

На правах рукописи



**Кадрицкая Елена Александровна**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕЛАНИНА ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ И  
ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СОСТАВЕ КОНДИТЕРСКОЙ ГЛАЗУРИ**

Специальность 4.3.3. Пищевые системы

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата технических наук**

Екатеринбург – 2023

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии питания  
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уральский государственный экономический университет»

**Научный руководитель:** доктор технических наук, доцент  
**Школьникова Марина Николаевна** (Россия),  
профессор кафедры технологии питания  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
экономический университет»

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Резниченко Ирина Юрьевна** (Россия),  
профессор кафедры биотехнологии и производства  
продуктов питания ФГБОУ ВО «Кузбасская  
государственная сельскохозяйственная академия»  
кандидат технических наук, доцент  
**Грачева Наталья Владимировна** (Россия),  
доцент кафедры промышленной экологии  
и безопасности жизнедеятельности  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный  
технический университет»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Новосибирский государственный технический  
университет»

Защита диссертации состоится 22 сентября 2023 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета 24.2.425.03 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 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент

Л. А. Донскова

## Общая характеристика работы

**Актуальность работы.** Одним из приоритетных направлений государственной стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 г. в области совершенствования пищевых производств является максимальное использование исходного сырья и вовлечение вторичных материальных ресурсов в производственный цикл. Данный факт приобретает особую значимость в сложившейся социально-политической ситуации. Разработка новых технологических решений необходима для снижения как продуктовой, так и технологической импортозависимости. Работы в этом направлении позволят получать новые пищевые ингредиенты и продукты с добавленной стоимостью что в приоритете с учетом изменения подходов в науке о питании. Таким образом, актуальность и практическую значимость приобретают разработка новых и совершенствование существующих технологий пищевых ингредиентов из вторичных растительных ресурсов для использования их в технологии пищевых продуктов.

В связи с этим назрела необходимость в дальнейшей переработке крупнотоннажного отхода с объемом в Российской Федерации порядка 63 тыс. т/год – лузги гречихи посевной *Fagopyrum esculentum*, которую можно рассматривать как ценное сырье для выделения коричневого пигмента меланина с доказанной физиологической активностью.

Кондитерские изделия присутствуют в ежедневном рационе практически каждого человека, поэтому повышение их физиологической ценности является актуальной задачей отрасли. Один из путей решения этой задачи – добавление в состав изделий и (или) кондитерских полуфабрикатов функциональных пищевых ингредиентов, что зачастую способствует снижению себестоимости изделий за счет сокращения в составе дорогостоящего импортного сырья, в частности, какао-порошка. Ввиду растущих спроса и стоимости какао-бобов на мировом рынке при практически неизменном объеме производства какао-продуктов, к 2024 г. спрос на какао будет превышать его производство на 1 млн т, а к 2030 г. – до 2 млн т.

**Степень разработанности темы исследования.** Вопросами разработки альтернативных составов кондитерских глазурей и использования порошкообразных продуктов переработки растительного сырья в технологиях мучных кондитерских изделий занимались такие ученые, как Н. В. Линовская, И. Ю. Резниченко, Г. О. Магомедов, О. В. Сычева, И. М. Жаркова, С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, И. П. Пешкина, Х. Ю. Боташева, В. Е. Meza, S. Stankov, O. Gorodyska и др.

Выделением меланина из различных источников и исследованием его свойств занимается ограниченное количество научных сообществ. Значительный вклад в решение задач по получению и применению меланина в технологии продуктов питания, в том числе кондитерских изделий, внесли

российские ученые Н. В. Грачева, Ю. Н. Картушина, В. Ф. Желтобрюхов, Л. В. Каравай, В. Н. Шекуров, Б. Н. Огарков, Л. В. Самусенок, Л. Н. Гордеева, Т. Н. Алексеева, Л. В. Кушнарченко, Л. В. Левочкина и др., зарубежные исследователи N. K. Kurian, S. G. Bhat, S. Roy, S. Shankar, J.-W. Rhim, D. J. Kim, K.-Y. Ju, J.-K. Lee и др.

Однако при анализе доступных источников информации не выявлены комплексные исследования пищевого ингредиента меланина из лузги гречихи посевной и его использования в технологии кондитерских полуфабрикатов.

**Цель диссертационного исследования.** *Целью* исследования является получение пищевого ингредиента меланина из лузги гречихи посевной и его использование в составе кондитерских глазурей с заданными свойствами.

Для реализации указанной цели поставлены следующие *задачи*:

– разработать способ получения пищевого ингредиента меланина из лузги гречихи посевной;

– исследовать комплекс свойств пищевого ингредиента меланина с целью обоснования его применения в составе какао-содержащих кондитерских глазурей с заданными технологическими свойствами;

– изучить методы определения характеристик цвета темноокрашенных пищевых ингредиентов и обосновать наиболее приемлемый для меланина и кондитерской глазури с заменой неалкализованного какао-порошка меланином на основе цветовых характеристик;

– изучить влияние пищевого ингредиента меланина на технологические свойства какао-содержащих кондитерских глазурей;

– дать оценку качества разработанным кондитерским полуфабрикатам и продуктам, определить регламентируемые показатели качества, условия и сроки хранения;

разработать техническую документацию на пищевой ингредиент меланин и какао-содержащую кондитерскую глазурь с меланином и провести внедрение технологических решений на профильных предприятиях.

**Научная новизна работы.** Диссертационная работа содержит элементы научной новизны в рамках п. 12, 13, 17 и 36 паспорта специальности ВАК РФ 4.3.3 – Пищевые системы:

1. Впервые предложен способ выделения пищевого ингредиента меланина из лузги гречихи посевной с экстрагированием в качающемся автоклаве для проведения гетерогенных процессов, позволяющий получать меланин без примесей гемицеллюлоз и пектина. Преимуществом такого подхода является высокий выход меланина 15,3–17,9 % и сокращение времени выделения в 4 раза (*п. 13 паспорта научной специальности 4.3.3*).

2. Впервые исследован комплекс технологических свойств выделенного из лузги гречихи посевной пищевого ингредиента меланина – дисперсный состав, растворимость, ВУС, ЖУС, температурная стабильность, све-

тостойкость, антиокислительная активность, характеристики цвета, доказывающий возможность его эффективного использования в составе какаоосодержащих кондитерских глазурей с заданными свойствами (*п. 12 и 36 паспорта научной специальности 4.3.3*).

