich W. Whole grain for whom and why? / W. Frolich, P. Aman // Food & nutrition research. – Vol. 54. DOI:10.3402/fnr.v54i0.5056.
168. van der Kamp J. W. The HEALTHGRAIN definition of 'whole grain / J. W. van der Kamp, K. Poutanen, C. J. Seal, D. P. Richardson // Food & nutrition research. – Vol. 58. DOI:10.3402/fnr.v58.22100
169. Foster S. Whole Grains and Consumer Understanding: Investigating Consumers' Identification, Knowledge and Attitudes to Whole Grains / S. Foster, E. Beck, J. Hughes // Nutrients. – 2020. – Vol. 12. - № 8. – P. 2170. DOI:10.3390/nu12082170
170. Whole Grain Council. Definition of a whole grain [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wholegrainscouncil.org/definition-whole-grain>. Дата обращения 17.10.2023 г.
171. European union. European commission. Knowledge for policy. Health promotion and disease prevention knowledge gateway. Whole grain. [Электронный ресурс].

Режим доступа: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion-knowledge-gateway/whole-grain_en. Дата обращения 17.10.2023 г.

172. Ferruzzi M. G. Developing a standard definition of whole-grain foods for dietary recommendations: summary report of a multidisciplinary expert roundtable discussion / M. G. Ferruzzi, S. S. Jonnalagadda, S. Liu, et al. // *Advances in nutrition* (Bethesda, Md.). – 2014. – Vol. 5. - № 2. – P. 164–176. DOI:10.3945/an.113.005223

173. Mathews, R. Global review of whole grain definitions and health claims / R. Mathews, Y. Chu // *Nutrition reviews*. – 2020. – Vol. 78 (Suppl 1). – P. 98–106. DOI:10.1093/nutrit/nuz055

174. van der Kamp J. W. Consensus, Global Definitions of Whole Grain as a Food Ingredient and of Whole-Grain Foods Presented on Behalf of the Whole Grain Initiative / J. W. van der Kamp, J. M. Jones, K. B. Miller // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 14. - № 1. – P. 138. DOI:10.3390/nu14010138

175. Rodrigues A. P. Perceived healthiness of foods: A systematic review of qualitative studies / A. P. Rodrigues; F. de Abreu Campo; F. Rocha // *Future Foods*. – Vol., 4. – P. 100056. DOI: 10.1016/j.fufo.2021.100056

176. Report Linker. Global Whole Grain and High Fiber Foods Industry. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.reportlinker.com/p05443578/Global-Whole-Grain-and-High-Fiber-Foods-Industry.html?utm_source=GNW. Дата обращения 17.10.2023 г.

177. European Union. EUR-lex. Access to European Union law. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX%3A32006R1924>. Дата обращения 17.10.2023 г.

178. Мистенева С.Ю. Развитие направления комплексной фортификации мучных кондитерских изделий / С.Ю. Мистенева, Н.А. Щербакова, Л.В. Зайцева, и др. // *Пищевая промышленность*. – 2022. - № 4. – С. 47-52. DOI: 10.52653/PPI.2022.4.4.013

179. Savenkova T.V. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies. / T.V. Savenkova, E.A. Soldatova, S.Yu. Misteneva et al. //

- Food Systems. - 2019. – Vol. 2. - № 2. – P. 13-19. DOI:10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19
180. Hamaker BR. Technology of functional cereal products / B.R. Hamaker // Woodhead Publishing. – 2008. – P. 538-548.
181. Jones J. M. Perspective: Whole and Refined Grains and Health-Evidence Supporting "Make Half Your Grains Whole" / J. M. Jones, C. G. García, H. J. Braun // Advances in nutrition (Bethesda, Md.). – 2020. – Vol. 11. - № 3. – P. 492–506. DOI:10.1093/advances/nmz114
182. Taskinen R.E. The associations between whole grain and refined grain intakes and serum C-reactive protein. / R.E. Taskinen, S. Hantunen, T.P. Tuomainen et al. // Eur J Clin Nutr. – Vol. 76. – P. 544–550. DOI:10.1038/s41430-021-00996-1
183. Swaminathan S. Associations of cereal grains intake with cardiovascular disease and mortality across 21 countries in Prospective Urban and Rural Epidemiology study: prospective cohort study / S. Swaminathan, M. Dehghan, J. M. Raj et al. // British Medical Journal. 2021. – Vol. 372 (m4948). - P. 1-16. DOI:10.1136/bmj.m4948
184. Rico D. Sprouted Barley Flour as a Nutritious and Functional Ingredient / D. Rico, E. Penas, MdC García et al. // Foods. – 2020. – Vol. 9. - № 3. – P. 296. DOI:10.3390/foods9030296
185. Department of Health, State Government of Victoria, Australia. (2020). Cereals and wholegrain foods - Better Health Channel. Retrieved from <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/cereals-and-wholegrain-foods>. Режим доступа: www.betterhealth.vic.gov.au/health/healthyliving/cereals-and-wholegrain-foods. Дата обращения 17.10.2023 г.
186. Seal C.J. Health benefits of whole grain: effects on dietary carbohydrate quality, the gut microbiome, and consequences of processing / C.J. Seal, C.M. Courtin, K. Koen Venema, et al // Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2021. – Vol. 20. - № 3. – P. 2742-2768. DOI:10.1111/1541-4337.12728ⁱ
187. Papanikolaou Y. Do Refined Grains Have a Place in a Healthy Dietary Pattern: Perspectives from an Expert Panel Consensus Meeting. / Y. Papanikolaou, J. L. Slavin, R. Clemens et al. // Current developments in nutrition. – 2020. – Vol. 4. - № 10. - nzaa125. DOI:10.1093/cdn/nzaa125

