На правах рукописи

Корпачева Светлана Михайловна

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2022

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор **Чугунова Ольга Викторовна** (Россия), заведующий кафедрой технологии питания ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент **Губаненко Галина Александровна** (Россия), заведующий кафедрой технологии и организации общественного питания ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

кандидат технических наук, доцент **Козубаева Людмила Алексеевна** (Россия), доцент кафедры технологии хранения и переработки зерна ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет им И. С. Тургенева»

Защита диссертации состоится 30 июня 2022 г. в 11:00 на заседании диссертационного совета Д 212.287.05 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» по адресу: 620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», зал диссертационных советов (ауд. 150).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет». Автореферат размещен на официальном сайте ВАК Минобрнауки России: https://vak.minobrnauki.gov.ru и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»: http://science.usue.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Л. А. Донскова

Общая характеристика работы

Актуальность. Одним из направлений реализации проекта Долгосрочной стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. является внедрение на всех этапах производственных процессов безотходных технологий и вовлечение в них вторичных сырьевых ресурсов. Такие мероприятия позволят снизить, а впоследствии и предотвратить образование неиспользуемых и неперерабатываемых отходов в мукомольно-крупяной отрасли пищевой промышленности.

Представляют интерес и являются целесообразными мероприятия по переработке и использованию вторичных продуктов переработки гречихи посевной (*Fagopyrum sagittatum* Gilib) и включению продукции с их использованием в рацион питания человека, поскольку они содержат широкий спектр биологически активных компонентов – витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон.

При переработке зерна гречихи в крупу в зависимости от сорта и условий произрастания гречихи от 14 % до 30 % отходов составляют оболочки зерна гречихи – лузга. В состав лузги гречихи входит ряд вышеуказанных пищевых веществ, что позволяет ее использовать для повышения пищевой ценности различных продуктов питания.

Учитывая это, разработка новых рецептур и технологий продукции общественного питания с высокой пищевой ценностью с использованием продуктов переработки гречихи на примере лузги, является актуальной задачей.

Степень изученности. Различными аспектами рассматриваемой проблемы в разное время занимались многие отечественные и зарубежные ученые, такие как В. А. Тутельян, О. В. Чугунова, М. Н. Школьникова, И. В. Мацейчик, О. К. Мотовилов, О. В. Пасько, T. Morishita, B. D. Oomah, Z. Hromádková, B. I. Park, M. Watanabe, W. Zhang, D. Zielinska и др.

Научный вклад в производство продуктов питания, выработанных на основе растительного сырья, в том числе зернового, внесли В. М. Позняковский, Л. А. Маюрникова, О. В. Голуб, Н. И. Давыденко, Г. А. Губаненко, И. Ю. Потороко, Л. А. Козубаева и др.

Проблемой переработки растительного сырья и использования вторичных сырьевых ресурсов в производстве пищевых продуктов занимались такие исследователи, как Н. В. Науменко, Е. А. Кузнецова, С. Я. Корячкина, И. А. Гнеушева, Т. Н. Холодилина, А. С. Трощенко, И. О. Ломовский и др.

Несмотря на разностороннее изучение свойств и технологий переработки лузги гречихи, недостаточно уделено внимания использованию лузги гречихи и продуктов ее переработки в разработке продукции общественного питания.

Цели исследования – разработка рецептур продукции общественного питания с использованием продуктов переработки лузги гречихи.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие научные **задачи**:

– обосновать применение продуктов переработки лузги гречихи для создания продукции общественного питания;

– обосновать применение механохимической обработки в технологии получения порошка из лузги гречихи исследовать показатели качества и безопасности, обосновать сроки хранения;

– разработать и научно обосновать рецептуры и технологию продукции общественного питания с использованием продуктов переработки гречихи с заданными потребительскими свойствами;

– провести оценку качества новой продукции, установить регламентируемые показатели качества и безопасности;

– разработать технологическую документацию для предприятий общественного питания на новые виды продукции с использованием продуктов переработки лузги гречихи.

Научная новизна. Диссертационная работа содержит элементы новизны в рамках п. 2, 4 и 5 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15.

1. Уточнены данные, характеризующие химический состав, пищевую ценность, качество и безопасность лузги гречихи (гречиха сорта «Дикуль» произрастающей в Новосибирской области) и перспективы ее применения в рецептурах продукции общественного питания. Отличительной особенностью лузги гречихи сорта «Дикуль» является высокое содержание пищевых волокон (45,6 г) и флавоноидов (61 мг) на 100 г (п. 2 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15).

2. Доказана целесообразность применения механохимической обработки в технологии получения порошка из лузги гречихи. Установлены оптимальные режимы: частота вращения роторов дезинтегратора – 12 000 мин$^{-1}$; ротора мельницы-активатора – 1 050 мин$^{-1}$, время пребывания в каждом 2 мин) При этом не менее 92 % частиц порошка из лузги гречихи имеет линейный размер 56 мкм и насыпную плотность (0,68 ± 0,02) г/см^3 (п. 4 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15).

3. Получены новые данные о пищевой ценности порошка из лузги гречихи полученного механохимической обработкой. Установлено, что 100 г порошка из лузги гречихи покрывает суточную потребность в пищевых волокнах (228 %), флавоноидах (88 %), марганце (65 %), магнии (57 %), железе (500 % и 277,8% для мужчин и женщин соответственно), общая антиоксидантная активность ((7,0 ± 0,1) мг/г образца по кверцетину) (п. 4 Паспорта специальности ВАК РФ 05.18.15).

4. На основе математического моделирования разработаны рецептуры продукции общественного питания: кремов и мучных кондитерских полуфабрикатов творожного и бисквитного с использованием порошка из лузги гречихи, обеспечивающим заданное содержание пищевых волокон, флаво-

ноидов и антиоксидантной активности (п. 4, 5 Паспорта специальности ВАК 05.18.15).

Практическая значимость. Проведена промышленная апробация технологических решений в компании ООО «Фуд-Мастер-Фабрика» (г. Новосибирск), что подтверждается актом о промышленной апробации и заключением о внедрении.

По результатам исследования разработан пакет нормативно-технической документации на продукты переработки лузги гречихи и ассортимент продукции общественного питания:

– ТУ 01.11.49.113-019-02069214-2021 «Порошок из лузги гречихи. Технические условия», ТИ ТУ 01.11.49.113-019-02069214-2021 «Порошок из лузги гречихи. Технологическая инструкция по производству»;

– технико-технологические карты (ТТК № 101–105) на продукцию общественного питания;

– ТУ 10.51.56.130-023-03814269-2021 «Кремы с использованием порошка из лузги гречихи. Технические условия», ТИ ТУ 10.51.56.130-023-03814269-2021 «Кремы с использованием порошка из лузги гречихи. Технологическая инструкция по производству»;

– ТУ 10.71.12-021-03814269-2021 «Творожный полуфабрикат с использованием порошка из лузги гречихи. Технические условия», ТИ ТУ 10.71.12-004-02068953-2021 «Творожный полуфабрикат с использованием порошка из лузги гречихи. Технологическая инструкция по производству»;

– ТУ 10.71.12-025-03814269-2021 «Бисквитный полуфабрикат с использованием порошка из лузги гречихи. Технические условия», ТИ ТУ 10.71.12-025-03814269-2021 «Бисквитный полуфабрикат с использованием порошка из лузги гречихи. Технологическая инструкция по производству».