3. Впервые изучены функциональные свойства выделенного из лужги гречихи посевной нового пищевого ингредиента меланина: в эксперименте *in vivo* по острой фармакологической токсичности установлена безопасная суточная доза – 0,613 мг/ 1 кг веса человека; в эксперименте *in vitro* по увеличению скорости КАТ и ГТ реакций при оптимальной концентрации 3,3 и 6,6 мкг/мл подтверждена АОА образцов меланина; доказана сорбционная способность опытного образца меланина связывать ионы меди: 1 г 0,5 % раствора экстракта меланина связал 966,6 мг/мл меди и АОА: 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина (*п. 17 паспорта научной специальности 4.3.3*).

4. Впервые научно обоснован и апробирован метод исследования комплекса оптических характеристик темноокрашенных порошкообразных пищевых ингредиентов, позволяющий исследовать и прогнозировать интенсивность цвета кондитерских глазурей (*п. 17 паспорта научной специальности 4.3.3*).

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- технология выделения пищевого ингредиента меланина из лужги гречихи (на примере гречихи, выращенной в Свердловской области) с учетом особенностей ее состава;
- результаты комплексного исследования технологических свойств пищевого ингредиента меланина, полученного по предложенной технологии;
- способ определения характеристик цвета темноокрашенных пищевых ингредиентов и кондитерской глазури на основе цветовых характеристик;
- состав и свойства какаоосодержащих кондитерских глазурей с добавлением меланина;
- результаты оценки качества разработанных полуфабрикатов и продуктов.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы**

*Теоретическая значимость* заключается в применении научно обоснованного подхода к совершенствованию процессов переработки вторичных растительных сырьевых ресурсов, в основу которого положено целенаправленное воздействие на сырье с целью максимально возможного выделения целевых ингредиентов, по свойствам пригодных для обогащения пищевых продуктов, придания им новых характеристик и снижения себестоимости.

*Практическая значимость.* Разработана технология выделения пищевого ингредиента меланина из лужги гречихи посевной с проведением процесса экстрагирования в условиях избыточного давления с примене-

нием качающегося автоклава с электрообогревом для проведения гетерогенных процессов, позволяющий получать меланин без примесей с выходом 15,3–17,9 % и сокращением времени. Новизна технических решений подтверждена патентом РФ № 2780731 «Способ выделения меланина из лузги гречихи».

Разработана технология и рецептура какао-содержащей кондитерской глазури с заменой какао-порошка неалкализированного меланином и мелкоштучных кондитерских изделий с ее использованием.

Разработанные технология и рецептуры апробированы в условиях производства ООО «Профи-Дар» (г. Среднеуральск) и ООО «Удача» (г. Верхняя Пышма). Определены регламентируемые показатели и их значения, положенные в основу технической документации на меланин (ТУ и ТИ 10.89.19-000-02069214-2021 «Пищевой ингредиент меланин») и глазурь (ТУ и ТИ 10.82.21.120-02069214-2021 «Глазурь кондитерская какао-содержащая»).

Материалы диссертации используются в учебном процессе на кафедре технологии питания УрГЭУ при подготовке студентов направления подготовки 19.03.04 «Технология продукции и организации общественного питания».

Работа является обобщением результатов методического, теоретического и прикладного характера, полученных лично автором или при его непосредственном участии.

**Степень достоверности и апробация работы.** Представленные экспериментальные результаты получены с помощью современных методов исследования на соответствующем метрологическим требованиям оборудовании в многократных повторностях, статистически обработаны с применением Microsoft Office Excel 2019 и Statistica 6.0 и являются достоверными.

Основные результаты исследований были представлены на научных мероприятиях различного уровня, прошедших в Новосибирске (2016, 2020, 2021), Екатеринбурге (2017), Бийске (2017), Тюмени (2019, 2022), Красноярске (2021).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликована 21 работа, в том числе 1 статья в издании, индексируемом в базах Scopus и Web of Science; 6 статей в изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ; 4 статьи в журналах РИНЦ, 9 статей в материалах конференций и сборниках научных трудов; 1 патент РФ на изобретение.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и семи приложений. Основное содержание изложено на 141 странице, включает 30 таблиц и 39 рисунков. Список литературы насчитывает 180 источников, из них 60 на иностранных языках.

## Общая характеристика работы

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи, научная новизна, теоретическая, практическая значимость выполненных исследований, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** рассмотрены строение, свойства и области получения и применения меланина. Обосновано использование лужги гречихи посевной как источника меланина и его применение в качестве альтернативы какао-порошку.

Во **второй главе** представлена методология и схема комплекса исследований, выполненных автором с 2016 по 2022 г. в лабораториях кафедры технологии питания и Единого лабораторного комплекса УрГЭУ (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общая схема исследования

Объектами исследования на разных этапах работы являлись:  
 – лужга гречихи посевной сорта «Девятка» (репродукция РС-2-ЭС, Красноуфимский район Свердловской обл.) урожая 2018–2020 гг.;

– образцы пищевого ингредиента меланина в виде порошка: контрольный ТМ «Русские корни», опытные – полученные в условиях лаборатории с м. д. влаги 4,5 %;

– какао-порошок производственный (страна происхождения какао-бобов Гана): неалкализированный, арт. GHN (pH 6,0) и алкализированный (средняя степень), арт. GHRS (pH 6,3);

– образцы ККГ с меланином;

– образцы глазированного печенья.

Экспериментальные исследования органолептических, физико-химических свойств и безопасности образцов проводились с использованием общепринятых и стандартных методов.

Технологические свойства образцов пищевого ингредиента меланина определяли следующими методами: гранулометрический состав – методом микроскопирования; растворимость в водной и жировой (подсолнечное масло) средах – высушиванием до постоянной массы; температурная стабильность – образцы выдерживали при 20; 40; 60; 80 и 100 °С в течение 3 ч, а затем регистрировали поглощение растворов при 220 нм; светостойкость – растворы меланина (5 мг/мл) выдерживали при естественном освещении, в темном месте и под UV-светом на расстоянии 30 см в течение 2 сут, с интервалом 12 ч измеряли максимальное поглощение при 220 нм; интенсивность и оттенок цвета образцов какао-порошка и меланина проводили в этанольных экстрактах с измерением их оптической плотности при 420; 520 и 620 нм на UV/VIS-спектрофотометре Shimadzu UV1800.