188. Amiot M. J. Intake Estimation of Phytochemicals in a French Well-Balanced Diet / M. J. Amiot, C. Latgé, L. Plumey // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 10. – P. 3628. DOI:10.3390/nu13103628
189. Khan J. Overview of the Composition of Whole Grains' Phenolic Acids and Dietary Fibre and Their Effect on Chronic Non-Communicable Diseases / J. Khan, M. Z. Khan, Y. Ma et al. // *International journal of environmental research and public health*. – 2020. – Vol. 19. - № 5. – P. 3042. DOI:10.3390/ijerph19053042
190. Garg M. Vitamins in Cereals: A Critical Review of Content, Health Effects, Processing Losses, Bioaccessibility, Fortification, and Biofortification Strategies for Their Improvement / M. Garg, A. Sharma, S. Vats // *Frontiers in nutrition*. - 2021. – Vol. 8. – P. 586815. DOI: 10.3389/ fnut.2021.586815
191. Jordao, K. Vitamin E intake and food sources in adolescent diet: a cross-sectional population-based study. / K. Jordao, D. Assumpcao, M. Barros // *Revista paulista de pediatria*. – 2020. – Vol. 39. - e2019295. DOI:10.1590/1984-0462/2021/39/2019295
192. Зайцева Л.В. Жиры и масла: современные подходы к модернизации традиционных технологий / Л.И. Зайцева, А.П. Нечаев // *М. ДеЛи Плюс*. – 2013. – С. 152.
193. Călinoiu L. F. Whole Grains and Phenolic Acids: A Review on Bioactivity, Functionality, Health Benefits and Bioavailability / L. F. Călinoiu, D. C. Vodnar // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10. - № 11. – P. 1615. DOI:10.3390/nu10111615
194. Fărcaș A. Cereal Processing By-Products as Rich Sources of Phenolic Compounds and Their Potential Bioactivities / A. Fărcaș, G. Drețcanu, T. D. Pop// *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 11. – P. 3934. DOI:10.3390/nu13113934
195. Zili S. Phenolic compounds of wheat their content, antioxidant capacity and bioaccessibility / S. Zili // *MOJ Food Process Technol*. – 2016. – Vol. 2. - № 3. – P. 85-89. DOI:10.15406/mojfpt.2016.02.00037
196. European Union. European Commission. Dietary recommendations for whole grain intake as described by food- and health-related organizations. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://knowledge4policy.ec.europa.eu/health-promotion->

knowledge-gateway/whole-grain-dietary-recommendations-4_en. Дата обращения 17.10.2023 г.

197. P NPV. Dietary fibre from whole grains and their benefits on metabolic health / P NPV, I.J. Joye // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 5. - № 12(10). – P. 3045. DOI: 10.3390/nu12103045.

198. EYW Yu. Grain and dietary fiber intake and bladder cancer risk: a pooled analysis of prospective cohort studies / EYW Yu, A. Wesselius, S. Mehrkanon et al. // *Am J Clin Nutr*. – 2020. – Vol. 112. - № 5. – P. 1252-1266. DOI:10.1093/ajcn/nqaa215.

199. Aune D. Whole grain consumption and risk of cardiovascular disease, cancer, and all cause and cause specific mortality: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies / D. Aune, N. Keum, E. Giovannucci et al. // *BMJ*. – 2016. – Vol. 353(i). – P. 2716. DOI:10.1136/bmj.i2716.

200. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 "Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации". [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979. Дата обращения: 21.10.2023 г.

201. Abdullah M. Whole Grain Intakes Are Associated with Healthcare Cost Savings Following Reductions in Risk of Colorectal Cancer and Total Cancer Mortality in Australia: A Cost-of-Illness Model / M. Abdullah, J. Hughes, S. Grafenauer // *Nutrients*. – 2021. – Vol. 13. - № 9. – P. 2982. DOI:10.3390/nu13092982

202. McRa M. P. Dietary Fiber Is Beneficial for the Prevention of Cardiovascular Disease: An Umbrella Review of Meta-analyses / M. P. McRae // *Journal of chiropractic medicine*. – 2017. – Vol. – 16. - № 4. – P. 289–299. DOI: 10.1016/j.jcm.2017.05.005

203. Technical report. EFSA supporting publications. Dietary Reference Values for nutrients Summary report. – 2017.- Vol. 14. - № 12. - e15121E. DOI: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121

204. Thompson H. J. The Dietary Guidelines for Americans (2020-2025): Pulses, Dietary Fiber, and Chronic Disease Risk-A Call for Clarity and Action / H. J. Thompson // *Nutrients*. – Vol. 13. - № 11. – P. 4034. DOI:10.3390/nu13114034
205. Government of Canada. Dietary Reference Intakes. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/healthy-eating/dietary-reference-intakes.html>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
206. Пырьева Е.А. Роль и место пищевых волокон в структуре питания населения / Е.А. Пырьева, А.И. Сафронова // *Вопросы питания*. – 2019. - Том 88. - № 6. – С. 5-11. DOI:10.24411/0042-8833-2019-10059
207. Prassadi N. (2020). Dietary Fibre from Whole Grains and Their Benefits on Metabolic Health / N. Prassadi, I. J. Joye, // *Nutrients*. – 2020. – Vol. 12. - № 10. – P. 3045. DOI:10.3390/nu12103045
208. Russia: barley production volume 2023. Statista. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.statista.com/statistics/1178538/barley-production-volume-in-russia>. Дата обращения: 21.10.2023 г.
209. Shimizu C. Association of Lifelong Intake of Barley Diet with Healthy Aging: Changes in Physical and Cognitive Functions and Intestinal Microbiome in Senescence-Accelerated Mouse-Prone 8 (SAMP8) / C. Shimizu, Y. Wakita, M. Kihara, et al. // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11. - № 8. – P. 1770. DOI:10.3390/nu11081770
210. Boye J. I. Nutraceutical and Functional Food Processing Technology / J. I. Boye // Wiley. 2015. - 405 p. DOI: 10.1002/9781118504956
211. Pojic M. Innovative Processing Technologies for Healthy Grains / M. Pojic, U. Tiwari. // Wiley. - 2020. – P. 469
212. Joyce S. A. The Cholesterol-Lowering Effect of Oats and Oat Beta Glucan: Modes of Action and Potential Role of Bile Acids and the Microbiome / S. A. Joyce, A. Kamil, L. Fleige // *Frontiers in nutrition*. – 2019. – Vol. 6. – P. 171. DOI:10.3389/fnut.2019.00171
213. Steinert R. E. Effect of Consuming Oat Bran Mixed in Water before a Meal on Glycemic Responses in Healthy Humans—A Pilot Study" / R. E. Steinert, D.