Результаты диссертационной работы используются в учебном процессе на кафедре технологии и организации пищевых производств ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» в рамках образовательных программ 19.03.04 направления подготовки бакалавров «Технология продукции и организация общественного питания» и 19.04.04 направления подготовки магистров «Технология продукции и организация общественного питания».

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационного исследования явились поиск, анализ и обобщение зарубежных и отечественных литературных данных в области использования вторичных ресурсов в производстве пищевых продуктов. При решении поставленных задач применяли общепринятые, стандартные и специальные методы: анализ, синтез, обобщение, математическое моделирование, органолептические, микробиологические, инструментальные.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты исследования применения метода механохимической обработки в технологии получения порошка из лузги гречихи с целью

повышения пищевой ценности за счет увеличения содержания меланина и общей антиоксидантной активности;

– результаты сравнительного анализа показателей качества порошка из лузги гречихи, полученного различными способами измельчения;

– рецептуры и технологии продукции общественного питания с использованием порошка из лузги гречихи, полученные путем применения метода математического моделирования.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные результаты исследований были представлены и обсуждены на научных конференциях различного уровня: IV Международной научной технической конференции студентов и молодых ученых «Молодежь. Инновации. Технологии» (МНТК-2020) (Новосибирск, 2020), XVII Международной научной практической конференции «Пища. Экология. Качество» (Екатеринбург, 2020), XIII Всероссийской научной практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности» (Бийск, 2020), International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (Воронеж, 2020), XIV и XV Всероссийские научные конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации» (Новосибирск, 2020 и 2021), I International Conference on Environmental Sustainability Management and Green Technologies (ESMGT-2021) (Новосибирск, 2021).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ в том числе в журналах, рекомендованных ВАК, – 4; в изданиях, индексируемых в наукометрических базах данных Web of Science и Scopus, – 1; в сборниках и трудах международных и всероссийских конференций – 8. Получен 1 патент.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, включающего 200 источников отечественных и зарубежных авторов, и 10 приложений. Работа изложена на 195 страницах, включает 52 рисунка и 42 таблицы.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость диссертации.

В **первой главе** обобщены научно-техническая информация и экспериментальные материалы отечественных и зарубежных ученых по теме диссертационного исследования. Рассмотрены основные направления использования в производственных процессах вторичных ресурсов и отходов агропромышленного комплекса (АПК), пищевой и перерабатывающей промышленности. Дана характеристика гречихи и продуктов ее переработки. Представлен отечественный и зарубежный опыт применения лузги гречихи

и продуктов ее переработки, перспективы их использования в производстве продуктов питания

Во **второй главе** изложены организация работы, объекты и методы исследования. Общая схема исследований представлена на рисунке 1.

Рисунок 1 – Общая схема исследований

Теоретические и экспериментальные исследования выполнены в период с 2017 по 2021 г. Исследование свойств сырья и готовых изделий, получение порошка из лузги гречихи, отработка образцов продукции общественного питания проводились в лабораториях кафедры технологии

и организации пищевых производств ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (НГТУ), лаборатории химии твердого тела ФГБУН «Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук» (ИХТТМ СО РАН, г. Новосибирск).

В **третьей главе** представлены результаты собственных исследований и их обсуждение в рамках научного обоснования технологии получения порошка из лузги гречихи.

Исследование химического состава и пищевой ценности лузги гречихи посевной. Определение показателей качества и безопасности.

Установлено, что лузга гречихи посевной сорта «Дикуль», районированной в Черепановском районе Новосибирской области (урожая 2017–2020 гг.), состоит из грубых толстостенных клеток, частично заполненных коричневыми пигментами. Запах и вкус лузги – ярко выраженные, свойственные гречихе. Линейный размер частиц лузги составляет 2,0 мм, а толщина стенок – 160–180 мкм.

Установлено, что отличительной особенностью лузги гречихи является высокое содержание флавоноидов (61 мг) и пищевых волокон (45,6 г) на 100 г. Химический состав лузги по годам колеблется в небольших пределах в зависимости от условий выращивания (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав лузги гречихи сорта «Дикуль» (n = 5)

Наименование показателя	Значение			
	2017	2018	2019	2020
Массовая доля, %:	13,2 ± 0,2	13,6 ± 0,2	13,4 ± 0,2	12,8 ± 0,2
– влаги	13,2 ± 0,2	13,6 ± 0,2	13,4 ± 0,2	12,8 ± 0,2
– белков, %	4,0 ± 0,1	3,8 ± 0,1	4,1 ± 0,1	4,4 ± 0,1
– жира, %	0,41 ± 0,02	0,45 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,42 ± 0,02
Пищевые волокна, г:				
– целлюлоза	22,4 ± 0,2	22,8 ± 0,2	21,8 ± 0,2	22,2 ± 0,2
– лигнин	20,14 ± 0,06	20,52 ± 0,06	20,59 ± 0,06	21,31 ± 0,06
– пектиновые вещества	3,22 ± 0,06	3,13 ± 0,06	3,21 ± 0,06	3,74 ± 0,06
Полисахариды (пентозаны), %	18,17 ± 0,6	19,13 ± 0,6	19,1 ± 0,6	19,3 ± 0,6
Зольность, %	1,68 ± 0,05	1,62 ± 0,03	1,66 ± 0,05	1,61 ± 0,08
Флавоноиды, мг	62 ± 1,1	58 ± 1,0	61 ± 1,1	61 ± 1,1

Результаты исследования химического состава лузги по годам колеблется в небольших пределах в зависимости от условий выращивания.

По микробиологическим показателям и показателям безопасности лузга соответствует требованиям ТР ТС 021/2011 и, следовательно, может быть использована в производстве продукции общественного питания.

Разработка технологии получения порошка из лузги гречихи.

На начальном этапе лузга гречихи измельчалась в дезинтеграторе DESI-11 (Эстония), предназначенном для измельчения сыпучих, порошко-

вых и зернистых материалов до порошкообразного состояния (размер частиц не более 1 мм). После механического измельчения получили грубый порошок серовато-коричневого цвета, который исследовали по физико-химическим показателям.

