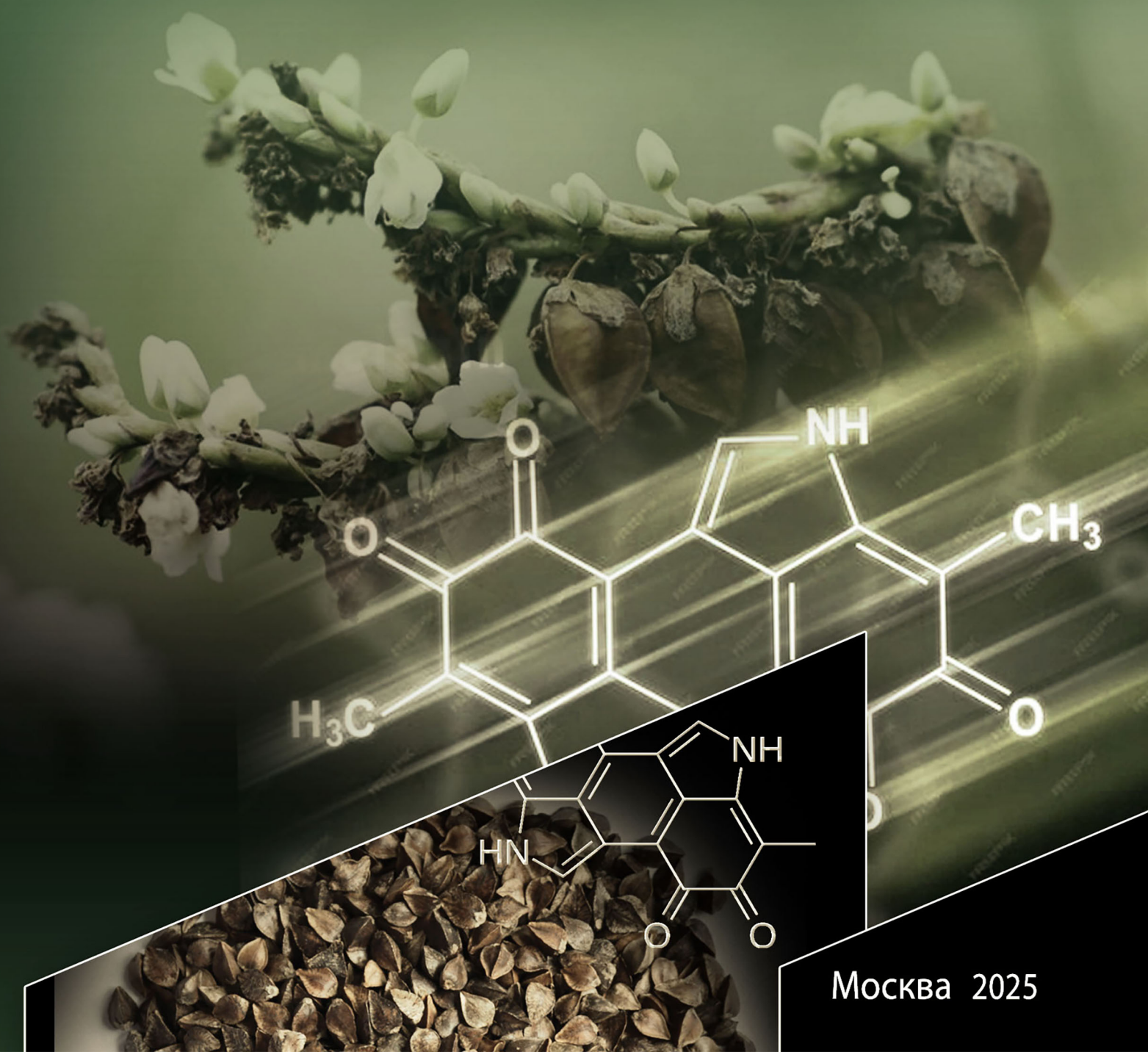


ШКОЛЬНИКОВА М.Н., РОЖНОВ Е.Д., УРАЗОВА Я.В., КАДРИЦКАЯ Е.А.

МЕЛАНИН ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ: ВЫДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

МОНОГРАФИЯ



Москва 2025

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный экономический университет»
(УрГЭУ)**

Школьников М.Н., Рожнов Е.Д., Уразова Я.В., Кадрицкая Е.А.

**МЕЛАНИН ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ:
ВЫДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА,
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Монография

Москва
Альпен-Принт
2025

УДК 577.15:664.292.3
ББК 36.973+28.707
Ш70

Рекомендована к печати:

Ученым Советом Уральского государственного экономического университета

Авторы:

Школьников М.Н. – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологии питания УрГЭУ

Рожнов Е.Д. – доктор технических наук, профессор кафедры биотехнологии и инжиниринга УрГЭУ

Уразова Я.В. – старший преподаватель кафедры биотехнологии Бийского технологического института (филиала) АлтГТУ

Кадрицкая Е.А. – кандидат технических наук, директор Школы сервиса и гостеприимства УрГЭУ

Рецензенты:

Давыденко Н.И. – доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии и организации общественного питания, Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Обрезкова М.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета, г. Бийск