Функциональные свойства образцов пищевого ингредиента меланина определяли следующими методами: параметры острой токсичности – по методу Кербера, АОО – с применением комбинированной ГТ и КАТ биотест-системы в ФГБНУ ВИЛАР (г. Москва); сорбционные свойства образцов меланина и глазури изучены по отношению к ионам меди с помощью калибровочного графика; АОО – по количеству образовавшихся хелатов Fe(II) с  $\alpha, \alpha'$ -дипиридиллом при 522 нм.

**В третьей главе** представлены результаты собственных исследований по разработке способа получения меланина из лузги гречихи и комплексному изучению его свойств.

Так как меланин является пищевым ингредиентом для использования в составе пищевых систем, на первом этапе исследовано сырье – лузга гречихи посевной. Доказана безопасность образцов лузги, химический состав представлен в таблице 1.

Установлено, что особенностью образцов лузги гречихи Свердловской области является высокое содержание пищевых волокон – 55,71 %, в том числе пектина – 3,44 % и меланина – 15,73 %.

Проведена оптимизация процесса выделения меланина из лузги гречихи (рисунок 1).



Таблица 1 – Химический состав образцов гречневой лузги ( $n = 3, M \pm m$ )

Состав	Содержание в зависимости от года урожая, %			Среднее значение, %
	2018	2019	2020	
Влага	4,50 ± 0,10	4,40 ± 0,10	4,60 ± 0,10	4,50 ± 0,10
Зола	2,20 ± 0,10	2,00 ± 0,10	2,00 ± 0,10	2,07 ± 0,10
Пищевые волокна (в пересчете на сухое вещество), в том числе:				
– целлюлоза	54,25 ± 2,20	57,40 ± 2,20	55,48 ± 2,20	55,71 ± 2,20
– гемицеллюлоза	16,00 ± 1,00	18,50 ± 1,00	17,80 ± 1,00	17,43 ± 1,00
Пектиновые вещества	3,20 ± 0,50	3,40 ± 0,50	3,73 ± 0,50	3,44 ± 0,50
Лигнин и другие нерастворимые компоненты	29,45 ± 1,00	28,00 ± 1,00	29,08 ± 1,00	28,84 ± 1,00
Меланин	15,70 ± 0,40	15,90 ± 0,40	15,60 ± 0,40	15,73 ± 0,40
Полифенольные вещества	0,25 ± 0,03	0,30 ± 0,03	0,32 ± 0,03	0,29 ± 0,03

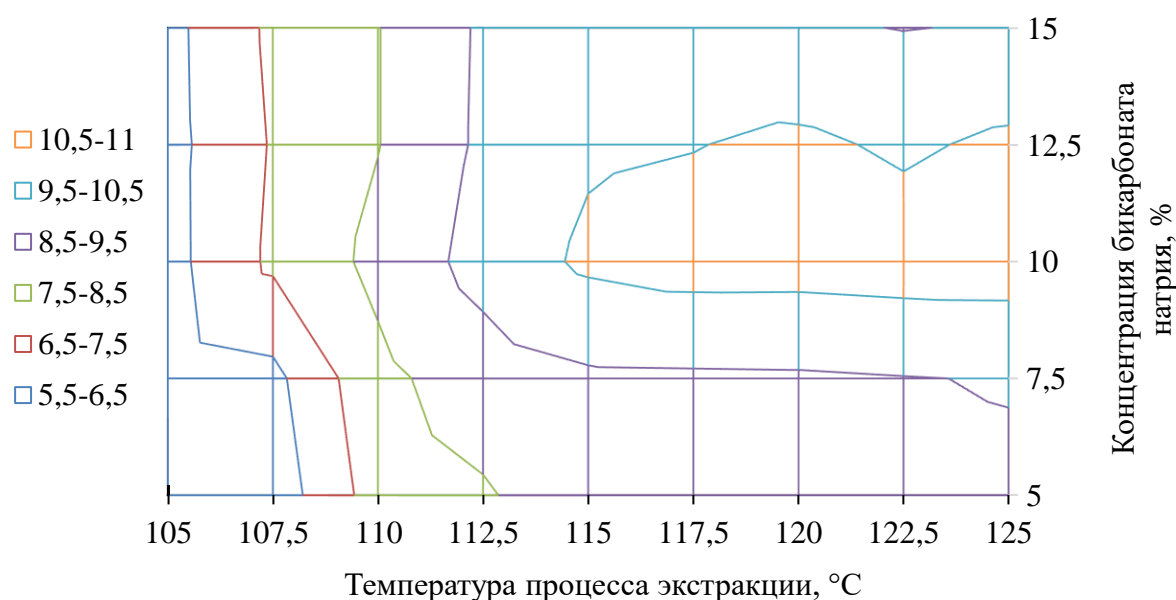


Рисунок 1 – Динамика выхода меланина в зависимости от условий процесса экстракции

Определена оптимальная температура для выделения меланина из лузги гречихи – не менее 115–120 °С, при концентрации экстрагента в диапазоне 10,0–12,5 %. Блок-схема получения меланина из лузги гречихи посевной приведена на рисунке 2. Выход меланина в указанных условиях составляет  $(10,1 \pm 0,8)$  % от массы сырья. Разработанная технология выделения меланина является оригинальной, что подтверждено патентом РФ, и отличается сокращением временных затрат на реализацию процесса не менее чем в 4 раза, а также обеспечивает высокий выход целевого продукта с низким содержанием балластных примесей сырья: пектина и гемицеллюлоз.