- Raederstorff, and T. M. S. Wolever // *Nutrients*. - 2016. – Vol. 8. - № 9. - P. 524.
DOI:10.3390/nu8090524
214. Zurbau A. The effect of oat β -glucan on postprandial blood glucose and insulin responses: a systematic review and meta-analysis. / A. Zurbau, J.C. Noronha, T.A. Khan // *Eur J Clin Nutr*. – 2021. – Vol. 75. - № 11. – P. 1540-1554.
DOI:10.1038/s41430-021-00875-9
215. Punia S. Handbook of Cereals, Pulses, Roots, and Tubers. Functionality, Health Benefits, and Applications / S. Punia, A. K. Siroha, M. Kumar // CRC Press. – 2022. – P. 630. DOI:10.1201/9781003155508
216. Trogh I. The combined use of hull-less barley flour and xylanase as a strategy for wheat/hull-less barley flour breads with increased arabinoxylan and (1 \rightarrow 3,1 \rightarrow 4)- β -D-glucan levels / I. Trogh et al. // *Journal of Cereal Science*. – 2004. – Vol. 40. - № 3. – P. 257–267. DOI: 10.1016/j.jcs.2004.08.008
217. Galanakis C.M. The role of alternative and innovative food ingredients and products in consumer wellness. / C. M. Galanakis // Elsevier Science. – 2019. – P. 356
218. Caballero B. Encyclopedia of human nutrition. / B. Caballero, L. Allen, A. Prentice // Elsevier Science. - 2005. – P. 2163.
219. Mäkinen O. Protein From Oat: Structure, Processes. / O. Mäkinen, N. Sozer, D. Ercili-Cura, [et al.] // *Functionality and Nutrition*. - 2016. DOI:10.1016/B978-0-12-802778-3.00006-8
220. Brauburger K. Forty-five years of Marburg virus research. /K. Brauburger, A. J. Hume, E. Mühlberger et al. // *Viruses*. – 2012. - Vol 4. - № 10. – P. 1878–1927.
DOI:10.3390/v4101878
221. Barber T.M. The Health Benefits of Dietary Fibre / T.M. Barber, S. Kabisch, A.F. Pfeiffer, M.O. Weickert // *Nutrients*. – 2020. – Vol.12, № 10. P. 3209.
DOI:10.3390/nu12103209
222. O'Keefe S.J. The association between dietary fibre deficiency and high-income lifestyle-associated diseases: Burkitt's hypothesis revisited / S.J. O'Keefe. // *Lancet Gastroenterol Hepatol*. – 2019. – Vol. 4, № 12. – P. 984-996. DOI:10.1016/S2468-1253(19)30257-2

223. Joye I.J. Dietary Fibre from Whole Grains and Their Benefits on Metabolic Health / Joye I.J. Joye // *Nutrients*. - 2020. - Vol. 12, № 10. - P. 3045. DOI:10.3390/nu12103045
224. Idehen E. Bioactive phytochemicals in barley / E. Idehen, Y. Tang, S. Sang // *Journal of Food and Drug Analysis*. - Vol. 25, № 1. - P. 148-161. DOI: 10.1016/j.jfda.2016.08.002
225. Zehiroglu C. The importance of antioxidants and place in today's scientific and technological studies. / C. Zehiroglu, S.B. Ozturk Sarikaya // *Journal of Food Science and Technology*. - 2019. - Vol. 56, № 11. - P. 4757-4774. DOI:10.1007/s13197-019-03952-x
226. Adebo O.A. Impact of Fermentation on the Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Whole Cereal Grains: A Mini Review / O.A. Adebo, I. Gabriela Medina-Meza // *Molecules*. - 2020. - Vol. 25, № 4. - P. 927. DOI:10.3390/molecules25040927
227. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. - СПб.: ГИОРД, 2005. — С. 512
228. Mackela I. Biorefining of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) hulls by using supercritical fluid, Soxhlet, pressurized liquid and enzyme-assisted extraction methods / I. Mackela, T. Andriekus, P. R. Venskutonis // *Journal of Food Engineering*. - 2017. - Vol. 213. - P. 38–46. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.029
229. Skrabanja V. Nutritional value of buckwheat proteins and starch. *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*. - 2016 - P. 169–176. DOI:10.1016/B978-0-12-803692-1.00013-4
230. Ji X. A mini-review of isolation, chemical properties and bioactivities of polysaccharides from buckwheat (*Fagopyrum Mill*) / X. Ji, L. Han, F. Liu et al. // *International Journal of Biological Macromolecules*. - 2019. - Vol. 127. - P. 204–209.
231. Cheng W. Effect of improved extrusion cooking technology on structure, physiochemical and nutritional characteristics of physically modified buckwheat flour: Its potential use as food ingredients / W. Cheng, L. Gao, D. Wu et al. // *LWT*. - 2020. - Vol. 109872. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.109872

232. Zhang D. Dietary fiber extracted from different types of whole grains and beans: A comparative study / D. Zhang, L. Wang, B. Tan // *International Journal of Food Science & Technology*. – 2020. – Vol. 55. - № 5. – P. 2188–2196. DOI:10.1111/ijfs.14472
233. Sinkovic L. Milling fractions fatty acid composition of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) buckwheat / L. Sinkovic, D. Kokalj, R. Vidrih // *Journal of Stored Products Research*. – 2020. – Vol. 85. - № 101551. DOI: 10.1016/j.jspr.2019.1
234. Ahmed A. Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: A review / A. Ahmed, N. Khalid, A. Ahmad et al. // *The Journal of Agricultural Science*. – 2013. – Vol. 152. - № 3. – P. 349–369. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859613000166>
235. Huda M. N. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat / M. N. Huda, S. Lu, T. Jahan // *Food Chemistry*. – Vol. 335. – P. 127653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127653
236. Zhou X. Relationships between antioxidant compounds and antioxidant activities of Tartary buckwheat during germination / X. Zhou, T. Hao, Y. Zhou et al. // *Journal of Food Science and Technology*. – 2015. – Vol. 52. - № 4. – P. 2458–2463. DOI: 10.1007/s13197-014-1290-1
237. Бачурская Л. Д. Пищевые концентраты / Л. Д. Бачурская, В. Н. Гуляев // *М. Пищевая промышленность*. – 1976. – С. 335
238. Калашников Г. В. Ресурсосберегающие технологии пищевых концентратов / Г. В. Калашников, А. Н. Остриков // *ВГУ. Воронеж*. – 2001. С. 356.
239. Ваншин В. В. Технология пищевого концентратного производства / В. В. Ваншин // *Оренбургский гос. ун-т*. – Оренбург: ОГУ. - 2012. – С. 180
240. Дажикаев Ю.М. Гидротермическая обработка зерна / Ю.М. Дажикаев // *Астропринт*. – 2004. – С. 263.
241. Ciccioritti R. Hydrothermal grain pre-processing and ultra-fine milling for the production of durum wheat flour fractions with high nutritional value / R. Cacciotti, G. Terracciano, A. Cammerata et al. // *Food science and technology international*. – 2018. – Vol. 24. - № 3. – P. 242–250. DOI:10.1177/1082013217745199