Таблица 2 – Физико-химические показатели порошка из лузги гречихи, полученного механической обработкой (n = 5)

Показатель	Значение
Влажность, %	13,4 ± 0,2
Массовая доля водорастворимых экстрактивных веществ, %	5 ± 1
Размер частиц, мкм	500–1 000
Угол естественного откоса, градус	31–33
Сыпучесть, г/с	6,6 ± 0,2
Насыпная плотность, г/см³	0,57 ± 0,02
Водоудерживающую способность, %	70,0

С целью получения порошка с высокой степенью дисперсности полученный порошок из лузги гречихи подвергался дальнейшему измельчению с последующей механохимической обработкой. В качестве гидролизующего компонента использовали гидрокарбонат натрия ($NaHCO_3$), в соотношении 95:5 по массе соответственно. Он является безопасным и разрешенным к применению пищевым ингредиентом с индексом Е500 и применяется в производстве пищевой продукции в качестве разрыхлителя. В присутствии гидрокарбоната натрия происходит повышение pH среды и разупорядочение структуры клеточных стенок лузги, меланин содержащейся в лузге переходит в солевую форму, которая растворяется в воде. Изучено варьирование дозировки $NaHCO_3$ от 1 % до 9 % с шагом 2. Установлено, что максимальная эффективность выхода меланина и АОА достигается при добавлении 5 % гидрокарбоната натрия (рисунок 2).

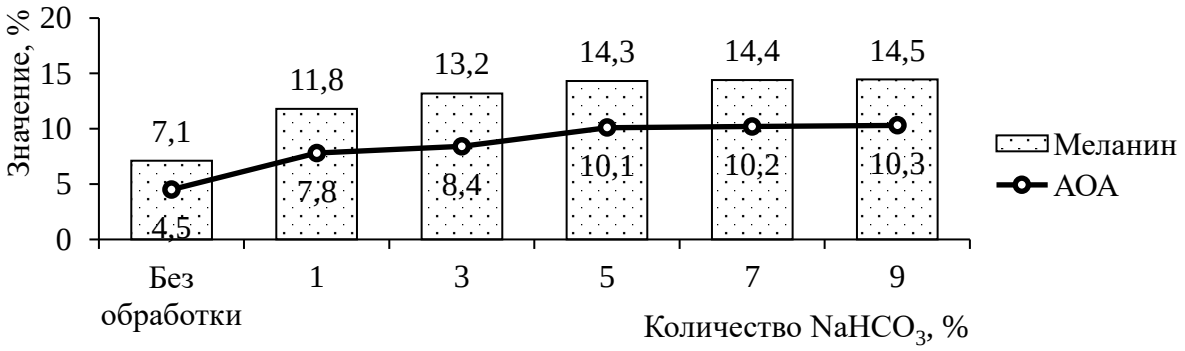
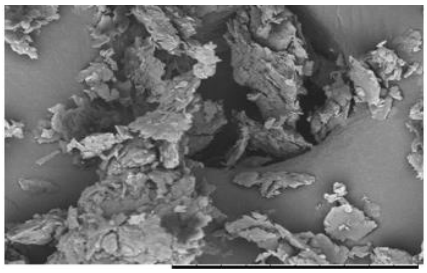


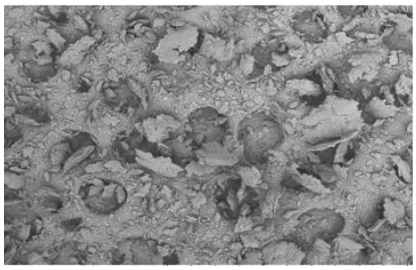
Рисунок 2 – Содержание меланина и АОА в зависимости от количества $NaHCO_3$, %

Анализ размера и формы частиц порошка проводилась методом статистического анализа фотографий на приборе CamSizer XT.

Визуальное влияние механохимической обработки на линейный размер частиц порошка из лузги гречихи представлено на рисунке 3.



а – до механохимической обработки



б – после механохимической обработки

Рисунок 3 – Фотографии порошка из лузги гречихи, полученные электронным микроскопированием до и после механохимической обработки

В целях определения сходимости гранулометрического состава порошка с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта (основного сырьевого ингредиента МКИ) были определены показатели: размер частиц порошка и их распределение по размерному ряду (рисунок 4).

Установлено, что дисперсность порошка из лузги гречихи составляет 56 мкм (не менее 92 % массы порошка), что соответствует размеру частиц тонкодисперсных порошков (размер частиц менее 300 мкм), и является оптимальной для включения в пищевую матрицу.

Рисунок 4 – Результаты распределения частиц в муке пшеничной и в порошке из лузги гречихи

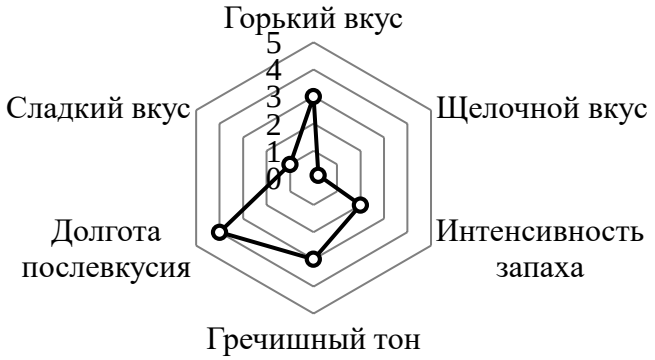
Оценка качества порошка, установление регламентируемых показателей, условий и сроков хранения.

С целью обоснования возможности использования механохимически обработанного порошка в производстве продуктов питания, его оценивали

по органолептическим (внешний вид, цвет, запах и вкус), физико-химическим и микробиологическим показателям.

Результаты органолептического анализа представлены на рисунке 5.

а – внешний вид



б – сенсорный профиль вкуса и запаха

Рисунок 5 – Внешний вид и сенсорный профиль вкуса и запаха порошка из лузги гречихи после механохимической обработки

Показано, что порошок из лузги гречихи, полученный механохимической обработкой, характеризуется свойственным гречихе вкусом, оставляющим долгое послевкусие, умеренно вяжущим с горечью и сладковатым послевкусием, коричневым цветом.

Далее исследовали физико-химические показатели порошков из лузги гречихи (таблица 3). Механохимическая обработка является триггером, определяющим повышение пищевой ценности сырьевого ингредиента, увеличивает содержание флавоноидов (в 3,6 раза), меланина (в 1,9 раза) и повышения АОА (в 3,5 раза).

Таблица 3 – Физико-химические показатели порошков из лузги гречихи (n = 5)

Показатель	Лузга гречихи	Порошок из лузги гречихи	
		до механо-химической обработки	после механо-химической обработки
Влажность, %	13,4 ± 0,7	13,4 ± 0,7	13,2 ± 0,6
Массовая доля белка, %	4,1 ± 0,1	4,1 ± 0,1	3,8 ± 0,1
Массовая доля жира, %	0,42 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,42 ± 0,02
Полисахариды (пентозаны), %	19,1 ± 0,6	19,1 ± 0,5	19,1 ± 0,5
Пищевые волокна, г	45,6 ± 1,8	45,6 ± 1,8	45,6 ± 1,9
Зольность, %	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,6 ± 0,1
Флавоноиды, мг	61 ± 1,1	61 ± 1,1	220 ± 1,1
Антиоксидантная активность (по кверцетину), мг/г образца	2,0 ± 0,1	2,0 ± 0,1	7,0 ± 0,1
Меланин, %	7,1 ± 0,2	7,1 ± 0,2	14,3 ± 0,3

Использование гидрокарбоната натрия при механохимической обработке порошка приводит к высокой скорости растворения и выхода флавоноидов, меланина и повышения антиоксидантной активности.