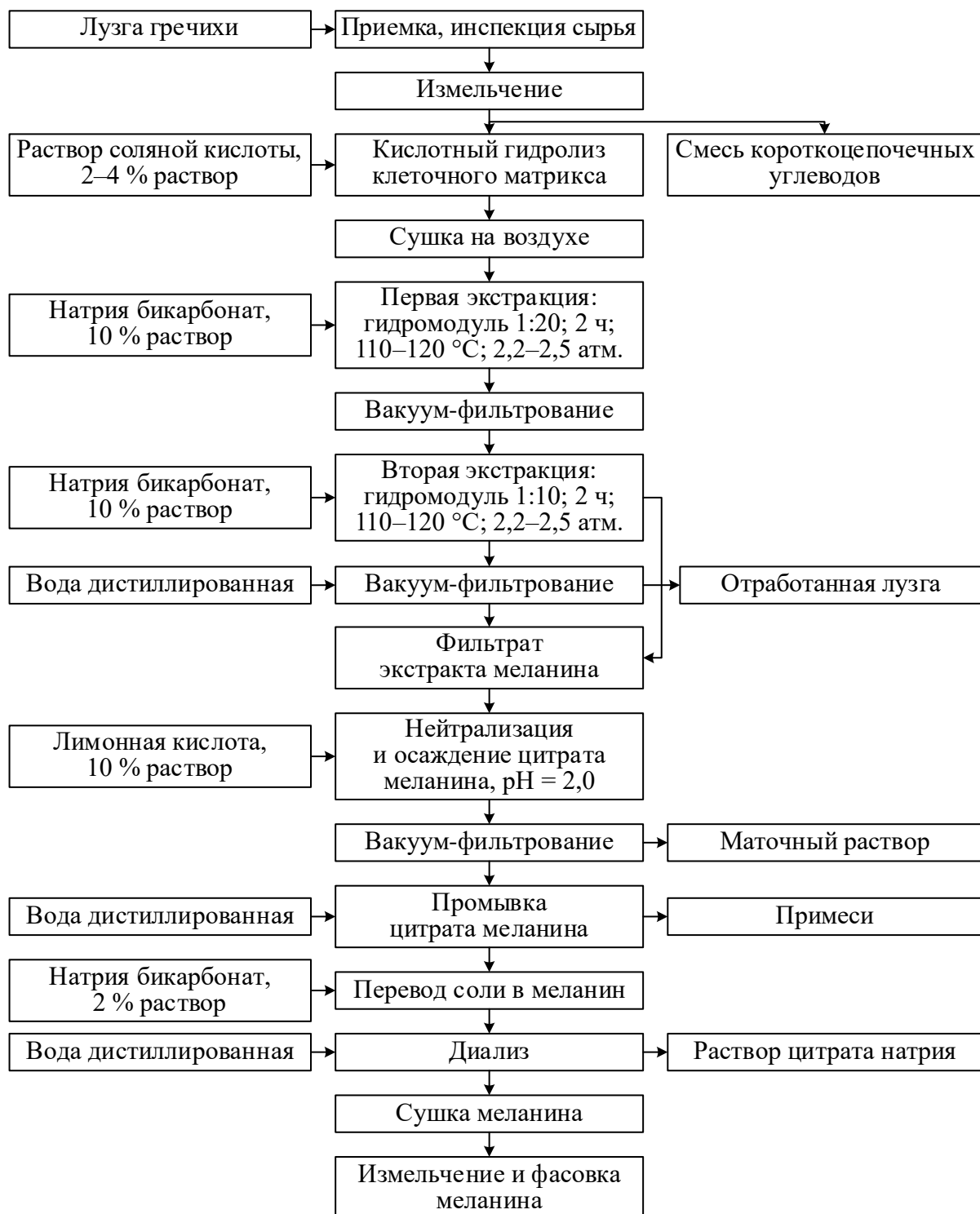


Рисунок 2 – Блок-схема получения меланина из лузги гречихи посевной

При исследовании безопасности образцов меланина и какао-порошка установлено, что концентрация тяжелых металлов во всех образцах находится на допустимом ТР ТС 021/2011 уровне, в опытном образце меланина – минимальное содержание всех определяемых элементов.

Микробиологическая безопасность объектов исследования подтверждена в эксперименте (таблица 2).

Таблица 2 – Микробиологические показатели образцов ( $n = 3$ ,  $M \pm m$ )

Показатель	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011	Образцы меланина		Образец 3 какао-порошка
		1 опытный	2 контрольный	
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^5$	$0,2 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	$0,5 \cdot 10^5$
Масса продукта, г, в которой не допускаются: БГКП (колиформы) патогенные, в том числе <i>Salmonella</i>	0,01 25	Не выделено Не выделено		
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 100	3	7	60
Плесени, КОЕ/г	Не более 100	4	8	60

*Исследование острой фармакологической токсичности выделенного образца меланина по методу Кербера выявило, что у мышей (доза 100–500 мг/кг) в течение срока наблюдения (14 сут) не было клинических признаков интоксикации. При расчете параметров острой токсичности установлено, что при пероральном введении меланина мышам  $LD_{50}$  составила 1 193,5 мг/кг массы тела. С уменьшением суточной дозы меланина до 6,25–7,25 мг/кг при наблюдении в течение 14 сут негативные эффекты у животных не отмечены. С учетом коэффициента пересчета для человека массой тела 75 кг безопасная доза меланина составляет 46 мг.*

Консистенция образцов меланина однородная порошкообразная, без ощущения крупинки при растирании между пальцами, запах и вкус – свойственные зерну гречихи без посторонних привкусов и запахов; по внешнему виду и текстуре похожи на какао-порошок, однако цвет их более выражен, у опытного образца более интенсивный, коричнево-черный (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели образцов ( $n = 3$ ,  $M \pm m$ )

Показатель	Требования ГОСТ 108-2014 (для производственного какао-порошка)	Какао-порошок	Меланин	
			контроль	опыт
М. д. влаги, %	Не более 7,5	$5,2 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,3$
М. д. жира (масла какао), %	От 9,0 до 12,0	$9,4 \pm 0,7$	–	–
Степень измельчения – остаток после просева, %	Не более 2,0	$1,0 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,1$	$1,8 \pm 0,1$
Показатель активной кислотности, ед. рН	Не более 7,1	6,3	7,0	6,9
М. д. общей золы, %	Не более 6,0	$4,9 \pm 0,6$	$5,2 \pm 0,6$	$5,4 \pm 0,6$
М. д. золы, не растворимой в растворе HCl м. д. 10 %, %	Не более 0,2	$0,12 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,02$
М. д. металломагнитной примеси, %	Не более 0,0003	Отсутствует		

Дисперсный состав образцов какао-порошка и опытного меланина был практически идентичным: с размером частиц от 25 до 55 мкм и от 15 до 45 мкм соответственно.

Определены ВУС и ЖУС образцов. Пик ВУС опытного меланина отмечался через 1 ч набухания и составил 14,9 %. Максимальная ЖУС опытного меланина составила 9,0 %, что является достаточно высоким значением и способствует сохранности массы продукта при хранении.

Для использования меланина в качестве возможной замены части какао-порошка при изготовлении ККГ исследованы цветовые характеристики образцов, определены интенсивность и оттенок цвета (рисунок 3).



Рисунок 3 – Оптические характеристики образцов какао-порошка и меланина

Установлено, что интенсивность цвета образцов меланина в 1,8–2,0 раза выше по сравнению с какао-порошком, что говорит о его более высокой красящей способности. Значение оттенка цвета для меланина на 16 % выше, чем у какао-порошка, что свидетельствует о большей интенсивности желто-коричневых тонов в цвете меланина.