242. Ungureanu-Iuga, M. Changes Induced by Heat Moisture Treatment in Wheat Flour and Pasta Rheological, Physical and Starch Digestibility Properties / M. Ungureanu-Iuga, S. Mironeasa // Gels (Basel, Switzerland). – 2023. - Vol 9. - № 6. – P. 449. DOI:10.3390/gels9060449
243. Singh P. Postharvest Technology and Food Process Engineering / P. Singh // NW.: Taylor & Francis Group, 2014. P. 532.
244. Аникина Е.Н. Конструирование молочно-растительной основы для производства биопродукта с овсяным толокном / Е.Н. Аникина, О.В. Пасько // Food industry – 2018. – Т. 3, № 1. – С. 33-38. DOI: <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2018-6-1-5>
245. Симоненкова А.П. Применение толокна овсяного в качестве стабилизатора в технологии взбивных молочных продуктов // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. - 2010. - № 1. - С. 37.
246. Куцова А.Е. Использование овсяного толокна в технологии продуктов функционального назначения. / А.Е. Куцова, С.В. Куцов, И.В. Сергиенко, А.О. Лютикова // Вестник международной академии холода. – 2015. – № 2. – С. 23
247. Елисеева Л.Г. Анализ современных тенденций в области производства продуктов питания для людей, ведущих активный образ жизни (Часть 2) / Л.Г. Елисеева, Н. А. Грибова, Л. В. Беркетова, Е. В. Крюкова // Food industry. – 2017. – № 2. – С. 11-15
248. Щербакова Н.А. Изучение влияния продуктов переработки овса на изменение качественных характеристик мучных кондитерских изделий / Н.А. Щербакова, С.Ю. Мистенева, Н.Б. Кондратьев // Техника и технология пищевых производств. - Том 51. - № 4. – С. 832–848. DOI:10.21603/2074-9414-2021-4-832-848.
249. Мистенева С. Ю. Влияние толокна ячменного на формирование показателей качества сахарного печенья / С. Ю. Мистенева, Н. А. Щербакова, Н. Б. Кондратьев // Техника и технология пищевых производств. – Том 53. - № 1. – С. 69–85. DOI:10.21603/2074-9414-2023-1-2416

250. Мистенева С.Ю. Основные характеристики и технологические свойства композитных смесей муки с овсяным толокном / С.Ю. Мистенева, Л.В. Зайцева, Н.А. Щербакова // Пищевая промышленность. – 2023. - № 7. – С. 24-29. DOI: 10.52653/PPI.2023.7.7.005
251. Weibiao Z. (2014). Bakery products science and technology. / Z. Weibiao // Wiley. – 2014. - P. 1237.
252. Vaclavik V. A. Essentials of Food Science / V. A. Vaclavik, E. W. Christian, T. Campbell // Springer. – 2021. - P. 480
253. Мэнли Д. Мучные кондитерские изделия с рецептурами. Серия Научные основы и технологии / Д. Мэнли пер. с англ. // СПб: Профессия. – 2013. – С. 768
254. Cauvain S. P. Baking technology and nutrition: towards a healthier world / S. P. Cauvain, R. H. Clark // Wiley. – 2019. – P. 217
255. Figoni P. How baking works: exploring the fundamentals of baking science / P. Figoni // Wiley. – 2003. – P. 415.
256. Igual M. Physicochemical Properties and Structure Changes of Food Products during Processing / M. Igual, J. Martínez-Monzó // Foods (Basel, Switzerland). – 2022. – Vol. 11. - № 15. – P. 2365. DOI:10.3390/foods11152365
257. Joardder M. U. Food structure: Its formation and relationships with other properties / M. U. Joardder, C. Kumar, M. A. Karim // Critical reviews in food science and nutrition. – Vol. 57. - № 6. - P. 1190–1205. DOI:10.1080/10408398.2014.971354
258. Barroso da Silva F. L. Understanding and Controlling Food Protein Structure and Function in Foods: Perspectives from Experiments and Computer Simulations / F. L. Barroso da Silva, P. Carloni, D. Cheung et al. // Annual review of food science and technology. – 2020. – Vol. 11. – P. 365–387. DOI:10.1146/annurev-food-032519-051640
259. Лотов В.А. Управление процессами формирования дисперсных структур / В.А. Лотов // Томск. Издательство Томского политехнического университета. – 2013. – с. 336
260. Joardder M. U. H. Food structure: Its formation and relationships with other properties / M. U. H. Joardder, C. Kumar, M. A. Karim // Critical Reviews in Food

Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57. - № 6. – P. 1190-1205, DOI: 10.1080/10408398.2014.971354

261. Аксенова Л.М. Пищевые технологии будущего и нанопреобразования биополимеров / Л.М. Аксенова, В.К. Кочетов, А.Б. Лисицын и др. // М. Диапазон-В. – 2015. – С. 297

262. Barbosa Canovas G.V. Water activity in foods. Fundamentals and Applications / G. V. Barbosa Canovas, A. J. Fontana, Jr. S. J. Schmidt et al. // Wiley. – 2020. – P. 616

263. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 9404-88 «Мука и отруби. Метод определения влажности». - М.: Стандартинформ. – 2007. – С. 4.

264. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ». - М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 10.

265. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10846-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения белка». - М.: Стандартинформ. – 2020. – С. 7.

266. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 34551-2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка». - М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 8.

267. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 29033-91 «Зерно и продукты его переработки. Метод определения жира». - М.: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – С. 5.

268. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли жира» (с изменениями). - М.: Стандартинформ. – 2014. – С. 15.

269. Определение содержания растворимых и нерастворимых пищевых волокон в пищевой продукции, в том числе БАД к пище: 4.1. Методы контроля. Химические факторы: методические указания: МУК 4.1.3697-21 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – М.: Роспотребнадзор, 2021

270. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 27494-2016 «Мука и отруби. Метод определения зольности». - М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 11.

271. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. – М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 8.
272. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 29234.3-91 Пески формовочные. Метод определения среднего размера зерна и коэффициента однородности. - М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР. – 2008. – С. 6
273. Anon AH, Fagbohoun JB, Koffi AG, Anno HF Atta and Kouame LP. Functional properties of composite flours produced with Ivorian taro (*Colocasia esculenta* L. Cv Fouê) corms flour and wheat (*Triticum aestivum* L.) flour // GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. - 2021, Vol. 15, № 3, P. 164–176. DOI: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2021.15.3.0131>.
274. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 27839-2013 Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. – М.: Стандартинформ. – 2014. – С. 18.
275. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 5898-2022 Изделия кондитерские. Методы определения кислотности и щелочности. - М.: Российский институт стандартизации. – 2022. – С. 12
276. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10114-80 Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости- М.: Стандартинформ. – 2012. – С. 4
277. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Перекисное, кислотное и йодное число жира в кондитерских изделиях. Методики выполнения измерений. МИ 2586-2000. – М. – 2000. - С. 13
278. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10114-80 Изделия кондитерские. Методы определения сахара. - М.: Стандартинформ. – 2012. – С. 23
279. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 54687-2011 Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли трансизомеров ненасыщенных жирных кислот. - М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 8
280. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 5

281. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). - М.: Стандартинформ. – 2013. – С. 15
282. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 10444.12-2013 Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. - М.: Стандартинформ. – 2014. – С. 10
283. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31659-2012 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. - М.: Стандартинформ. – 2014. – С. 20
284. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 31659-2012 (ISO 6888-1:1999, ISO 6888-2:1999, ISO 6888-3:2003) Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. - М.: Стандартинформ. – 2013. – С. 22
285. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 28560-90 Продукты пищевые. Метод выявления бактерий родов *Proteus*, *Morganella*, *Providencia*. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 81
286. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 26932-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения свинца. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 11
287. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 26932-86 Сырье и продукты пищевые. Метод определения мышьяка. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 6
288. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 26933-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 10
289. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 26927-86 Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. - М.: Стандартинформ. – 2010. – С. 12
290. Методические указания по определению хлорорганических пестицидов в воде, продуктах питания, кормах и табачных изделиях методом хроматографии в тонком слое МУ 2142-80. - М.: Колосс. – 1983. – С. 45
291. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 30711-2001 Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В₁ и М₁. - Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – 2001. – С. 14

292. Определение массовой концентрации микотоксинов в продовольственном сырье и продуктах питания. Подготовка проб методом твердофазной экстракции: Методические указания. МУК 4.1.787—99—М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999.— С. 30
293. Обнаружение, идентификация и количественное определение охратоксина А в продовольственном сырье и пищевых продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии: Методические указания МУК 4.1.2204-07.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007.— 12 с.
294. Государственный стандарт РФ. ГОСТ Р 51650-2000 Продукты пищевые. Методы определения массовой доли бенз(а)пирена
Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. - М.: Госстандарт России. – 2007. – С. 15
295. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 32161-2013 Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137. - М.: Стандартинформ. – 2019. – С. 5
296. Стронций- 90, Определение удельной активности в пищевых продуктах: Методические указания МУК 4.3.2503-09.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.— 24 с.
297. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. - М.: Стандартинформ. – 2012. – С. 6
298. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. МР 2.3.0122-18 "Цветовая индикация на маркировке пищевой продукции в целях информирования потребителей" [Электронный ресурс].
Режим доступа:
https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=10127. Дата обращения: 21.10.2023 г.
299. Всесоюзный научно-исследовательский институт кондитерской промышленности. Рецептуры на печенье. – М. Госагропром СССР. Отдел пищевой промышленности. – 1989. – С. 247

300. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 24901-2014 Печенье. - М.: Стандартиформ. – 2019. – С. 8
301. Аксенова Л.М. Развитие технологических систем кондитерской промышленности. Книга 1. Мучные кондитерские изделия / Л.М. Аксенова // М. Пищепромиздату – 2003. – С. 300
302. Geng L. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins / L. Geng, K. Liu, H. Zhang // *Frontiers in nutrition*. – 2023. – Vol. 10. – P. 1192199. DOI:10.3389/fnut.2023.1192199
303. Bala M. Physicochemical, functional and rheological properties of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) flour as influenced by particle size / M. Bala, S. Handa, R. K. Singh // *Heliyon*. – 2020. - Vol, 6. - № 11. – P. e05471. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05471
304. Geng B. Bulk Density Homogenization and Impact Initiation Characteristics of Porous PTFE/Al/W Reactive Materials / Geng, B., Wang, H., Yu, Q., Zheng, Y., & Ge, C. (2020). // *Materials* (Basel, Switzerland). – 2020. – Vol. 13. - № 10. – P. 2271. DOI:10.3390/ma13102271
305. Chandra S. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits / S. Chandra, S. Singh, D. Kumari, // *Journal of food science and technology*. -2015. – Vol. 52, № 6, P. 3681–3688. DOI: DOI:10.1007/s13197-014-1427-2.
306. Awuchi C. The functional properties of foods and flours / C. Awuchi, C. Godswilla, V. Igweet al. // *International Journal of Advanced Academic Research*. – 2019. - Vol. 5, № 1. – P. 139-160.
307. Alex López-Córdoba A. Food Powder Properties. Reference Module in Food Science / A. López-Córdoba, S. Goyanes // Elsevier. – 2017. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21198-0.
308. Shah D. S. A concise summary of powder processing methodologies for flow enhancement / D. S. Shah, K. K. Moravkar, D. K. et al. // *Heliyon*. – 2023. – Vol. 9. - № 6. – P. e16498. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e16498

309. Seppälä K. Development of a new method to get a reliable powder flow characteristics using only 1 to 2 g of powder / K. Seppälä, J. Heinämäki, J. Hatara // *AAPS PharmSciTech.* – 2010. – Vol. 11. - № 1. – P. 402–408. DOI:10.1208/s12249-010-9397-9
310. Harasym J. Ultrasound Treatment of Buckwheat Grains Impacts Important Functional Properties of Resulting Flour / J. Harasym, E. Satta, U. Kaim // *Molecules* (Basel, Switzerland). – 2020. – Vol. 25. - № 13. – P. 3012. DOI:10.3390/molecules25133012
311. Chandra S. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits / S. Chandra, S. Singh, D. Kumari // *Journal of food science and technology.* – 2015. – Vol. 52. - № 6. – P. 3681–3688. DOI:10.1007/s13197-014-1427-2
312. Schopf M. Water Absorption Capacity Determines the Functionality of Vital Gluten Related to Specific Bread Volume / M. Schopf, K. A. Scherf // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2020. – Vol. 10. - № 2. – P. 228. DOI:10.3390/foods10020228
313. Burešová I. The Comparison of the Effect of Flour Particle Size and Content of Damaged Starch on Rice and Buckwheat Slurry, Dough, and Bread Characteristics / I. Burešová, V. Lullien-Pellerin, L. Červenka // *Foods* (Basel, Switzerland). – 2023. – Vol. 12. - № 13. – P. 2604. DOI:10.3390/foods12132604
314. Stollar E. Uncovering protein structure / E. Stollar, J. Elliott, D. P. Smith // *Essays in biochemistry.* – 2020. - Vol. 64. - № 4. – P. 649-680. DOI:10.1042/EBC20190042
315. Sungsoo Cho S. Handbook of dietary fiber / S. Sungsoo Cho // Taylor & Francis. – 2001. - P. 842
316. Chandra S. Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits / S. Chandra, S. Singh, D. Kumari // *Journal of food science and technology.* – 2015. – Vol. 52. - № 6. – P. 3681–3688. DOI:10.1007/s13197-014-1427-2
317. Hyacinthe A.A. Functional properties of composite flours produced with Ivorian taro (*Colocasia esculenta* L. Cv Fouê) corms flour and wheat (*Triticum aestivum* L.) flour / A. A. Hyacinthe, F. J. Bedel, K. A. Gisèle et al. // *GSC Biological and*