Ш70 **Школьников М.Н., Рожнов Е.Д., Уразова Я.В., Кадрицкая Е.А.**

Меланин из лузги гречихи: выделение, свойства, использование : монография / М.Н. Школьников, Е.Д. Рожнов, Я.В. Уразова, Е.А. Кадрицкая. — Москва : ООО «Альпен-Принт», 2025. — 123 с. : ил.
ISBN 978-5-6054139-1-2

В монографии представлены результаты комплексного исследования, посвященного получению, изучению свойств и применению меланина, выделенного из лузги гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum*). В работе описаны строение и свойства меланинов, обобщены их природные источники и области применения. Разработаны рецептуры и изучены свойства кондитерских глазурей с частичной заменой какао-порошка на меланин, показавшие их соответствие стандартам и высокие органолептические характеристики. Монография предназначена для специалистов в области пищевых биотехнологий, технологии продуктов питания, студентов и аспирантов профильных специальностей, а также для практиков пищевой промышленности.

УДК 577.15:664.292.3
ББК 36.973+28.707

© Школьников М.Н., Рожнов Е.Д., Уразова Я.В., Кадрицкая Е.А., 2025

© ООО «Альпен-Принт», 2025

ISBN 978-5-6054139-1-2

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. МЕЛАНИН: СТРОЕНИЕ И ИСТОЧНИКИ	6
ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛАНИНА В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ	12
2.1 Технологии продуктов питания	12
2.2 Первичная упаковка продуктов питания	15
ГЛАВА 3. ЛУЗГА ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ FAGOPYRUM ESCULENTUM КАК ИСТОЧНИК МЕЛАНИНА	20
3.1 Исследование качества и состава образцов лузги гречихи посевной..	24
3.2 Выделение и идентификация меланина.....	28
3.3 Исследование безопасности образцов меланина	34
3.4 Исследование острой фармакологической токсичности образца меланина.....	38
ГЛАВА 4. МЕЛАНИН КАК АЛЬТЕРНАТИВА КАКАО-ПОРОШКУ	42
4.1 Оценка технологической пригодности меланина из лузги гречихи посевной для использования в кондитерских полуфабрикатах	46
4.1.1. Технологические свойства образцов меланина в сравнении с какао-порошком.....	46
4.1.2. Оценка характеристик и стойкости цвета образцов меланина для использования в качестве альтернативы какао-порошку	57
4.2 Функциональные свойства образцов меланина	62
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ГЛАЗУРЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОРОШОК МЕЛАНИНА	68
5.1 Обоснование рецептурного состава образцов глазурей.....	68
5.2 Исследование свойств образцов глазури	76
5.3 Применение глазури с меланином в технологии мелкоштучных кондитерских изделий.....	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	101

ВВЕДЕНИЕ

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. В виду 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.

Исследования по использованию нетрадиционных сырьевых ингредиентов в рецептурах кондитерской глазури обусловлены рядом причин, основные из которых – постоянно растущие стоимость какао-бобов и спрос на них при практически неизменном объеме производства какао-продуктов, нестабильная ситуация на рынке. Именно поэтому поиск альтернативных заменителей какао-продуктов имеет большое значение. При таком сценарии в качестве альтернативных заменителей какао-продуктов возможно и необходимо использование нетрадиционных ингредиентов, в том числе местных и полученных из вторичных сырьевых ресурсов, для снижения содержания какао в кондитерских полуфабрикатах и изделиях.

Вышеизложенное доказывает необходимость комплексных исследований пищевого ингредиента меланина из лузги гречихи посевной для его использования в технологии кондитерских полуфабрикатов, чему посвящена данная монография.

Авторы не претендуют на всеобъемлющую полноту раскрытия всех аспектов обсуждаемой темы, и с благодарностью примут, и учтут все пожелания и замечания специалистов, направленные на улучшение данной монографии.

ГЛАВА 1. МЕЛАНИН: СТРОЕНИЕ И ИСТОЧНИКИ

Меланин представляет собой природный высокомолекулярный пигмент, который содержится в тканях микроорганизмов, растений, животных, человека, а также ряде пищевых продуктов (ферментированный чай, кофе, гречиха и др.).

Экспериментальные исследования по изучению природы меланина, его биохимической роли в клетке и особенностей метаболизма проводятся с 1960-х гг. Однако полимерная структура меланина настолько сложна и разнообразна, что структурная формула (или формулы) окончательно не установлена. Х. Мейсон предложил эмпирическую формулу – $C_8H_3O_2N$ [149]. Л. Майяром предложена усредненная брутто-формула: $C_{77}H_{98}O_{33}N_{14}S$, $M_m = 1\,777$ [5; 11; 23].

Меланины имеют большую молекулярную массу (1 777 Да) и фактически представляют собой азотсодержащие полиоксиданты, впервые описанные Л. Майяром (рисунок 1).

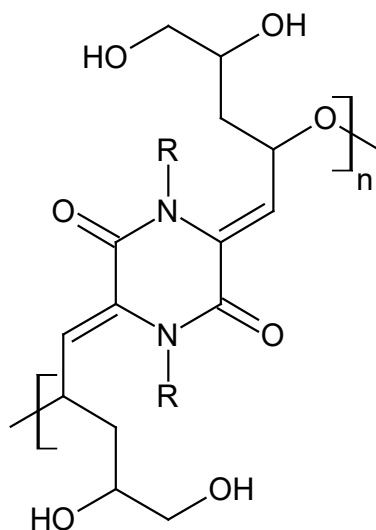


Рисунок 1 – Структурное звено меланоидина (*R*-радикалы) –
дикетопиразинохиноидная структура

Источники: [22]

Природные меланины преимущественно состоят из полимерных конъюгированных орто-дигидро-оксифенолов. Остатки полимерного меланина также содержат два ортокислорода.