Как известно из теории цвета, любой цвет формируется путем смешивания трех основных цветов: синего, красного и желтого. В эксперименте определено соотношение синего, красного и желтого пигментов, формирующих цвет какао-порошка и меланина, показавшее схожую хроматическую структуру цвета образцов (рисунок 4, цветом показана доля пигментов).

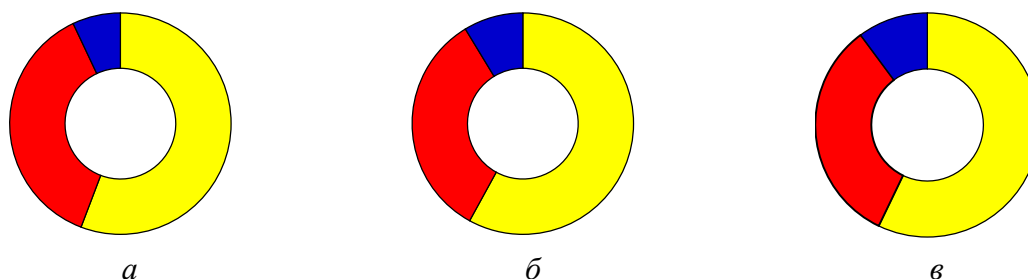


Рисунок 4 – Хроматическая структура цвета образцов какао-порошка (а), контрольного (б) и опытного меланина (в)

Определена светостойкость образцов (рисунок 5). В составе пищевых систем меланин показывает более высокую стабильность к воздействию света, соответственно цвет ККГ с его добавлением будет сохраняться даже при длительной экспозиции готового продукта.

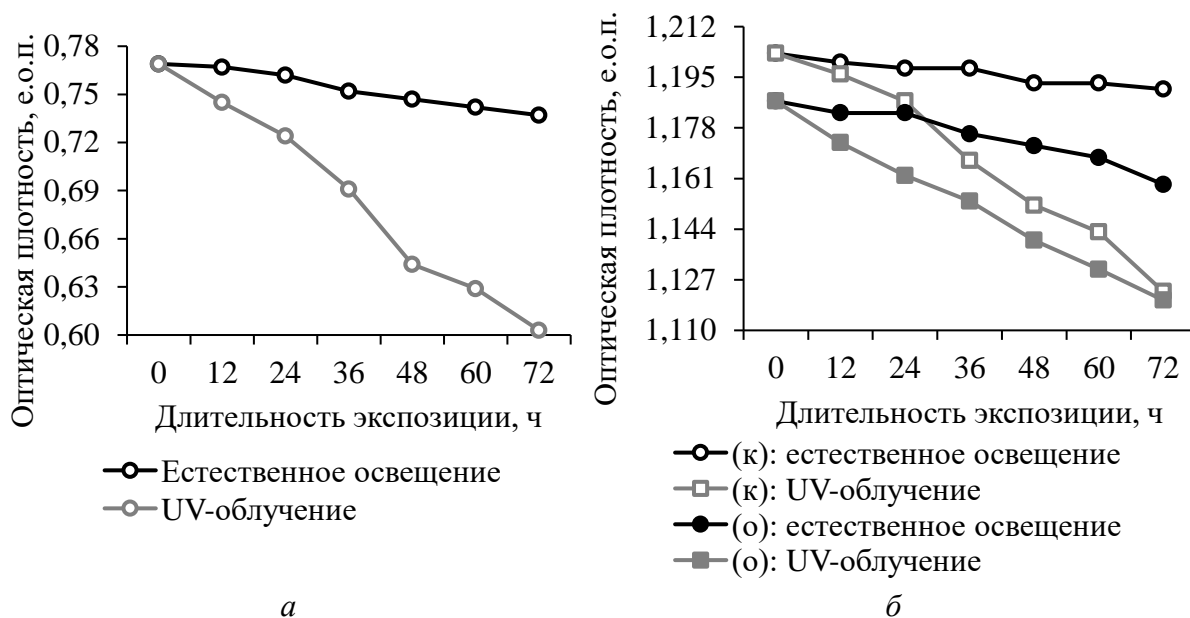


Рисунок 5 – Динамика стабильности окраски растворов какао-порошка (а), контрольного и опытного растворов меланина (б) под действием естественного освещения и ультрафиолетового облучения

Доказаны функциональные свойства образцов меланина: СС – 1 мл 0,5 % раствора меланина связывает 9,666 мг меди; АОА 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина. АОА образца меланина подтверждена в эксперименте *in vitro* (таблица 4). Как видно из представленных данных, меланин увеличивал скорость КАТ и ГР реакций.

Таблица 4 – Влияние меланина на активность ГР и КАТ *in vitro*

Вариант опыта	Скорость реакции ( $M \pm m$ )			
	ГР		КАТ	
	мкмоль/мин на 1 мг белка	% от контроля	мкмоль/мин на 1 мг белка	% от контроля
Контроль	$2,09 \pm 0,08$	100	$1,02 \pm 0,03$	100
Меланин, 3,3 мкг/мл	$2,24 \pm 0,05^*$	107	$1,15 \pm 0,05^*$	113
Меланин, 6,6 мкг/мл	$2,15 \pm 0,06$	103	$1,19 \pm 0,04^*$	117

Примечание – \* Критический уровень значимости  $P$  при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Таким образом, меланин может быть использован как пищевой краситель растительного происхождения, обладающий дополнительно АОА

и СС. По результатам проведенных исследований разработаны ТУ и ТИ «Пищевой ингредиент меланин».

В четвертой главе представлены результаты исследований по разработке рецептуры и технологии приготовления ККГ с меланином и глазированного печенья сдобного.

С целью изучения осведомленности о растительных БАВ, функциональных продуктах питания, а также оценки потребительских предпочтений в отношении кондитерских изделий, обогащенных растительными пищевыми ингредиентами – БАВ, проведен социологический опрос в социальной сети «ВКонтакте» (560 чел.). Установлено, что важными показателями глазированных кондитерских изделий потребители считают, балл: безопасность – 9,1; внешний вид – 8,0; состав – 7,9; вкус – 7,8 (рисунок 6). При грамотном позиционировании изделий, покрытых ККГ с БАВ, можно занять определенный сегмент рынка.









Рисунок 6 – Критерии выбора глазированных кондитерских изделий, балл

Исследовано влияние меланина на цветовые характеристики ККГ. Рассмотрено пять опытных образцов ККГ на основе неалкализованного какао-порошка, а также содержащих 3; 5; 7 и 10 % порошка меланина как замены какао-порошку, в сравнении с ККГ на основе алкализованного какао-порошка.