- Pharmaceutical Sciences. – 2021. – Vol. 15. - № 03. – P. 164–176.
DOI:10.30574/gscbps.2021.15.3.0131
318. Steve L. Food Science and Technology. Gluten-free cereal products and beverages / L. Steve, K. Taylor, M. Buckle et al. // Elsevier. – 2008. - P. 470
319. Муратова Е. И. Реология кондитерских масс / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина // Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – 2013. – С. 188
320. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С. А. Мачихин // М. Легкая промышленность. – 1989. – С. 216
321. Szpicer A. The influence of oat β -glucan content on the physicochemical and sensory properties of low-fat beef burgers / A. Szpicer, A. Onopiuk, A. Póltoraket al. // *CyTA - Journal of Food*. – 2019. – Vol. 18. - № 1. – P. 315-327.
DOI:10.1080/19476337.2020.1750095
322. Fan R. The properties and formation mechanism of oat β -glucan mixed gels with different molecular weight composition induced by high-pressure processing / Fan, R., Ma, P., Zhou, D., Yuan, F., & Cao, X. (2019). // *PloS one*. – 2019. – Vol. 14. - № 12. – P. e0225208. DOI: 10.1371/journal.pone.0225208
323. Jung H. Impact of the Molecular Weight, Viscosity, and Solubility of β -Glucan on in Vitro Oat Starch Digestibility / H. Jung, P. J. White // *Agric. Food Chem*. – 2013. – Vol. 61. - № 13. – P. 3270–3277. DOI:/10.1021/jf305348j
324. Филлипс Г.О. Справочник по гидроколлоидам. / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (2006). // СПб. Гиорд. – 2006. - С. 270
325. Fang Y. Food Hydrocolloids. Functionalities and Applications / Y. Fang, H. Zhang, K. Nishinari // Springer. - 2021. – P. 529
326. Арет, В. А., Руднев, С. Д. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности / В.А. Арет, С.Д. Руднев // СПб.: ИЦ Интермедия. - 2014 – 252 с.
327. Гельфман М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов // Издательство Лань. – 2010. – С. 336
328. Кэстер Э.Г. Химическая обработка буровых растворов / Э.Г. Кэстер // М. Недра. – 1972. – С. 393

329. Клындюк А.И. Поверхностные явления и дисперсные системы / А.И. Клындюк (2011). // Минск. БГТУ. – 2011. – С. 317
330. Талейсник М.А. Совершенствование технологии производства сахарного печенья с использованием суспензионной системы / М.А. Талейсник, Е.А. Солдатова, С.Ю. Мистенева и др. // Пищевая промышленность. – 2017. - № 4. – С. 14-17.
- 331 Onacik-Gür S. Effect of high-oleic rapeseed oil oleogels on the quality of short-dough biscuits and fat migration / S. Onacik-Gür, A. Żbikowska // Journal of food science and technology. – 2020. – Vol. 57. - № 5. – P. 1609–1618. DOI:10.1007/s13197-019-04193-8
332. Даурский А. Н. Резание пищевых материалов: Теория процесса, машины, интенсификация / А. Н. Даурский, Ю. А. Мачихин // М.: Пищевая промышленность. – 1980. – С. 240
333. Balsavias A. Mechanical Properties of Short Doughs and their corresponding biscuits / A. Balsavias // – Wiley. – 1996. – P. 165
334. Куракин, М.С. Теоретические основы товароведения / М.С. Куракин // Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово. - 2009. – С. 132
335. Килкаст Д. Стабильность и срок годности. Хлебобулочные и кондитерские изделия / Д. Килкаст, П. Субраманиам // СПб: Профессия. – 2012. – С. 441
336. Arana I. Physical Properties of Foods Novel Measurement Techniques and Applications / I. Arana // CRC Press. – 2012. – P. 415
- 337 Евдохова, Л. Н. Товарная экспертиза / Л.Н. Евдохова, С.Л. Масанский // Минск: Выш. шк. - 2013. – С. 332
338. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. МУК 4.2.1847—04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=4953 Дата обращения: 21.10.2023 г.

339. Кондратьев Н.Б. Процессы миграции влаги и жира в кондитерских изделиях / Н.Б. Кондратьев, О.С. Руденко, Е.В. Казанцев //М. Дели. – 2023. – С. 167
340. Giuffrè A. M. Breadsticks Flavoured with Olives and Onions: One-Year Shelf Life / A. M. Giuffrè, M. Caracciolo, C. Zappia et al. // Foods (Basel, Switzerland). – 2023. – Vol. 12. - № 9. – P. 1798. DOI:10.3390/foods12091798

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИКП, филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

С.Л. Белецкий

2024 г.

« 1 »



**САХАРНОЕ ПЕЧЕНЬЕ С ТОЛОКНОМ ОВСЯНЫМ, ОБОГАЩЕННОЕ
ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ, ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

РЕЦЕПТУРА

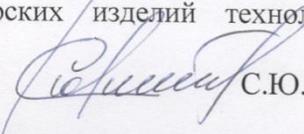
РЦ 10.86.10-001-19825192-2024

по ТУ 10.86.10-001-19825192-2024

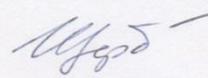
Дата введения в действие « ___ » _____ 2024 г.

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела

 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела,
к.т.н.

 Н.А. Щербакова

Москва
2024

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

С.Л. Белецкий

« 1 » апреля 2024 г.



**САХАРНОЕ ПЕЧЕНЬЕ С ТОЛОКНОМ ЯЧМЕННЫМ, ОБОГАЩЕННОЕ
ПИЩЕВЫМИ ВОЛОКНАМИ, ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

РЕЦЕПТУРА

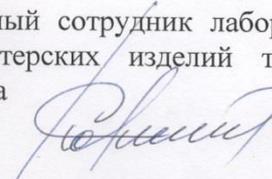
РЦ 10.86.10-002-19825192-2024

по ТУ 10.86.10-002-19825192-2024

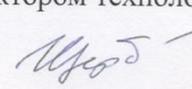
Дата введения в действие « ___ » _____ 2024 г.

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела

 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела,
к.т.н.

 Н.А. Щербакова

Москва
2024

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИКТ – филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

С.Л. Белецкий

« 1 » _____ 2024 г.