Соответствие порошка из лузги гречихи МХО нормам физиологической потребности приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав порошка из лузги гречихи МХО (n = 5)

Показатель	Значение	Уточненная суточная физиологическая потребность	Доля от суточной нормы, %
Флавоноиды, мг	220	250	88
Пищевые волокна, г	45,6 ± 1,9	20	228
Макроэлементы			
Натрий, мг	150 ± 20	1300	11,5
Калий, мг	490 ± 50	3500	14,0
Кальций, мг	150 ± 10	1000	15,0
Магний, мг	240 ± 20	420	57,1
Микроэлементы			
Железо, мг	50 ± 5	10*/18**	500,0*/277,8**
Цинк, мг	2,0 ± 0,2	12	16,7
Медь, мг	0,35 ± 0,04	1,0	35,0
Марганец, мг	1,3 ± 0,5	2,0	65,0
Примечание – Физиологическая потребность * для мужчин; ** для женщин.			

Установлено, что порошок из лузги гречихи механохимической обработки обладает высокой пищевой ценностью, в частности, наличие пищевых волокон в 100 г порошка превышает суточную норму в 2,2 раза, железа в 5 раз. Массовая доля магния и марганца покрывает половину от суточной потребности.

Порошок из лузги гречихи расфасовывали в фольгированные бумажные пакеты, массой 200 г, закладывали на хранение при температуре (18 ± 3) °С и относительной влажности воздуха не более 75 %. Показатели качества оценивали ежемесячно в течение 14 мес. (в соответствии с МУК 4.2.1847-04 коэффициент резерва равен 1,15)).

Показано, что 100 г порошка из лузги гречихи покрывает суточную потребность в пищевых волокнах (228 %), флавоноидах (88 %), марганце (65 %), магнии (57 %), железе (500 % и 277,8% для мужчин и женщин соответственно), общая антиоксидантная активность ((7,0 ± 0,1) мг/г образца по кверцетину).

Установлено, что физико-химические и органолептические показатели оставались постоянными на протяжении исследуемого срока хранения. На основании полученных данных установлен срок хранения – 12 мес.

Разработаны ТУ и ТИ ТУ 01.11.49.113-019-02069214-2021.

В **четвертой главе** в соответствии с задачами исследования разработаны рецептуры и технологии продукции общественного питания: кремов ягодных (из ягод жимолости), кремов шоколадных, мучных кондитерских полуфабрикатов (МКП) «Творожный полуфабрикат» и «Бисквитный полуфабрикат» с использованием порошка из лузги гречихи.

Разработка рецептур и технологии кремов с использованием порошка из лузги гречихи. Традиционные рецептуры продукции обогащали порошком из лузги гречихи, с изменением соотношения норм закладок сырья.

В таблице 5 представлена информационная матрица данных проектирования рецептуры крема ягодного с порошком из лузги гречихи.

Для кремов ягодных было необходимо найти искомые значения, при которых:

$$F(x) = \min \{41{,}2X_1 + 322X_2 + 399X_3 + 54X_4 + 157X_5 + 0X_6 + 0X_7 + 181X_8\}$$

при соблюдении следующих условий:

– содержание флавоноидов – не менее 37,5 мг/100 г блюда (15 % от суточной нормы потребления):

$$0{,}34X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0{,}17X_7 + 0{,}22X_8 \geq 0{,}375;$$

– содержание пищевых волокон – не менее 3 г/100 г блюда (15 % от суточной нормы потребления):

$$3{,}5X_1 + 0X_2 + 0X_3 + 0X_4 + 0X_5 + 0X_6 + 0{,}17X_7 + 45{,}6X_8 \geq 3;$$

– получение единицы продукта по массе сырьевого набора (113 г):

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 = 1{,}13.$$

Таблица 5 – Информационная матрица данных по рецептуре крема ягодного с порошком из лузги гречихи

Рецептурный ингредиент	Диапазон варьирования	Флавоноиды, мг	Пищевые волокна, г	Индекс X_i	Энергетическая ценность, ккал
Пюре из ягод жимолости	20–30	340	3,5	X_1	41,2
Сливки 35 % жирности	25–40	0	0	X_2	322
Сахар белый кристаллический	15–20	0	0	X_3	399
Молоко 2,5 % жирности	10–18	0	0	X_4	54
Яйца куриные	6–10	0	0	X_5	157
Желатин	2–6	0	0	X_6	0
Вода	15–20	0	0	X_7	0
Порошок из лузги гречихи	3–15	220	45,6	X_8	181

Решение системы уравнений позволило получить следующие значения переменных:

X_1 = 26,5 г; X_5 = 8 г;
X_2 = 25 г; X_6 = 3 г;
X_3 = 15 г; X_7 = 20 г;
X_4 = 10 г; X_8 = 4,5 г.

В результате было установлено, что для обеспечения функциональных свойств в отношении содержания флавоноидов не менее 37,5 мг/100 г блюда и содержания пищевых волокон не менее 3 г/100 г блюда необходимо вносить в рецептуру не менее чем 4,5 г порошка из лузги гречихи.

Аналогичные результаты были достигнуты при разработке рецептуры крема шоколадного, с использованием порошка из лузги гречихи.

В соответствии с результатами математического моделирования, были разработаны рецептуры кремов:

– образец 2 – крем ягодный с порошком из лузги гречихи.

– образец 4 – крем шоколадный с порошком из лузги гречихи.

Образец 1 и 3 – контрольные образцы кремов ягодного (из ягод жимолости) и шоколадного соответственно.

Оценка вкуса и запаха на примере образцов кремов ягодных представлена в виде сенсорных профилей на рисунке 6.

Рисунок 6 – Вкусоароматический профиль образцов крема ягодного

Выявлено, что внесение порошка из лузги гречихи положительно влияет на органолептические показатели образцов кремов, в частности – на гармоничность и насыщенность вкуса и аромата.

Технологическая схема приготовления кремов ягодных (контрольный и экспериментальный образцы) представлена на рисунке 7.