Меланин ограниченно растворим в воде, но при изменении рН водного раствора с 5,5 до 2,5–2,0 выпадает в осадок в виде бурых хлопьев. Свежеосажденный меланин хорошо растворяется только в щелочной среде, а также в 80 % ацетоне и 50 % этаноле. В остальных органических растворителях меланин или не растворяется совсем (бензол, ксилол, хлороформ, петролейный эфир), или растворяется слабо (в этилацетате – до 11 %, в диэтиловом эфире – до 2,5 %). Меланин, высушенный на воздухе при повышенной температуре, почти целиком теряет свою растворимость, а высушенный в вакууме сохраняет способность растворяться в растворах гидрокарбоната натрия и щелочи. При перегонке он разлагается, образуя темную углеподобную массу [119].

Меланин является устойчивым и стабильным биополимером, без значительной деградации, поэтому его иногда считают относительно инертным веществом. Меланины довольно реакционноспособны и обладают рядом сложных структурных и физико-химических свойств в дополнение к устойчивости и деградации. Они проявляют окислительно-восстановительную активность с переносом заряда и являются выдающимся стабильным радикалом, поглотителем свободных радикалов, хелатирующим агентом для ионов, проявляют связывающую способность в отношении различных биомолекул и органических агентов (лекарств, антибиотиков и других ксенобиотиков). Эти химические свойства делают меланины востребованными пигментами во многих отношениях [134], поскольку они могут действовать как:

- ✓ окислительно-восстановительные полимеры, буферизирующие уровень других внутриклеточных окислительно-восстановительных биомолекул внутри клетки;
- ✓ поглотители радикалов, для нейтрализации активных кислородсодержащих соединений;
- ✓ ионо-хелатирующий агент и, возможно, обменник; меланин способен хелатировать ионы металлов через свои карбоксилированные и фенольные гидроксильные группы, во многих случаях с высокой эффективностью; таким

образом, он может служить для изоляции потенциально токсичных ионов металлов, защищая остальную часть клетки;

- ✓ полимеры с сильной способностью связывать различные органические молекулы, ксенобиотики и ароматические и липофильные соединения;

- ✓ защитный экран для герметизирующих и изолирующих структур, таких как споры грибов, укрепляющие клеточные стенки и экзокутикулы насекомых;

- ✓ полупроводниковые материалы с высокой емкостью, используемые для нанотехнологических устройств.

Различают меланины растительного и животного происхождения, получаемые экстракцией сырья, в том числе с использованием ферментных препаратов, и микробного происхождения, получаемые химическим и микробиологическим синтезом (таблица 1). Меланины животного и растительного происхождения различны по молекулярному составу и физико-химическим свойствам [43].

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, источники меланина весьма разнообразны как по своей природе, так и по видам. Некоторые из них являются, на наш взгляд, малопригодными для промышленного использования – чернила кальмара, сепии, семена арбуза, кунжута и османтуса и др., хотя возможно их использование в технологии крафтовых продуктов питания.

Распространенным источником получения меланина служит чага березового гриба. Однако возобновление данного сырья в природных условиях является длительным процессом [70].

Поскольку природные ресурсы некоторых источников меланина ограничены, в частности чаги, актуален поиск высокопродуктивных микроорганизмов, разработка способов их культивирования с накоплением высоких концентраций целевого продукта – меланина [99]. Таким образом, микробный синтез меланина также имеет хорошие перспективы, доказанные современными исследованиями, с использованием различных микроорганизмов как прокариотов, так и эукариотов, что обобщено в таблице 1.

Таблица 1 – Источники природных меланинов

Происхождение сырья	Вид сырья	Источники
Растительное	Семена черного кунжута	[125]
	Семена арбуза	[147]
	Семена османтуса душистого	[175]
	Каштан конский и посевной. Чай китайский. Виноград культурный. Гречиха посевная. Подсолнечник однолетний. Облепиха крушиновидная. Боб садовый (конский боб). Орех грецкий	[158]
Отходы растительного сырья	Лузга подсолнечника однолетнего	[21; 33; 76; 78; 79; 80]
	Лузга гречихи посевной	[64; 69; 81; 82]
	Листья черного риса	[155]
	Выжимки винограда	[63; 83]
	Выжимки свекольные	[62]
Каллусные, суспензионные культуры	Культуры рода <i>Nigella</i>	[154]
Животное	Чернила сепии <i>Sepiella maindroni</i> (эумеланин)	[166; 178]
	Чернила кальмара	[168; 177]
Грибы	Чага	[20; 38; 70; 71; 77]
	Трутовый гриб	[75]
	Плодовые тела древесного гриба <i>Auricularia auricula</i>	[179; 180]