**САХАРНОЕ ПЕЧЕНЬЕ С ТОЛОКНОМ, ОБОГАЩЕННОЕ ПИЩЕВЫМИ
ВОЛОКНАМИ, ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

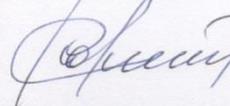
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНСТРУКЦИЯ
ТИ 10.86.10-001-19825192-2024**

по ТУ 10.86.10-001-19825192-2024

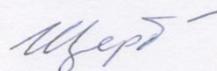
Дата введения в действие – « ___ » _____ 2024 г.

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела

 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела,
к.т.н.

 Н.А. Щербакова

Москва
2024

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

ОКПД2 10.86.10.800

Группа Н42
(ОКС 67.180.10)**УТВЕРЖДАЮ**Директор ВНИИКТ филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

С.Л. Белецкий

« 1 » апреля 2024 г.

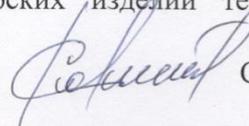
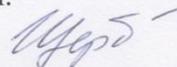


**САХАРНОЕ ПЕЧЕНЬЕ С ТОЛОКНОМ, ОБОГАЩЕННОЕ ПИЩЕВЫМИ
ВОЛОКНАМИ ДЛЯ ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И
ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

Технические условия

ТУ 10.86.10-001-19825192-2024

Дата введения в действие «___» _____ 2024 г.

РАЗРАБОТАНОНаучный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела
 С.Ю. Мистенева
Зам. зав сектором технологического
отдела, к.т.н.
 Н.А. Щербакова
Москва
2024

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ
пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН

С.Л. Белецкий

« 1 » _____ 2024 г.

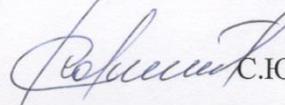


Инв.№ МВИ 122-19825192-2024

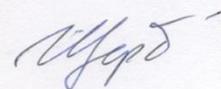
**КВАЛИМЕТРИЧЕСКАЯ ШКАЛА С ПЕРЕЧНЕМ ДЕСКРИПТОРОВ И ДЛЯ
ПРОВЕДЕНИЯ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
ОБОГАЩЕННОГО САХАРНОГО ПЕЧЕНЬЯ С ТОЛОКНОМ ДЛЯ
ПИТАНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО И ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА**

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела

 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела,
К.Т.Н.

 Н.А. Щербакова

Москва
2024

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

С. Л. Белецкий

« 23 » ноября 2021 г.



МВИ № 92-19825192-2021

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА НАБУХАНИЯ МУКИ**

РАЗРАБОТАНО

Зам. зав сектором технологического отдела, к.т.н.

Н.А. Щербакова

Научный сотрудник лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела

С.Ю. Мистенева

Москва 2021 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор _____ С. Л. Белецкий
« 30 » ноября 2023г.



МВИ № 112-19825192-2023

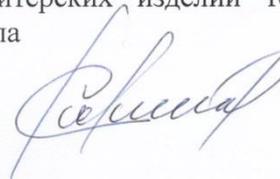
**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПЛОТНОСТИ ВЯЗКО-ПЛАСТИЧНОГО ТЕСТА**

РАЗРАБОТАНО

Зам. зав сектором технологического
отдела, к.т.н.

 Н.А. Щербакова

Научный сотрудник лаборатории мучных
кондитерских изделий технологического
отдела

 С.Ю. Мистенева

Москва 2023 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

УТВЕРЖДАЮ
Директор
С. Л. Белецкий
« 30 » ноября 2023 г.



МВИ № 113-19825192-2023

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АБСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МУКИ ПО ЖИРУ**

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела

 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела, к.т.н.

 Н.А. Щербакова

Москва 2023 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)



УТВЕРЖДАЮ
Директор

С. Л. Белецкий

2024 г.

МВИ № 119-19825192-2024

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОЧНОСТИ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ ГРУППЫ
ПЕЧЕНЬЯ НА ТЕКСТУРОАНАЛИЗАТОРЕ «СТРУКТУРОМЕТР СТ-2»**

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела

С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела, к.т.н.

Н.А. Щербакова

Инженер - исследователь

А.В. Баскаков

Москва 2024 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

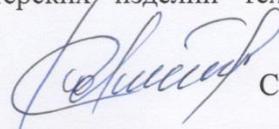
УТВЕРЖДАЮ
Директор
С.Д. Белецкий
2024 г.



МВИ № 121-19825192-2024

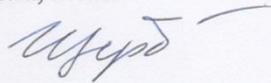
**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АБСОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МУКИ ПО ВОДЕ
РАЗРАБОТАНО**

Научный сотрудник лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела



С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела, к.т.н.



Н.А. Щербакова

Москва 2024 г.

Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН (ВНИИКП – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН)

УТВЕРЖДАЮ
 Директор С.Л. Белецкий
 « 1 » Сентября 2024 г.



МВИ № 120-19825192-2024

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
 ИНДЕКСА РАСТВОРИМОСТИ МУКИ**

РАЗРАБОТАНО

Научный сотрудник лаборатории мучных кондитерских изделий технологического отдела

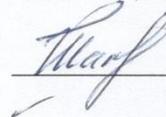
С.Ю. Мистенева
 С.Ю. Мистенева

Зам. зав сектором технологического отдела, к.т.н.

Н.А. Щербакова
 Н.А. Щербакова

Москва 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «КДВ Минусинск»




АКТ ВЫРАБОТКИ
сахарного печенья с толокном ячменным

Мы, нижеподписавшиеся, в лице Шумской И.Н. начальника отделения производства печенья и сэндвичей ООО «КДВ Минусинск» и Мистеновой С.Ю. научного сотрудника лаборатории производства мучных кондитерских изделий технологического отдела ВНИИ кондитерской промышленности, составили настоящий акт о том, что 19.07.2023 г. в условиях цеха мучного производства ООО «КДВ Минусинск» была проведена промышленная выработка сахарного печенья с толокном ячменным, обогащенного пищевыми волокнами с целью отработки рецептуры и технологии в производственных условиях.

Выработка сахарного печенья осуществлялась по рецептуре, представленной в таблице 1.

Таблица 1 Расход сырья на 100 кг теста для сахарного печенья

Наименование сырья	Расход сырья на 100 кг теста
Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	35,2
Ячменное толокно	23,2
Пудра сахарная из сахара белого	12,5
Инвертный сироп	2,1
Жир растительный	17,0
Порошок яичный сухой + вода на растворение до СВ 27%	3,0
Молоко сухое цельное	0,4
Пудра сахарная ванильная	5,5
Соль пищевая	0,3
Химические разрыхлители	0,8
Итого:	100,0

Сырье, применяемое для изготовления печенья, соответствовало гигиеническим требованиям к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» и других нормативных актов.