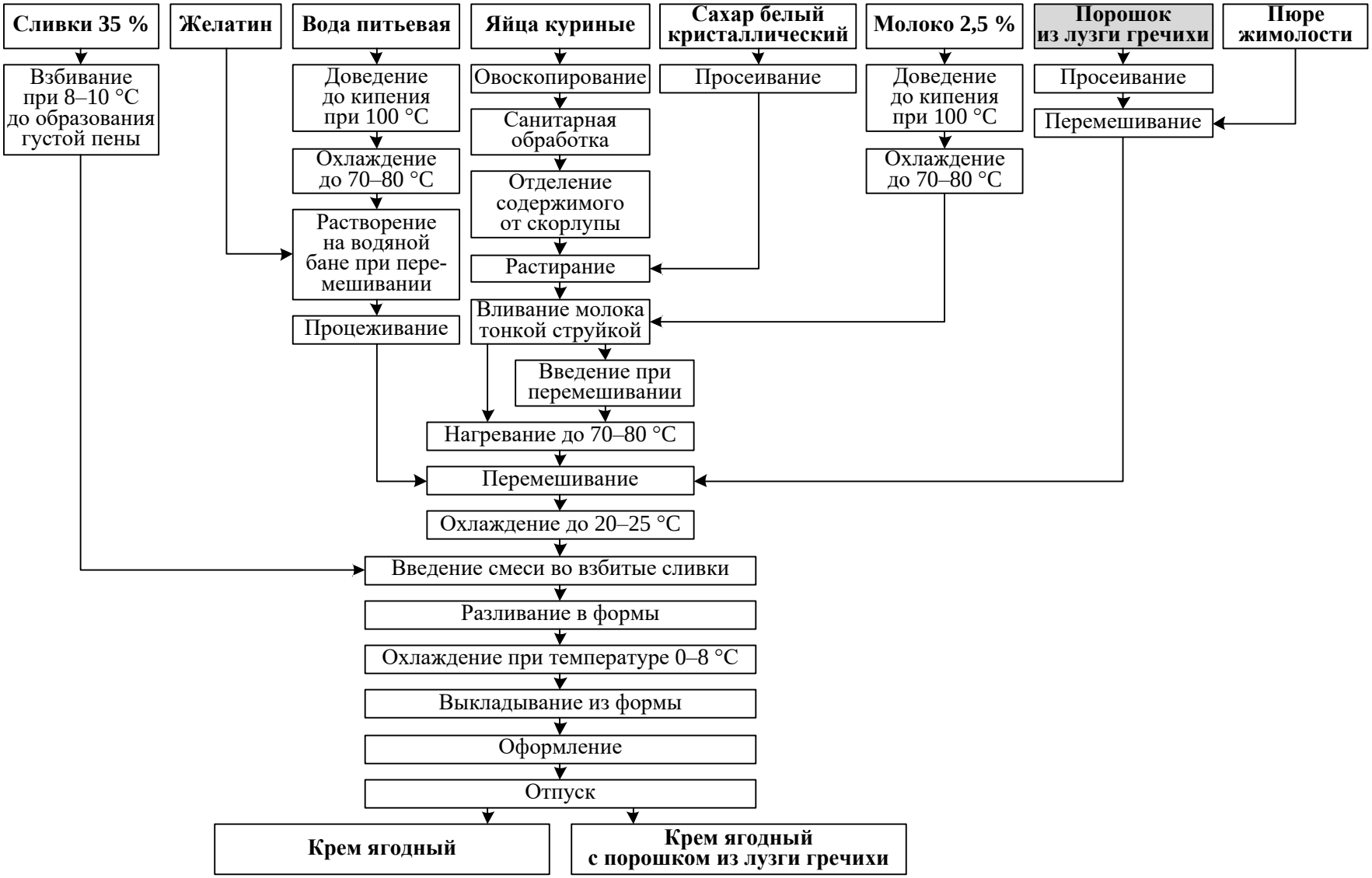


Рисунок 7 – Технологическая схема приготовления кремов ягодных (контрольный и экспериментальный образцы)

Показано, что включение в рецептуру порошка из лузги гречихи, не требует изменения технологического процесса и приобретения дополнительного оборудования.

Кремы ягодные и шоколадные были исследованы по физико-химическим показателям качества, их результаты представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Физико-химические показатели качества образцов кремов (n = 5)

Показатель	Кремы ягодные		Кремы шоколадные	
	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Массовая доля сухих веществ, %	58,5 ± 2,3	56,2 ± 2,1	54,5 ± 2,3	51,1 ± 2,2
Кислотность, ед. pH	3,8 ± 0,2	3,9 ± 0,2	2,4 ± 0,1	2,6 ± 0,1
Кислотность, °Т	9,1 ± 0,2	9,3 ± 0,2	5,7 ± 0,2	6,2 ± 0,2

Пищевая ценность разработанных кремов представлена с учетом норм физиологических потребностей в пищевых веществах для взрослого населения, отдельно для мужчин и для женщин взято среднее значение (таблица 7).

Экспериментальные образцы крема ягодного (образец 2) и шоколадного (образец 4) содержат соответственно 18,0 % и 15,1 % флавоноидов и 15,5 % и 24,5 % пищевых волокон от рекомендуемых норм потребления (РНП). Также установлено, что АОА крема ягодного увеличивается в 1,9 раза, а шоколадного – в 2,5 раза.

Микробиологические показатели опытных и контрольных образцов кремов соответствуют требованиям для сладких блюд ТР ТС 021/2011 (прил. 2, п. 1.8). Следовательно, продукция является безопасной.

На основании органолептических, физико-химических и микробиологических показателей срок годности кремов ягодных и шоколадных составляет 24 ч при температуре (4 ± 2) °С. Разработаны ТТК № 101 и № 102.

Разработка рецептур и технологии МКП «Творожный полуфабрикат» с использованием порошка из лузги гречихи.

На следующем этапе разработана рецептура и технологическая схема производства МКП «Творожный полуфабрикат», который является основой для производства широкого спектра мучных кондитерских изделий (тортов, пирожных и др.).

В соответствии с результатами математического моделирования, для обеспечения функциональных свойств в отношении содержания пищевых волокон – не менее 3 г/100 г блюда (15 % от суточной нормы потребления) необходимо вносить в рецептуру не менее чем 5 г порошка из лузги гречихи.

Таблица 7 – Пищевая ценность разработанных кремов (выход 100 г)

Показатель	РНП в зависимости от пола, г/сут		Кремы ягодные						Кремы шоколадные					
			Образец 1	Доля РНП для образца 1, %		Образец 2	Доля РНП для образца 2, %		Образец 3	Доля РНП для образца 3, %		Образец 4	Доля РНП для образца 4, %	
	М	Ж		М	Ж		М	Ж		М	Ж		М	Ж
Белок, г	95	75	9,1	9,6	12,1	6,5	6,8	8,6	10,9	11,5	14,5	10,4	10,9	13,9
Жир, г	100	79	13,3	13,3	16,8	9,9	9,9	12,5	19,2	19,2	24,3	15,8	15,8	20
Углеводы, г	426	337	27,7	6,5	8,2	27,3	6,4	8,1	32,4	7,6	9,6	26,9	6,3	8,0
Пищевые волокна, г	20		0,7 ± 0,1	3,5		3,1 ± 0,2	15,5		1,1 ± 0,1	5,5		4,9 ± 0,8	24,5	
Меланин, %	–		–	–		0,21 ± 0,02	–		–	–		0,21 ± 0,02	–	
Флавоноиды, мг	250		34 ± 1,8	13,6		45,0 ± 3,0	18,0		13,5 ± 0,3	5,4		37,7 ± 1,9	15,1	
АОА (по кверцетину), мг/г образца	–		2,4 ± 0,1	–		4,8 ± 0,2	–		1,8 ± 0,1	–		4,6 ± 0,2	–	
Минеральные вещества, мг/100 г														
Натрий	1 300		33,5	2,6		38,1	2,9		38,1	2,9		41,5	3,2	
Калий	3 500		77,8	2,2		86,8	2,5		89,4	2,6		104,7	3,0	
Кальций	100		78,5	78,5		63,7	63,7		87,6	87,6		88,9	88,9	
Магний	420		12	2,9		17,4	4,1		9,6	2,3		19,5	4,6	
Фосфор	700		61,2	8,7		68,9	9,8		70,3	10,0		83,7	12,0	
Железо	100	18	0,51	0,51	2,8	2,8	2,8	15,5	0,4	0,4	2,2	3,5	3,5	19,4

Оценку качества проводили для следующих образцов изделий:

– образец 1 – творожный полуфабрикат (контрольный образец);

– образец 2 – творожный полуфабрикат с порошком из лузги гречихи;

– образец 3 – творожный с полуфабрикат порошком из лузги гречихи и свекольным пюре.