Для исследования цветовых характеристик ККГ образцами покрывали белые пластины, давали застыть, а затем в белом боксе делали снимки поверхности глазурей. Снимки обрабатывали с помощью ПК и определяли координаты цвета ККГ в модели RGB. Затем, используя цветовой конвертер, находили координаты цвета в трихроматической модели XYZ (таблица 5).

Таблица 5 – Цветовые характеристики поверхности ККГ

Образец глазури	Координаты цвета в модели RGB			Относительные цветовые координаты			Визуальная интерпретация цветовых координат
	R	G	B	X	Y	Z	
1 (контроль)	45,0	4,0	0,0	1,191	0,671	0,048	
2	101,0	18,0	7,0	5,938	3,342	0,392	
3	85,0	14,0	5,0	4,152	2,345	0,278	
4	75,0	28,0	19,0	3,609	2,437	0,676	
5	63,0	21,0	15,0	2,525	1,673	0,483	
6	49,0	7,0	1,0	1,425	0,838	0,085	

Опытный образец 6, содержащий 15 % неалкализованного какао-порошка и 10 % порошка меланина, практически не имел различий в цвете поверхности ККГ с контрольным образцом с алкализованным какао-порошком в количестве 25 % (образец 1). В связи с этим в дальнейших исследованиях объектами послужили два этих образца: 1 – контрольный, 2 – опытный.

Проведена оптимизация рецептуры ККГ, содержащей какао-порошок и меланин, с целью расчета минимальной себестоимости путем поиска решения линейной задачи симплекс-методом. Себестоимость глазури на основе какао-порошка составляет 242,43 р./кг, глазури с добавлением порошка меланина до оптимизации – 237,92 р./кг, после оптимизации – 234,92 р./кг. Таким образом, экономический эффект от внедрения оптимизированной рецептуры составит 4,51 р./кг, а общий экономический эффект от замены части какао-порошка в рецептуре ККГ на порошок меланина – 7,51 р./кг.

Дегустаторам (кондитерам предприятий общественного питания) были предложены два образца ККГ: 1 – контрольный, 2 – опытный.  $K_{вес}$  определены оценщиками эмпирическим путем с учетом значимости показателей (таблица 6). Наиболее предпочтительным оказался опытный образец 2 с меланином, особенно с учетом  $K_{вес}$ , – в основном за счет цвета и консистенции.

Таблица 6 – Дегустационная оценка опытных образцов ККГ

Показатель	$K_{вес}$	Образец 1		Образец 2	
		Оценка*	С учетом $K_{вес}$	Оценка*	С учетом $K_{вес}$
Внешний вид	0,10	8,50	0,85	8,50	0,85
Цвет	0,30	9,00	2,70	9,50	2,85
Вкус	0,15	8,50	1,275	8,60	1,29
Послевкусие	0,05	8,50	0,425	8,60	0,43
Консистенция	0,40	8,50	3,4	8,80	3,52
Суммарный балл	1,00	43,00	8,65	44,2	8,94
Примечание – * Средний балл семи оценщиков.					

Физико-химические свойства образцов ККГ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Физико-химические свойства образцов ККГ

Показатель	Требования ГОСТ Р 53897-2010	Образец 1	Образец 2
Степень измельчения, %	Не менее 92,0	94,8 ± 1,4	95,7 ± 1,4
М. д. золы, нерастворимой в 10 % растворе HCl, %	Не более 0,1	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01
М. д. влаги, % (при ОВВ (60 ± 2) %)	Не регламентируется	13,0 ± 0,8	12,8 ± 0,8
Перекисное число, ммоль/кг		3,1 ± 0,3	2,4 ± 0,2
Плотность, кг/м <sup>3</sup>		1 321,0 ± 16,0	1 345,0 ± 21,0

Исследованы реологические показатели образцов ККГ (таблица 8). В эксперименте установлено, что реологические свойства образца глазури 2 аналогичны контрольному образцу 1.

Таблица 8 – Реологические показатели образцов ККГ ( $n = 3$ ,  $M \pm m$ )

Показатель	Образец 1			Образец 2		
	Значение показателя при температуре, °С					
	35	40	45	35	40	45
Доля частиц размером 10–35 мкм, %	31,0			63,0		
Пластическая вязкость по Кассону, Па·с*	3,23 ± 0,1	2,83 ± 0,1	2,53 ± 0,1	3,70 ± 0,1	3,10 ± 0,1	2,70 ± 0,1
Предел текучести по Кассону, Па	7,20 ± 0,1	5,00 ± 0,1	4,40 ± 0,1	7,70 ± 0,1	5,20 ± 0,1	4,70 ± 0,1
Примечание – * Па·с – в течение 5 секунд.						

Исследованы технологические свойства образцов ККГ и влияние ее состава на сохраняемость и функциональные свойства МКИ – печенье сдобное (по классической рецептуре). Расход ККГ с учетом потерь составил 100 г на 1 кг МКИ с толщиной пленки глазури:

- образца 1 – (0,600 ± 0,002) мм;
- образца 2 – (0,650 ± 0,002) мм.

Для установления влияния состава ККГ с меланином на срок хранения глазированных МКИ образцы печенья в герметичном полиэтиленовом пакете хранили при  $T = (18 \pm 3) ^\circ\text{C}$  и ОВВ не более 75 % без прямого воздействия солнечных лучей в течение 35 сут; контроль – неглазированный образец печенья (таблица 9).

По значениям физико-химических показателей оба образца соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014.



Таблица 9 – Физико-химические показатели образцов печенья в течение срока опытного хранения ( $n = 3, M \pm m$ )

Образец печенья	Срок хранения, сут	Показатель		
		Щелочность, град	Намокаемость, %	Массовая доля влаги, %
1	Свежее	$0,06 \pm 0,01$	$151,1 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,1$
	15	$0,02 \pm 0,01$	$118,0 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,1$
	35	$0,02 \pm 0,01$	$110,8 \pm 0,3$	$1,6 \pm 0,1$
2	Свежее	$0,06 \pm 0,01$	$151,6 \pm 0,3$	$3,2 \pm 0,1$
	15	$0,04 \pm 0,01$	$120,5 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,1$
	35	$0,02 \pm 0,01$	$111,3 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,1$
Норма по ГОСТ 24901-2014	–	Не более 2	Не менее 110	Не более 15

Установлено, что при хранении в течение 35 сут в образцах не обнаружены БГКП, однако увеличилась общая бактериальная обсемененность: содержание плесеней в обоих образцах, при этом в образце 2 печенья их общее количество ниже в 2 раза; обнаружены дрожжи, но в образце 2 их меньше в 3 раза, что можно объяснить меньшей гигроскопичностью ККГ с меланином. Образцы не черствели 35 сут, так как глазирование влияет на биологические, коллоидные и микробиологические процессы. В образцах МКИ отмечалось равномерное снижение СС продукта в процессе хранения, что, вероятно, связано с протеканием ряда химических процессов, в том числе связыванием центров хемосорбции с молекулами воды. АОА образцов снижалась пропорционально длительности хранения.