Технологический процесс производства сахарного печенья с ячменным толокном состоял из следующих стадий.

1. Подготовка сырья и полуфабрикатов к производству.
2. Приготовление эмульсии.
3. Приготовление теста.
4. Формование.
5. Выпечка.
6. Охлаждение.
7. Упаковка, маркировка и хранение

толокна ячменного. Полученная смесь перемешивалась 1-2 мин при скорости 75 об/мин и подавалась во вторую секцию тестомесильной машины, где при перемешивании со скоростью 10-15 об/мин происходило окончательное приготовление теста. Общее время замеса теста в тестомесильной машине составляло 16 мин. Массовая доля влаги теста составляла 16,3%. Температура теста 26 °С. Готовое тесто непосредственно после приготовления поступало на формование.

Формование. Тесто формовали на ротативно-ротоштамповочной машине «СРА» путем запрессовывания теста в углубления формирующего ротора нагнетающим рифленным валом. Рифленный вал вместе с ротором машины захватывал тесто из загрузочной воронки и заполнял ячейки ротора. Нож, расположенный между рифленным валом и ротором, прилегающий вплотную к последнему, срезал с ротора избыток теста, оставляя его лишь в ячейках. Тестовые заготовки поступали на ленточный транспортер и направлялись на выпечку.

Выпечка. Выпечку печенья осуществляли в автоматической четырехзонной электропечи «Чипа» в течение 5 мин. Температура в I зоне пекарной камеры составляла 170°С, во II зоне - 240°С, в III зоне - 200°С, IV зоне - 200°С.

Охлаждение и упаковка. Охлаждение печенья осуществляли на системе охлаждающих конвейеров, на которые оно поступало непосредственно из печи. В первый период печенья охлаждалось до температуры 65-70°С на выступающей из печи части транспортера, а затем при помощи ножей, плотно прилегающих к транспортеру, изделия снимались с сетки печи и передавались на охлаждающий конвейер, где происходило охлаждение без принудительной циркуляции воздуха до температуры 25-35°С. Влажность готового сахарного печенья составляла 5,7%. Охлажденное печенье упаковывали в пакеты из полипропиленовой пленки, массой 300 гр.

Анализ изделий проводили через 24 часа после выпечки. Печенье оценивали по органолептическим, физико-химическим показателям и микробиологическим показателям.

Органолептическая оценка печенья проводилась дегустационной комиссией в количестве 7 человек по описательному (качественному) и количественному методу. В тестируемом образце печенья оценивались следующие качественные показатели: форма, поверхность, цвет, вкус, текстура, запах, вид в изломе.

Результаты оценки показателей тестируемого образца печенья по описательному (качественному) методу:

Форма: Правильная, плоская, без вмятин, вздутий и повреждений края, надломанные и слипшиеся изделия в упаковке отсутствуют

Поверхность: Без трещин, с четким не расплывшимся оттиском рисунка на верхней поверхности. Не подгорелая, без вздутий, раковин и впадин. Нижняя поверхность ровная.

Цвет: Равномерный и однородный по всей поверхности печенья, насыщенный, соломенный с легким коричневым оттенком

Вкус: Приятный, гармоничный, свойственный вкусу компонентов, входящих в рецептуру печенья, без посторонних привкусов. Наблюдается легкий зерновой оттенок во вкусе и запахе.

Текстура: Плотная, при раскусывании или разламывании рассыпчатая, не требующая продолжительного жевания, сухая, песчанистая, свойственная сахарному печенью.

Запах: Ярко выраженный, свойственный запаху печенья, без постороннего запаха.

Вид в изломе: Пропеченное изделие, с равномерной пористостью, без пустот, закала и следов непромеса, слегка крошащееся при разламывании.

Рейтинговые оценки тестируемого образца печенья по количественному методу:

Таблица 2 - Рейтинговые оценки сахарного печенья с ячменным толокном

Наименование показателя	Средняя оценка показателя
Форма	4,9
Поверхность	4,8
Цвет	4,8
Вкус	5,0

Текстура	4,9
Запах	5,0
Вид в изломе	5,0
Общий балл	34,4

Тестируемый образец печенья обладал высокими качественными характеристиками, по органолептическим показателям соответствовал требованиям нормативно-технической документации на данный вид изделия. Общая оценка качества тестируемого образца печенья, рассчитанная как среднее арифметическое значение оценок всех членов дегустационной комиссии, составила 34,4 баллов, что соответствует высокому качеству тестируемого образца печенья.

Результаты исследований физико-химических показателей печенья представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические показатели сахарного печенья с ячменным толокном

Наименование показателя	Нормируемое значение показателя	Фактические значение показателя
Массовая доля влаги, % не более	10,0	5,2
Массовая доля общего сахара, % не более	25,0	17,1
Массовая доля жира, % не более	25,0	18,3
Щелочность, град., не более	2,0	0,6
Намокаемость, %, не менее	150	190
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10%, %, не более	0,1	0,022
Трансизомеры ненасыщенных жирных кислот, % от общего жира, % не более	2,0	0,2
Перекисное число, ммоль/кг, не более	4,0	1,2
Содержание пищевых волокон, % не менее	3,0	6,1

Результаты исследований микробиологических показателей печенья представлены в таблице 4

Таблица 4 – Микробиологические показатели сахарного печенья с ячменным толокном

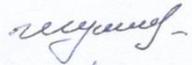
Наименование показателя	Нормируемое значение показателя	Фактические значение показателя
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$1,0 \times 10^4$	$2,8 \times 10^3$
Масса продукта (г), в которой не допускаются:	БГКП (колиформы)	Не обнаружено
	Патогенные (в том числе сальмонеллы)	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ /г, не более	50	Менее 10
Плесени, КОЕ /г, не более	100	Менее 10

Проведенные производственные испытания подтвердили возможность выработки сахарного печенья с ячменным толокном. Полученное в результате апробации сахарное печенье с

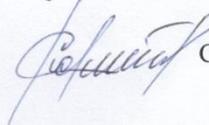
зерновым толокном по всем исследуемым показателям соответствовало требованиям ТУ 10.86.10-001-19825192-2023 Печенье сахарное обогащенное пищевыми волокнами для питания детей дошкольного и школьного возраста» и ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

В соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (Приложение 5) сахарное печенье с толокном ячменным может быть отнесено к категории обогащенной продукции с высоким содержанием пищевых волокон с вынесением информации об отличительном признаке на этикетку.

Начальник отделения производства печенья
и сэндвичей

 И. Н. Шумская

Научный сотрудник лаборатории
производства мучных кондитерских
изделий технологического отдела ВНИИ
кондитерской промышленности

 С.Ю. Мистенева