Происхождение сырья	Вид сырья	Источники
Микроорганизмы (бактерии, грибы)	Черный дрожжевой грибок <i>Aureobasidium pullulans</i>	[156]
	Производственный штамм <i>Bacillus thuringiensis</i>	[122]
	<i>Alternariaalternate</i> (Fries) Keissler	[47]
	Дрожжевой грибок <i>Cryptococcus neoformans</i>	[159]
	Рекомбинантный штамм <i>Escherichia coli</i> (кишечная палочка), биосинтез из терозина	[145]
	Морские актинобактерии, выделенные из морской губки <i>Dendrilla nigra</i>	[141]
	Морская бактерия <i>Vibrio alginolyticus</i>	[144]
	Дрожжи <i>Saccharomyces neoformans</i>	[67]

Также в качестве источника меланина могут рассматриваться различные виды растительного сырья и отходы его производства при условии, что полученный меланин, как и любой другой ингредиент, будет, во-первых, нетоксичным, т. е. пригодным для употребления в качестве пищевого сырья; во-вторых, обеспечит некоторую питательную ценность организму, например, энергию и (или) питательные вещества.

Так, на основе токсикологических исследований установлено, что фитомеланин из каштана конского нетоксичен и не является мутагенным препаратом. Его токсичность очень низкая, $LD_{50} = 2\,500$ мг/кг; он обладает высокой антиоксидантной активностью, которая выражается в способности фитомеланина устранять свободные радикалы, его активность в 10 раз выше активности растворимой формы витамина Е (Trolox) (при использовании органических радикальных АБТ из набора TAS, «Рэндокс», Англия). Фитомеланин проявляет по меньшей мере 20 % активности супероксиддисмутазы, способен полностью блокировать перекисное окисление липидов и т. д. Кроме того, выделенный фитомеланин сохраняет стабильные и

воспроизводимые свойства в течение длительного времени, не теряя их даже после агрессивной химической обработки [158].

Наиболее перспективным для получения меланинов представляется использование вторичных сырьевых ресурсов, в том числе лузги подсолнечника, что обусловлено значительными объемами ежегодного образования этого сырья, низкой ценой на данный отход (от 0 до 2 500 р./т) и высокой антиоксидантной активностью выделенных меланинсодержащих составов [21]. Однако получение меланинов из лузги подсолнечника характеризуется рядом недостатков, в частности, высокими энергетическими затратами, что является экономически нецелесообразным для выделения целевого продукта, а также получением при этом жидкой формы продукта, что обуславливает трудности при хранении и транспортировке. Недостатком получения меланина из выжимок свеклы является низкий процент его выхода. Вышесказанное позволяет рассматривать лузгу гречихи посевной как альтернативный источник меланина.

ГЛАВА 2. ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛАНИНА В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Меланины имеют высокую физиологическую активность и функциональные свойства, чем обусловлено их применение во многих областях, примеры которых приведены в данном разделе монографии.

2.1 Технологии продуктов питания

Благодаря таким своим свойствам, как защита от света, хелатирование ионов металлов, антибактериальная и антиоксидантная активность, меланины находят все большее применение в пищевой промышленности, в частности, в технологии продуктов питания и их первичной упаковке.

В работе N. K. Kurian и S. G. Bhat [144] приведены экспериментальные данные по выделению меланина из грамотрицательной морской бактерии *Vibrio alginolyticus* и изучению образца меланина, доказано отсутствие у него цитотоксичности. Приведены результаты, доказывающие фотозащитную способность меланина: его наличие в составе солнцезащитного крема повышает значение солнцезащитного фактора SPF на 3,42 ед., т. е. меланин поглощает 50–75 % ультрафиолетового излучения. В эксперименте установлено, что, во-первых, образец меланина менее цитотоксичен, чем образцы, продуцируемые *Escherichia coli* или выделенные из растительного сырья. По мнению авторов, это может быть связано с цитопротекторными свойствами меланина, такими как очистка от радикалов и хелатный потенциал. Во-вторых, выделенный пигмент обладает высокой биоактивностью в отношении пищевых патогенов и может быть использован в пищевой промышленности.

Б. Н. Огарковым и Л. В. Самусенок описан способ получения пигмента-красителя из гречневой лузги, при этом выход красителя составляет 5,0–5,3 г из 50 г гречневой лузги, или 10,0–10,6 %. Авторами показано, что предварительная обработка значительно повышает выход меланина. Предлагаемый способ позволяет получить коричневый пигмент-краситель из доступного

растительного сырья с максимальным выходом пигмента, не используя при этом специального оборудования. По мнению авторов, пигмент можно использовать как пищевой краситель, однако технологические характеристики, такие как интенсивность цвета, светостойкость пигмента, устойчивость к изменению температуры, pH и др., в описании изобретения не приведены. Кроме того, пигмент может найти применение как лекарственный препарат в медицине, фармакологии и других отраслях [69].

Авторским коллективом была исследована возможность использования лузги гречихи посевной для получения функционального пищевого красителя меланина [117]. Показано, что лузга может быть использована для дальнейшей переработки с целью получения пищевого красителя меланина. Экспериментально установлена способность образца меланина связывать ионы меди: 1 г 0,5 % раствора экстракта меланина гречневой лузги связал 966,6 мг/мл меди, а антиоксидантная активность 1 г экстракта меланина соответствует по АОА 0,056 г рутина. Таким образом, выделенные из лузги гречихи водорастворимые образцы меланина могут использоваться как пищевые красители, а также как антиоксиданты и биосорбенты, что позволяет рекомендовать их в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе продуктов питания.