### Заключение

Доступным источником меланина может выступать лужга гречихи посевной благодаря своему химическому составу, невысокой стоимости и доступности. Экспериментальные данные о свойствах меланина, в том числе технологических, позволяют его рассматривать как ингредиент, который может частично заменить какао-порошок в составе кондитерской какао-содержащей глазури. Технологическая схема производства кондитерской какао-содержащей глазури с частичной заменой неалкализированного какао-порошка порошком меланином не требует изменения, и потому новые виды глазури можно производить на всех типах профильных предприятий.

На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Разработан способ получения пищевого ингредиента порошка меланина из лужги гречихи посевной с проведением процесса экстрагирования в условиях избыточного давления в качающемся автоклаве, эффективность которого состоит в: получении меланина без примесей – гемицеллюлоз и пектина, высоком выходе меланина 15,3–17,9 % и сокращении времени экс-

трагирования. Разработанный технологический подход позволит перерабатывать доброкачественную и безопасную лузгу гречихи Уральского региона (содержащую в среднем 24,9 % клетчатки, 7,23 % пектиновых веществ, 15,73 % меланина, а также полифенольные вещества, гемицеллюлозу, лигнин и другие нерастворимые компоненты), в пищевой ингредиент – краситель, антиоксидант, биосорбент и альтернатива какао-порошку.

2. В эксперименте доказана безопасность выделенных образцов меланина, которые по внешнему виду и текстуре похожи на какао-порошок, однако их цвет наиболее интенсивный, коричнево-черный. Установлено, что дисперсный состав какао-порошка и опытного образца меланина практически идентичны; растворимость в воде опытного образца составила 26,6 %, ВУС – 14,9 %, ЖУС – 9,0 %; интенсивность цвета образцов меланина превышает аналогичный показатель какао-порошка в 1,8–2,0 раза, что говорит о его более высокой красящей способности; значение оттенка цвета для меланинов также выше по сравнению с образцами какао-порошка (на 16 %), что свидетельствует о большей интенсивности желто-коричневых тонов в цвете меланина. Доказано, что светостойкость образца какао-порошка оказалась почти в 2 раза ниже по сравнению с образцами меланина; температурная стабильность растворов меланина выше, чем растворов какао-порошка. Установлена способность опытного образца меланина связывать ионы меди: 1 г 0,5 % раствора экстракта меланина связал 966,6 мг/мл меди, а АОА 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина.

3. Предложен применимый на практике метод исследования комплекса оптических характеристик темноокрашенных порошкообразных пищевых ингредиентов, позволяющий исследовать и прогнозировать интенсивность цвета кондитерских глазурей.

4. Установлено, что опытный образец кондитерской какао-содержащей глазури (15 % неалкализованного какао-порошка и 10 % порошка меланина), практически не имеет различий в цвете поверхности глазури с контрольным образцом (25 % алкализованного какао-порошком). Разработана и оптимизирована по себестоимости рецептура кондитерской какао-содержащей глазури с меланином, определен комплекс свойств, показывающих соответствие требованиям ГОСТ Р 53897-2010: по органолептическим показателям опытный образец глазури превосходит контрольный; перекисное число опытного образца ниже (2,4 ммоль/кг), что свидетельствует о большей стабильности в хранении и устойчивости к прогорканию. Установлено, что значения пластической вязкости и предела текучести уменьшаются с повышением температуры в обоих образцах. Дополнительно была исследована эффективная вязкость глазурей при скорости сдвига  $1,36 \text{ с}^{-1}$  и температуре 40 °С. Установлено, что эффективная вязкость опытного образца кондитерской какао-содержащей глазури ниже, чем у контрольного, поскольку жир, содержащийся в какао-порошке и оказывающий наибольшее

влияние на данный показатель, отсутствует в порошке меланина, а твердость – выше.

5. Опытные образцы глазированного печенья имеют высокое качество, соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014, однако контрольный образец оценен несколько ниже за счет отсутствия блеска у глазурного покрытия. По совокупности исследуемых показателей срок годности глазированного сдобного печенья составляет до 35 сут. СС и АОО образца 2 печенья (глазурь с меланином) выше на протяжении всего срока хранения, что объясняется более высокими начальными значениями и более высокой функциональной способностью меланина.

6. Разработана техническая документация на пищевой ингредиент меланин (ТУ и ТИ 10.89.19-000-02069214-2021 «Пищевой ингредиент меланин») и глазурь кондитерскую какаоcодержащую (ТУ и ТИ 10.82.21.120-02069214-2021 «Глазурь кондитерская какаоcодержащая»). Проведена промышленная апробация на предприятиях Свердловской области.

## **Список работ, опубликованных автором по теме диссертации.**

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

1. Школьникова, М. Н. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей / М. Н. Школьникова, **Е. А. Кадрицкая**. – DOI 10.17586/2310-1164-2020-10-4-22-28 // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2020. – № 4. – С. 22–28.

2. **Кадрицкая, Е. А.** Исследование технологических свойств меланина для использования в составе какаоcодержащих кондитерских глазурей / Е. А. Кадрицкая, М. Н. Школьникова. – DOI 10.46548/21vek-2021-1056-0031 // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – Т. 10, № 4 (56). – С. 155–159.

3. Школьникова, М. Н. Показатели безопасности меланина как ингредиента кондитерских полуфабрикатов / М. Н. Школьникова, **Е. А. Кадрицкая**. – DOI 10.37493/2307-910X.2021.4.9 // Современная наука и инновации. – 2021. – № 4 (36). – С. 94–101.

4. Рожнов, Е. Д. Подходы к оценке характеристик цвета фитомеланина для использования в качестве альтернативы какао-порошка / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьникова, **Е. А. Кадрицкая** [и др.]. – DOI 10.36718/1819-4036-2022-2-209-216 // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 2. – С. 209–216.