Все образцы изделия имели приятные внешний вид и цвет, однородную консистенцию (рисунок 8).

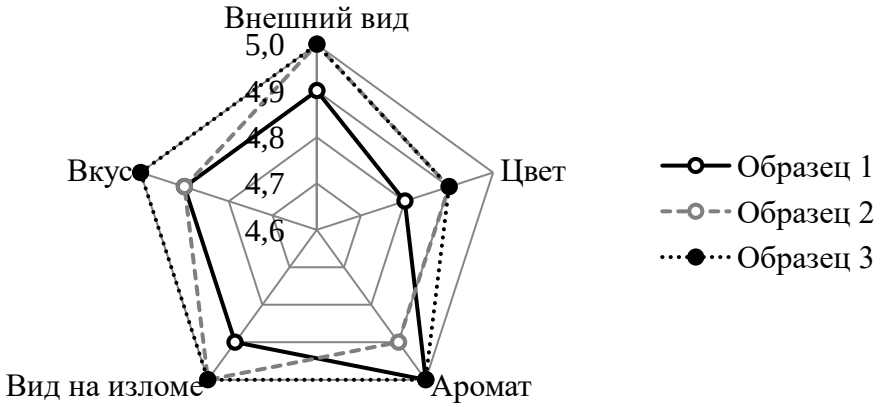


Рисунок 8 – Органолептические показатели образцов МКП «Творожный полуфабрикат»

Показатели вкуса образца 3 несколько выше, чем у образцов 1 и 2, при этом показатели цвета и вида на разрезе у данных образцов выше по сравнению с образцом 1. Сравнительная оценка показала, что комбинирование в рецептуре порошка из лузги гречихи и пюре из свеклы позволяет получить изделие с высокими органолептическими показателями.

Исследованы физико-химические показатели образцов (таблица 8).

Таблица 8 – Физико-химические показатели образцов МКП «Творожный полуфабрикат» (n = 5)

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Влажность, %	25,0 ± 1,0	26,0 ± 1,0	27,0 ± 1,0
Щелочность, град	0,9 ± 0,01	1,1 ± 0,01	1,1 ± 0,01
Массовая доля золы, %	0,05 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,08 ± 0,01

Влажность готовых изделий находится в пределах регламентируемых значений для данного вида мучного кондитерского полуфабриката ((26 ± 2) %), щелочность не превышает нормативного значения для мучных кондитерских изделий (не более 2 град).

С целью обоснования функциональной направленности разработанных образцов МКП определяли пищевую ценность. Результаты представлены с учетом адекватного уровня потребления пищевых веществ для взрослого населения (таблица 9).

Таблица 9 – Пищевая ценность образцов МКП «Творожный полуфабрикат»

Показатель	РНП в зависимости от пола, г/сут		Значение								
			Образец 1	Доля РНП для 100 г образца 1, %		Образец 2	Доля РНП для 100 г образца 2, %		Образец 3	Доля РНП для 100 г образца 3, %	
	М	Ж		М	Ж		М	Ж		М	Ж
Белки, г	95	75	9,2	9,7	12,3	10,2	10,7	13,6	9,1	9,6	12,1
Жиры, г	100	79	13,4	13,4	17,0	10,9	10,9	13,8	13,4	13,4	17,0
Углеводы, г	426	337	46,5	11,0	13,8	43,5	10,2	12,9	46,6	10,9	13,8
Пищевые волокна, г	20		0,92	4,6		3,3	16,5		3,5	17,5	
Флавоноиды, мг	250		–	–		11,0	4,4		23,0	9,2	
Антиоксидантная активность (по кверцетину), мг/г образца	–		–	–		0,2	–		0,21	–	
Минеральные вещества											
Натрий, мг	1 300		44,4	3,4		50,5	3,9		55,4	4,3	
Калий, мг	3 500		82,5	2,4		108,2	0,3		126,1	3,6	
Кальций, мг	100		47,9	47,9		64,7	64,7		57,0	57,0	
Магний, мг	420		9,9	2,4		18,0	4,3		22,2	5,3	
Фосфор, мг	700		92,3	13,2		114,8	16,4		108,1	15,5	
Железо, мг	100	18	0,8	0,8	4,4	2,87	2,87	16,0	3,03	3,03	16,8

Образцы 2 и 3 по содержанию пищевых волокон, кальция и фосфора можно отнести к продуктам функциональной направленности, так как 100 г продукта позволяет удовлетворять более 15 % от адекватного уровня потребления минорных БАВ.

Технологическая схема приготовления МКП «Творожный полуфабрикат» представлена на рисунке 9.

Показано, что включение в рецептуру порошка из лузги гречихи не требует изменения технологического процесса и приобретения дополнительного оборудования.

На основании органолептических, физико-химических и микробиологических показателей срок годности МКП «Творожный полуфабрикат» составляет 120 ч при температуре (4 ± 2) °С. Разработаны ТТК № 103 и № 104.

Разработка рецептур и технологии бисквитного полуфабриката с использованием порошка из лузги гречихи.

В результате моделирования было установлено, было установлено, что для обеспечения функциональных свойств в отношении содержания пищевых волокон не менее 3 г/100 г блюда на 100 г блюда необходимо вносить в рецептуру не менее чем 4,5 г порошка из лузги гречихи.