Высокую антиоксидантную активность продемонстрировали образцы меланина, выделенного из лузги подсолнечника [21].

Известно использование меланина в кондитерских изделиях. Так, пищевой пигмент-краситель был использован в десерте – креме из ягод жимолости на кафедре технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета. Эмпирическим путем было установлено, что добавление пищевого пигмента-красителя в количестве 1,5 г на порцию готового десерта обеспечивает функциональность продукта в АОА. По органолептическим показателям крем получил высокую оценку благодаря хорошей консистенции, нежному приятному вкусу с незначительный привкусом гречихи и привлекательному цвету. Также крем с исследуемым

пищевым пигментом-красителем по сравнению с контрольным образцом (кремом без добавления пищевого пигмента-красителя) имел повышенную АОА ($(0,15 \pm 0,01)$ против $(0,13 \pm 0,01)$ мг кверцетина на 1 г образца) и большее содержание клетчатки ($(0,565 \pm 0,01)$ против $(0,025 \pm 0,01)$ мг%). По утверждению авторов, добавление пищевого пигмента-красителя не только повышает АОА в десерте, но и обогащает его состав клетчаткой [81].

Л. В. Кушнарченко и Л. В. Левочкиной раскрыт способ получения гидролизата из шелухи гречихи – природного красителя на основе пигмента меланина, в качестве замены какао-порошка для пряничных и кондитерских изделий. По мнению авторов, полученный гидролизат может быть использован в производстве сухих сахаристых и белковых пищевых добавок для замены какао-порошка в отделочных полуфабрикатах для пряничных и мучных кондитерских изделий, однако примеров такого использования в описании изобретения не приведено [73].

Меланин использован в качестве красителя в составе безалкогольных напитков. Так, в изобретении Б. Н. Огаркова и его коллег [68] описан способ получения безалкогольного напитка «Мелиссовый», содержащего выделенный из лузги гречихи водорастворимый пигмент меланин, в том числе специального назначения: чайный напиток для больных диабетом с меланином из гречневой крупы, способ получения которого описан в [157], протекторного действия [15].

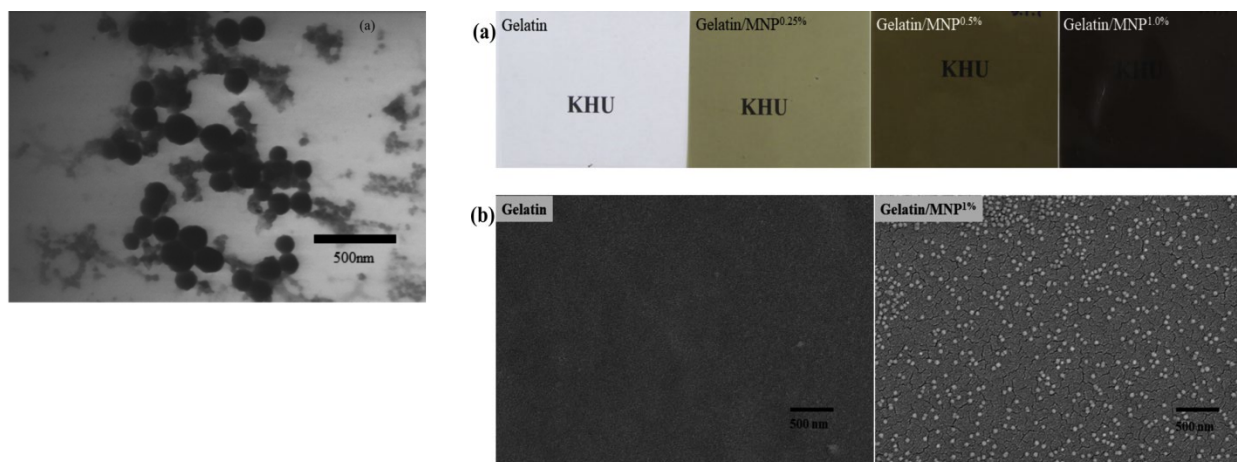
В работе Т. Н. Алексеевой и ее коллег изучены технологические свойства пищевого красителя – образца растительного меланинового пигмента: определены его свето- и термостабильность, кислотоустойчивость и физико-химические свойства в процессе хранения безалкогольных напитков [3].

Известно использование в качестве пищевой кремнийсодержащей добавки в виде порошка (размер частиц менее 80 мкм составляет 85 %), полученного из растительного сырья – шелухи гречихи, в качестве хелатирующего соединения катехинового типа используют иван-чай (кипрей узколистный) [72].

2.2 Первичная упаковка продуктов питания

С целью получения антимикробных нанокомпозитных пленок из каррагинана использован эумеланин, выделенный из чернил сепии методом центрифугирования, в качестве восстанавливающего агента при получении наночастиц серебра. Установлено, что сформированные с помощью меланина наночастицы серебра имели сферическую форму диаметром 10–50 нм и показывали пик поглощения света при 410 нм, а также продемонстрировали высокую антибактериальную активность в отношении пищевых патогенных бактерий, *Escherichia coli* и *Listeria monocytogenes*. Показано, что введение полученных с помощью меланина наночастицы серебра в композиции каррагинана привело к образованию однородных пленок, наблюдаемых в сканирующем электронном микроскопе с автоэмиссией (FE-SEM). Так, добавление не только повлияло на цвет поверхности пленки, но и значительно улучшило свойства защиты нанокомпозитных пленок от УФ-излучения, одновременно увеличив термическую стабильность, механическую прочность и упругость пленок [166].