5. **Кадрицкая, Е. А.** Обоснование состава кондитерской глазури с меланином из гречневой лузги / Е. А. Кадрицкая, М. Н. Школьникова, Л. А. Кокорева [и др.]. – DOI 10.46548/21vek-2022-1157-0011 // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11, № 1 (57). – С. 58–63.

6. Рожнов, Е. Д. Экспрессный метод оценки цветовых характеристик какаоcодержащих пищевых систем / Е. Д. Рожнов, М. Н. Школьникова, **Е. А. Кадрицкая**, А. В. Арисов. – DOI 10.29141/2500-1922-2022-7-4-5 // Индустрия питания. – 2022. – Т. 7, № 4. – С. 44–49.

## Статьи в изданиях, индексируемых в международных базах данных

7. Chugunova, O. Buckwheat husk processing products as a factor of a stable food market development / O. Chugunova, M. Shkolnikova, **E. Kadritskaya**. – DOI 10.1051/e3sconf/202020801009 // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 208. – Art. 01009.

## Свидетельства и патенты

8. Патент № 2780731 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. Способ выделения меланина из лузги гречихи : № 2021116176 : заявл. 02.06.21 : опубл. 29.09.2022 / Я. В. Уразова, Е. Д. Рожнов, Л. А. Бахолдина, **Е. А. Кадрицкая** [и др.].

## Прочие публикации

9. **Кадрицкая, Е. А.** Система продовольственной безопасности: основные направления / Е. А. Кадрицкая, О. В. Чугунова // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего : сб. материалов IV Междунар. науч.-практ. конф. (Кемерово, 30 ноября 2016 г.). – Кемерово : ЗапСибНЦ, 2016. – Т. II. – С. 106–109.

10. Арисов, А. В. Влияние социального фактора на заболеваемость детского населения региона / А. В. Арисов, **Е. А. Кадрицкая** // Урал – XXI век: регион инновационного развития : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 29–30 ноября 2017 г.) : в 2 т. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2017. – Т. 2. – С. 189–193.

11. **Кадрицкая, Е. А.** Оценка рациона питания детей по углеводному составу / Е. А. Кадрицкая // Конкурентоспособность территорий : материалы Всерос. форума молодых ученых с междунар. участием в рамках VII Евраз. экон. форума молодежи (Екатеринбург, 17–19 апреля 2017 г.) : в 8 ч. – Екатеринбург : УрГЭУ, 2017. – Ч. 8. – С. 90–96.

12. **Кадрицкая, Е. А.** Оценка соответствия фактического рациона питания физиологическим нормам питания детей в дошкольных образовательных организациях / Е. А. Кадрицкая, О. В. Чугунова // Товарный консалтинг и аудит потребительского рынка : материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф. (Бийск, 7 июня 2017 г.). – Бийск : АлтГТУ, 2017. – С. 132–137.

13. Пономарев, А. С. Теоретические и практические подходы к формированию правильной структуры питания детей / А. С. Пономарев, **Е. А. Кадрицкая** // Региональный рынок потребительских товаров и продовольственная безопасность в условиях Сибири и Арктики : материалы VIII Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. (Тюмень, 26 апреля 2019 г.). – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 28–33.

14. Школьникова, М. Н. Исследование состава лузги гречихи посевной / М. Н. Школьникова, **Е. А. Кадрицкая** // Пища. Экология. Качество : тр. XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 18–19 ноября 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 732–735.

15. Чугунова, О. В. Использование сухого экстракта меланина в производстве мучных кондитерских изделий / О. В. Чугунова, **Е. А. Кадрицкая** // e-FORUM. – 2020. – № 4 (13). – URL: <https://eforum-journal.ru/ru/vypuski-2020?id=289>.

16. **Кадрицкая, Е. А.** К вопросу использования полученного ферментолитом лузги гречихи меланина в кондитерских полуфабрикатах / Е. А. Кадрицкая, М. Н. Школьников // Биотехнология новых материалов – окружающая среда – качество жизни : материалы IV Междунар. науч. конф. (Красноярск, 10–13 октября 2021 .). – Красноярск : СФУ, 2021. – С. 214–215.

17. Школьников, М. Н. К вопросу замены какао-продуктов в кондитерских глазурях / М. Н. Школьников, **Е. А. Кадрицкая**, Я. В. Уразова, Ю. А. Балахнин // Товароведно-технологические аспекты повышения качества и конкурентоспособности продукции : сб. материалов Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием (Новосибирск, 18 ноября 2021 г.). – Новосибирск : СибУПК, 2021. – С. 43–48.

18. Школьников, М. Н. Исследование меланина для использования в составе кондитерских глазурей / М. Н. Школьников, **Е. А. Кадрицкая**, А. Г. Бочкова // e-FORUM. – 2021. – Т. 5, № 4. – URL: <https://usue-journal.ru/ru/vypuski-2021?id=336>.

19. **Кадрицкая, Е. А.** Применение меланина в пищевой промышленности / Е. А. Кадрицкая, М. Н. Школьников. – DOI 10.31208/2618-7353-2022-19-44-51 // Аграрно-пищевые инновации. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 44–51.

20. **Кадрицкая, Е. А.** К вопросу использования меланина в пищевой промышленности / Е. А. Кадрицкая // Материалы Международной научно-практической конференции им. Д. И. Менделеева, посвященной 90-летию профессора Р. З. Магарила (Тюмень, 25–27 ноября 2021 г.). – Тюмень : ТИУ, 2022. – Т. 1. – С. 343–346.

21. Чугунова, О. В. Применение растительного меланина как пищевого красителя в кондитерской глазури / О. В. Чугунова, М. Н. Школьников, **Е. А. Кадрицкая**. – DOI 10.33920/igt-01-2209-02 // Товаровед продовольственных товаров. – 2022. – № 9. – С. 12–19.

## Список сокращений и условных обозначений

АОА – антиоксидантная активность.

ВУС – влагоудерживающая способность.

ГР – глутатионредуктазная ферментная реакция.

ЖУС – жирудерживающая способность.

КАТ – каталазная ферментная реакция.

$K_{\text{вес}}$  – коэффициент весомости.

ККГ – кондитерская какао-содержащая глазурь.

М. д. – массовая доля.

МКИ – мучные кондитерские изделия.

ПК – персональный компьютер.

СС – сорбционные свойства.

ФПИ – функциональный пищевой ингредиент.

UV – ультрафиолетовое излучение, ультрафиолетовый свет.

Подписано в печать 19.05.2023.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. 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