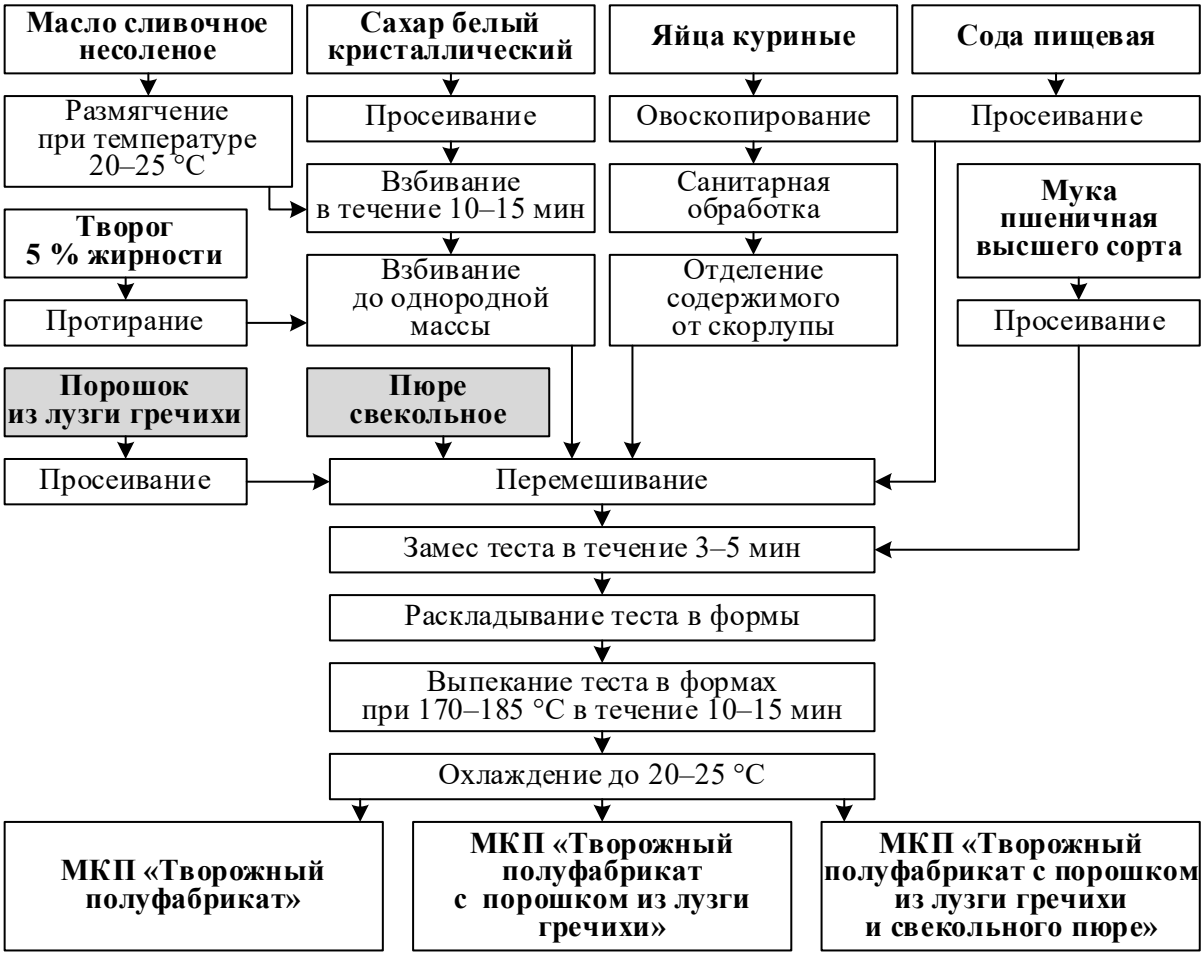


Рисунок 9 – Технологическая схема приготовления образцов МКП «Творожный полуфабрикат»

В лабораторных условиях отработаны следующие образцы изделия:

– образец 1 – бисквитный полуфабрикат (контрольный образец);

– образец 2 – бисквитный полуфабрикат с порошком из лузги гречихи.

– Результаты органолептической оценки образцов бисквитного полуфабриката представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты оценки органолептических показателей бисквитного полуфабриката

Показатель	Средний оценочный балл	
	Бисквитный полуфабрикат (образец 1)	Бисквитный полуфабрикат с порошком из лузги гречихи (образец 2)
Форма и поверхность	4,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Цвет	4,8 ± 0,1	4,8 ± 0,1
Вид на разрезе	4,7 ± 0,1	5,0 ± 0,1
Вкус и аромат	4,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1
Общая оценка	4,8 ± 0,1	4,9 ± 0,1

Все образцы изделия имели приятные внешний вид и цвет, однородную консистенцию. Показатели вкуса образца 2 несколько выше, чем у образца 1, при этом показатели цвета и вида на разрезе у данного образца выше по сравнению с образцом 1. Образец бисквитного полуфабриката с порошком из лузги гречихи обладали привкусом меда вследствие того, что гречиха является медоносным растением. Внесение порошка из лузги гречихи положительно влияет на органолептические показатели образцов бисквитного полуфабриката, в частности – на их вкус и аромат.

Данные анализа физико-химических показателей образцов бисквитного полуфабриката представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Физико-химические показатели образцов бисквитного полуфабриката (n =5)

Показатель	Образец 1	Образец 2
Влажность теста, %	37,2 ± 1,2	37,4 ± 1,2
Влажность готового изделия, %	27,0 ± 1,0	26,4 ± 1,0
Пористость, %	75,2 ± 0,1	81,1 ± 0,1
Удельный объем, см³/ г	4,2 ± 0,1	5,3 ± 0,1
Щелочность, град	0,16 ± 0,1	0,18 ± 0,1

Установлено, что физико-химические показатели контрольного и опытного образцов бисквитного полуфабриката практически не меняются и остаются в пределах ошибки опыта. Выявлено повышение пористости на 7,85 %, удельного объема на 26 %.

Микробиологические показатели соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

С учетом анализа всех групп показателей срок годности бисквитного полуфабриката с порошком из лузги гречихи установлен 7 сут при (4 ± 2) °С.

Себестоимость разработанной продукции общественного питания находится в диапазоне от 21,12 до 31,78 р. за порцию 100 г, что демонстрирует их доступность для потребителя. Себестоимость разработанных рецептур повысилась по сравнению с контрольными образцами: у кремов в среднем менее чем на 1 р., у мучных кондитерских полуфабрикатов разница колеблется от 1 до 3 р.

На основании проведенных исследований установлены регламентируемые показатели качества и разработана техническая документация (ТТК), кремы и МКП внедрены в ПОП сети предприятий «Фуд-Мастер-Фабрика».

Заключение

Использование вторичных сырьевых ресурсов пищевой и перерабатывающей промышленности является одним из приоритетных направлений развития мукомольно-крупяной отрасли, позволяющее максимально вовлечь данные ресурсы в производственный процесс, что в целом будет способствовать сохранению и перспективному улучшению экологической ситуации в России.

Переработка зерна гречихи посевной в крупу сопровождается образованием вторичных сырьевых ресурсов, преобладающим из которых являются оболочки зерна гречихи – лузга. Теоретические и экспериментальные исследования подтверждают, что порошок из лузги гречихи может быть использован в рецептурах продукции общественного питания.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

1. В результате изучения химического состава и пищевой ценности лузги гречихи посевной установлено, что ее отличительной особенностью является содержание пищевых волокон (45,6 г) и флавоноидов (61 мг).

2. В результате экспериментальных исследований определены параметры процесса производства порошка из лузги гречихи с применением механохимической обработки. Установлены оптимальные режимы: частота вращения роторов дезинтегратора – 12 000 мин$^{-1}$; ротора мельницы-активатора – 1 050 мин$^{-1}$, время пребывания в каждом 2 мин). После МХО уменьшился размер частиц, увеличилась дисперсность, вследствие этого насыпная плотность порошка стала больше, увеличилось содержание водорастворимых экстрактивных веществ и водопоглотительная способность порошка из лузги гречихи. При этом не менее 92 % частиц порошка из лузги гречихи имеет линейный размер 56 мкм и насыпную плотность (0,68 ± 0,02) г/см^3.