Известен опыт повышения механических, пароизоляционных и термостойких свойств (барьер для УФ-излучения, барьер для водяного пара, гидрофобность поверхности, механическая прочность, термическая стабильность) нанокомпозитных пленок на основе желатина за счет введения в их состав наночастиц выделенного из чернил кальмара меланина по сравнению с контрольными образцами – чисто желатиновыми пленками [168]. Морфологические свойства меланина оценены в исследовании с помощью сканирующей просвечивающей электронной микроскопии. Установлено, что частицы меланина сферические со средним диаметром около 100 нм, однородные по форме, размеру и хорошо диспергировались в отдельные частицы пленок без агрегации (рисунок 1а). Ранее показано [140], что благодаря такому морфологическому строению наночастицы меланина обладают способностью связывать ионы тяжелых металлов (сорбционной).



а – внешний вид наночастиц меланина, выделенного из чернил кальмара, в составе нанокompозитных пленок на основе желатина

б – влияние наночастиц меланина на механические, пароизоляционные и антиоксидантные свойства пленок на основе желатина для упаковки пищевых продуктов

Рисунок 1 – Композитные пленки на основе желатина с меланином

Источники: [168]

В эксперименте авторами установлено, что все свойства опытных образцов пленок зависели от концентрации меланина – 0,25; 0,5 и 1,0 мас% (от желатина). Показано, что нанокompозитные пленки из комбинации желатина и наночастиц меланина проявляют высокую антиоксидантную активность, которая имеет большой потенциал для упаковки пищевых продуктов в целях предотвращения окисления липидсодержащих пищевых материалов или предотвращения окислительного изменения цвета упакованных продуктов, а также благодаря наличию различных функциональных групп (установлены с помощью метода FTIR – измерения инфракрасных спектров поглощения и излучения) в качестве нанонаполнителя в биополимерной матрице в области медицины. На рисунке 1б показано изменение интенсивности цвета опытных образцов пленок в зависимости от концентрации наночастиц меланина в составе композиции и их распределение.

В работе [141] также показана возможность использования природного меланина в технологии первичной упаковки пищевых продуктов. Очищенный

меланин пищевого качества, синтезированный морскими актинобактериями, выделенными из морской губки *Dendrilla nigra*, был использован для синтеза и стабилизации наноструктур серебра *in vitro*. По результатам исследования авторы сделали вывод, что антиоксидантный, антимикробный и природный красящий потенциал меланина нокардиопсиса может быть использован в качестве пищевых добавок, что значительно снижает использование искусственных или синтетических красителей и антиоксидантов. Защитные функции от ультрафиолетового излучения, выдерживание более высоких температур, стабильность в щелочных условиях и растворимость в воде меланина нокардиопсиса расширили его применение в пищевой, косметической и биомедицинской промышленности. Таким образом, синтез и стабилизация наноструктур серебра меланином *Nocardiosis* демонстрирует металло-взаимодействующую природу пигмента. Кроме того, антибактериальные свойства против пищевых патогенов *Bacillus subtilis* (MTCC 1305), *Bacillus cereus* (MTCC 1307), золотистого стафилококка (MTCC 2940), кишечной палочки (MTCC 739), холерного вибриона (MTCC 3906), параземолитического вибриона (MTCC 451), вирусного вибриона (MTCC 1145), синегнойной палочки (MTCC 2458) и сальмонеллезного тифа (MTCC 734) открывают определенные перспективы применения меланина в пищевой промышленности и пищевой упаковке.

Высокие барьерные свойства пленок с меланином также подтверждены в работе Ł. Łopusiewicz и соавторов [147]. Меланин был выделен из семян арбуза (*Citrullus lanatus*) и использован в качестве модификатора концентрата сывороточного белка и пленок изолята (WPC и WPI) в двух концентрациях – 0,1 % и 0,5 %. Модификация меланином улучшила блокировку ультрафиолета, барьер водяного пара, набухание и механические свойства пленок WPC/WPI в дополнение к влиянию на видимый цвет. Модифицированные пленки WPC/WPI также проявляли высокую АОА, но не проявляли цитотоксичности. В целом эффекты зависели от концентрации меланина, что хорошо согласуется с исследованиями других авторов. Таким образом, меланин из семян арбуза может

быть использован в качестве функционального модификатора для создания биоактивных биополимерных пленок с хорошим потенциалом для применения для производства пищевой упаковки и в биомедицинских целях.

Добавление твердых наночастиц дофамин-меланина (размером около 100 нм) в композицию альгинат/поливинилового пленки улучшило барьерные свойства, в том числе светостойкость и теплоизоляционные, которые исследованы и доказаны в работе M. Yang и соавторов [177]. Образцы нанокомпозитных пленок получены методом литья в растворе. Показано, что пленки демонстрируют высокие теплоизоляционные и защитные свойства от ультрафиолетового излучения по сравнению с контрольными образцами пленок (без добавления меланина).