3. На основании органолептических, физико-химических и микробиологических исследований разработанного порошка в процессе хранения установлены регламентируемые показатели, в том числе пищевая ценность и срок хранения 12 месяцев. Установлено, что 100 г порошка из лузги гречихи покрывает суточную потребность в пищевых волокнах (228 %), флавоноидах (88 %), марганце (65 %), магнии (57 %), железе (500 % и 277,8% для мужчин и женщин соответственно), общая антиоксидантная активность ((7,0 ± 0,1) мг/г образца по кверцетину).

4. В результате математического моделирования и сравнительного анализа на основе Методических рекомендаций МР 2.3.0253-21 были разработаны рецептуры и технологии продукции общественного питания: сладкие блюда – крем ягодный и крем шоколадный; мучные кондитерские полуфабрикаты (МКП) – творожный и бисквитный; с добавлением порошка из лузги гречихи с учетом режимов и параметров технологии их производства,

обеспечивающим заданное содержание пищевых волокон, флавоноидов, обладающих антиоксидантной активностью.

5. Оценка влияния вносимого порошка на качество продукции общественного питания показала, что порошок способствуют улучшению органолептических и физико-химических показателей при внесении его в рецептуры кремов в количестве не менее 4–6 %; в бисквитный полуфабрикат не менее 15 % от массы муки; в творожный полуфабрикат не менее 17 % от массы муки соответственно, что позволяет получить продукцию повышенной пищевой ценности и делает ее функционально направленной. Показано повышение содержания пищевых волокон, флавоноидов, кальция, фосфора и железа относительно их содержания в продукции, выработанной по базовым рецептурам.

6. На основании полученных результатов установлены регламентируемые показатели качества и сроки годности продукции общественного питания с использованием порошка из лузги гречихи: для кремов 24 ч, для творожного полуфабриката при (4 ± 2) °С – не более 5 сут, для бисквитного полуфабриката при (4 ± 2) °С – не более 7 сут. Определена себестоимость сырьевого набора и рассчитана продажная цена готовой продукции, обеспечивающая их безубыточное производство с сохранением спроса со стороны потребителей. Разработанная продукция прошла промышленную апробацию и внедрена в производственный цикл ООО «Фуд-Мастер-Фабрика», г. Новосибирск.

Рекомендации для дальнейшего исследования – полученный порошок из лузги гречихи после механохимической обработки может служить источником для выделения пищевого пигмента меланина, что позволит практически полностью утилизировать лузгу гречихи в полезный продукт, упростив его получение за счет исключения жидкофазных стадий и сушки.

Публикации по теме диссертации

Публикации в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. Matseychik, I. Influence of buckwheat by-products on the antioxidant activity of functional desserts / I. Matseychik, **S. Korpacheva**, K. Serasutdinova. – DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022038 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 640. – Art. 022038.

Публикации в изданиях, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ

2. Мацейчик, И. В. Разработка технологий и рецептур творожного полуфабриката функционального назначения / И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, А. Н. Сапожников // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – № 8 (131). – С. 62–68.

3. Мацейчик, И. В. Разработка технологий и рецептур мучных кондитерских изделий, обогащенных пищевыми волокнами / И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева,** В. В. Мунтян // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2018. – № 1 (50). – С. 103–108.

4. Мацейчик, И. В. Перспективы использования продуктов переработки гречихи в качестве функциональных ингредиентов / И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, И. О. Ломовский, К. Р. Серасутдинова. – DOI 10.33979/2219-8466-2020-61-2-53-57 // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. – № 2 (61). – С. 53–57.

5. **Корпачева, С. М.** Использование порошка из лузги гречихи в рецептурах и технологиях производства бисквитного полуфабриката / С. М. Корпачева, О. В. Чугунова, В. М. Позняковский. – DOI 10.29141/2500-1922-2021-6-4-6 // Индустрия питания | Food Industry. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 55–63.

Свидетельства и патенты

6. Патент № 2717649 Российская Федерация, МПК A21D 13/80. Полуфабрикат творожный с гречишной клетчаткой, со свекольным пюре и с сахаром : № 2019115177 ; заявл. 17.05.2019 ; опубл. 24.03.2020 / И. В. Мацейчик, С. М. Корпачева, В. В. Мунтян.

Прочие публикации

7. Мацейчик, И. В. Использование продуктов переработки гречихи в производстве творожного полуфабриката / И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, В. В. Мунтян, А. Н. Ткач // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 2-2 (50). – С. 203–211.

8. **Корпачева, С. М.** Использование вторичных продуктов переработки гречихи для обогащения десертов и повышения их функциональных свойств / С. М. Корпачева, И. В. Мацейчик, К. Р. Серасутдинова // Молодежь. Инновации. Технологии : сб. науч. тр. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. студентов и молодых ученых (Новосибирск, 28–30 апр. 2020 г.). – Новосибирск : НГТУ, 2020. – С. 91–93.

9. Серасутдинова, К. Р. Получение продуктов питания функционального назначения с повышенной антиоксидантной активностью с использованием продуктов вторичной переработки гречихи / К. Р. Серасутдинова, И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, И. О. Ломовский // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XIII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием (Бийск, 20–22 мая 2020 г.). – Бийск : АлтГТУ, 2020. – С. 369–374.

10. Серасутдинова, К. Р. Применение вторичных продуктов переработки гречихи при производстве десертов с повышенной антиоксидантной

активностью / К. Р. Серасутдинова, И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, И. О. Ломовский // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. конф. (Новосибирск, 30 нояб. – 4 дек. 2020 г.) : в 9 ч. – Новосибирск : НГТУ, 2020. – Ч. 7. – С. 693–697.

11. Серасутдинова, К. Р. Разработка десертов функциональной направленности с использованием вторичных продуктов переработки гречихи / К. Р. Серасутдинова, И. В. Мацейчик, **С. М. Корпачева**, И. О. Ломовский // Пища. Экология. Качество : труды XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 18–19 нояб. 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 599–604.

12. **Корпачева, С. М.** Использование растительных добавок при разработке технологий творожно-растительных полуфабрикатов / С. М. Корпачева, О. В. Чугунова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – Т. 1, № 44. – С. 1154–1159.

13. Серасутдинова, К. Р. Влияние продуктов переработки гречихи на физико-химические показатели десертов / К. Р. Серасутдинова, **С. М. Корпачева**, И. О. Ломовский // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. 15-й Всерос. науч. конф. молодых ученых, посвящ. году науки и технологий в России (Новосибирск, 6–10 дек. 2021 г.) : в 10 ч. – Новосибирск : НГТУ, 2021. – Ч. 7. – С. 536–540.

14. **Korpacheva, S.** Technological aspects of obtaining melanin and powder from buckwheat hull and their use in food technology / S. Korpacheva, K. Serasutdinova, I. Lomovsky, O. Chugunova. – DOI 10.1051/e3sconf/202129607007 // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 296. – Art. 07007.

Подписано в печать 29.04.2021.
Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$. Гарнитура Таймс. Бумага офсетная. Печать плоская.
Уч.-изд. л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии
Уральского государственного экономического университета
620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45