В эксперименте доказано, что наночастицы меланина играют важную роль в обеспечении механической прочности, паропроницаемости, термостойкости, теплоизоляционных свойств, защиты от ультрафиолетового излучения. Так, с добавлением 2 мас% и 1 мас% меланина прочность на растяжение и удлинение при разрыве были увеличены на 25 % и 104,5 % соответственно. Защита от ультрафиолетового излучения снизилась до 88 % и 92 % в опытных образцах. Современными методами установлено взаимодействие и хорошая совместимость между частицами меланина и молекулами альгинат/поливинилового спирта. Более того, показатель паропроницаемости снизился на 28 %, что свидетельствует о хорошем барьерном свойстве, которое важно для упаковки продуктов питания. Разработанные нанокомпозитные пленки обладают отличными теплоизоляционными характеристиками, которые могут быть применены в упаковках пищевых продуктов с требованиями к теплоизоляции. Таким образом, данное исследование предлагает стратегию разработки экологически чистой, биоразлагаемой, биосовместимой пленки с высокими механическими свойствами, которая может использоваться в барьерах для ультрафиолетового излучения и может найти применение в теплоизоляционных материалах для сохранения пищевых продуктов.

На основе проведенного обзора можно заключить, что применение меланина из различных источников имеет определенные перспективы в технологии продуктов питания – как антиоксидант/консервант, пищевой краситель, энтеросорбент и т. д., а также в их первичной упаковке с высокими механическими и разнообразными барьерными свойствами, в частности светостойкостью, что позволяет сделать предположение о высоких барьерных и защитных свойствах кондитерской глазури, содержащей в составе меланин.

Таким образом, меланины различного происхождения широко используются в различных областях благодаря своим физиологическим и функциональным свойствам, таким как светочувствительность, свойство светового барьера, способность улавливать свободные радикалы, антиоксидантная активность и т. д., примеры которых приведены в данном разделе диссертации. Однако, несмотря на полифункциональность, применение меланинов ограничивается сложностью их выделения из биологических объектов, очистки от белковых и химических примесей, а также высокой себестоимостью получения синтетических аналогов. Поэтому появление любого вещества, сходного по своим свойствам с меланинами, сразу привлекает интерес ученых и практиков с точки зрения получения безопасной продукции, в частности, пищевого ингредиента многофункционального назначения.

ГЛАВА 3. ЛУЗГА ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ *FAGOPYRUM ESCULENTUM* КАК ИСТОЧНИК МЕЛАНИНА

По производству гречневой крупы Россия входит в тройку стран-лидеров (чуть более 34 %), конкурируя за первое место с Китаем (около 42 %), на долю Украины приходится порядка 10 % [105].

Несмотря на то, что Свердловская область находится на территории рискованного земледелия, сельское хозяйство играет немаловажную роль в экономике региона. Ввиду сложившейся ситуации, обусловленной пандемией коронавируса в 2020 г. и последующих годах, связанной с введением логистических ограничений и ажиотажным потребительским спросом, для многих регионов РФ остро встал вопрос бесперебойного обеспечения жителей качественными продуктами питания, т. е. самообеспеченности региона продуктами собственного производства, которая является одним из критериев эффективности АПК. По данным Свердловскстата за 2020 г, уровень самообеспечения населения Свердловской области сельскохозяйственной продукцией составил по молоку и молокопродуктам – 70,3 %, по мясу и мясопродуктам – 58 %, по яйцу и яйцепродуктам – 102,5 %, по картофелю – 101,1 %, по овощам и продовольственным бахчевым культурам – 44 % [1].

Немаловажен тот факт, что наиболее полезными являются продукты, выращенные в местности проживания, так как именно местные растения накапливают в себе комплекс макро- и микронутриентов, которые необходимы животным и человеку для жизни в данной климатической и географической зоне.

Гречиха посевная – экологически чистая культура, при ее выращивании не требуется применения пестицидов и гербицидов, поскольку она способна самостоятельно вытеснять с поля сорняки; не поддается генетической модификации, поэтому гречневая крупа не содержит ГМО. Гречиха – превосходный медонос, ее урожай повышается в результате опыления пчелами.

Климатические условия Среднего Урала неблагоприятны для выращивания гречихи посевной, поэтому важен сорт и использование на практике

специальных агротехнических приемов, направленных на адаптацию данной культуры к климатическим условиям, разрабатываемых в Уральском научно-исследовательском сельскохозяйственном институте и профильных вузах Уральского региона [10; 35; 85; 109; 113].

Для получения высоких и устойчивых урожаев гречихи большое значение имеют сорта, приспособленные к почвенно-климатическим условиям региона: Девятка, Есень, Казанская крупнозерная и др.

По итогам 2021 г. основной объем посевных площадей гречихи сосредоточен в Сибирском и Центральном федеральных округах – порядка 79–80 % от общего объема занятых гречихой площадей. В относительно крупных объемах гречневая крупа производится в Уральском федеральном округе. В Свердловской области имеется тенденция к росту посевных площадей гречихи с учетом востребованности на региональном рынке – с 0,2 % от до общего количества посевных площадей в 2015 г. до 0,4 % в 2020 г., что составило порядка 3 тыс. га [93].

В 2016 г. в деревне Усть-Маш в Красноуфимском районе посеяли 800 га гречихи и построили цех по переработке крупы, которую реализуют в пределах региона [113].

По мнению А. В. Кислова и П. В. Демченко [34], гречиха принадлежит к числу наиболее рентабельных культур в Уральском регионе, хотя ее урожайность подвержена значительным колебаниям в связи с некоторыми биологическими особенностями и несоблюдением технологии возделывания.

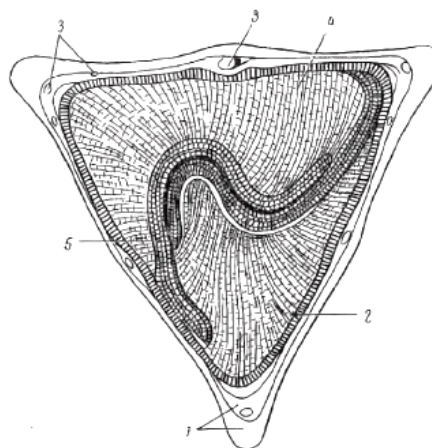
На сегодняшний день значительные объемы лузги накапливаются в соседней Челябинской области, где ведут деятельность четыре переработчика зерна гречихи, крупнейший из которых – «Увелка». Предприятие перерабатывает в месяц 2 500 т гречихи с образованием 400 т лузги [106].

При переработке зерна гречихи образуется значительное количество жесткой семенной оболочки (шелухи/лузги), не пригодной в пищу, – порядка 20–25 % (по некоторым данным – 14–30 % [32]) от массы зерна, что составляет порядка 62,7 тыс. т/год.

Лузга гречихи представляет собой одревесневшую растительную ткань, однородную по физической структуре, окрашенную в темно-коричневый цвет и состоящую из грубых толстостенных клеток, образующих волокнистую структуру, где пигмент меланиновой природы локализован в наружных слоях клетчатой стенки [69] (рисунок 2а).



а – внешний вид лузги гречихи (фото)



б – строение зерна гречихи:

1 – плодовая оболочка; 2 – семенная оболочка; 3 – сосудистые пучки; 4 – эндосперм;
5 – семядоли

Рисунок 2 – Строение лузги гречихи

Состав гречневой лузги довольно хорошо изучен и отражен в ряде научных работ разного уровня [60; 118; 148]. В состав плодовой оболочки входят: клетчатка – до 50 %, в том числе лигнин (до 25 %), гемицеллюлоза (около 17 %), целлюлоза (порядка 16 %), легко- и трудногидролизуемые полисахариды – примерно по 20 %, сырой протеин – 3–4 %, липиды – 4–5 %, сахара – 0,2–0,3 %, зола общая – 9–10 %, в том числе 0,036 % фосфора, 0,015 % натрия, 0,06 % калия и др., полифенолы (рутин, кемферол, кверцетин, фенолкарбоновые кислоты, коричневый пигмент-краситель с доминированием меланина).

Благодаря химическому составу, строению (рисунок 2б), невысокой стоимости и доступности лузга гречихи является перспективным сырьем для

пищевой, фармацевтической и химической промышленности, хотя ее использование на сегодняшний день крайне ограничено [107].

Высокое содержание коричневого пигмента-красителя с доминированием меланинов делает лузгу гречихи ценным объектом для выделения меланина [21].

Лузга является отходом 5-го класса опасности с минимальной угрозой для окружающей среды. Однако, будучи крупнотоннажным отходом, она создает многочисленные экологические проблемы, а именно: потребность значительных площадей для захоронения, возможность возгорания, загрязнение территорий при нарушении хранения и транспортировки [26].

Стоит отметить, что лузга гречихи имеет весьма ограниченное применение в пищевых целях: например, при получении в ходе ферментативного гидролиза пищевой добавки – растворимых пищевых волокон с гипогликемическим и гиполипидемическим действием. В работе Н. J. Im и К. Y. Yoon доказаны способность такой добавки удерживать воду, связывать масло, набухать, а также выявлены высокие функциональные свойства ($p < 0,05$ по сравнению с контролем): добавка эффективно препятствовала диффузии глюкозы и желчной кислоты из диализных мембран и имела значительно ($p < 0,05$) больший ингибирующий эффект на желчные кислоты, чем карбоксиметилцеллюлоза или пектин [135].

Известно, что пищевые волокна гречихи сосредоточены в лузге и имеют высокую водоудерживающую способность. Благодаря этим волокнам из организма выводятся тяжелые металлы и холестерин, подавляется образование опухолевых клеток, улучшается перистальтика кишечника. В настоящее время пищевые волокна лузги используются в качестве добавок к хлебобулочным изделиям. Установлено, что содержание добавок должно быть на уровне 5 %, что позволяет улучшить свойства теста и увеличить питательность продуктов [30].

В работе Л. В. Каравай и соавторов показана возможность замены 10 % ржаной муки в рецептуре пряников на пищевые волокна гречневой лузги. Установлено, что введение пищевых волокон гречишной лузги в пряничные изделия позволяет понизить энергетическую ценность продукта и является

экономически целесообразным, так как при этом снижается его себестоимость. При этом опытные образцы пряников обогащены не только пищевыми волокнами с разрыхленной структурой, но и полифенольными компонентами гречихи. Как показали исследования, ферментный гидролиз лузги гречихи повышает ее антиоксидантную активность (АОА), что способствует сохранению качества пряников в процессе хранения, положительно влияет на их биологическую ценность. При использовании ферментных препаратов АОА гречневой лузги повышается в 3 раза по сравнению с суммарным содержанием антиоксидантов щелочного гидролизата и нативного образца, что позволяет говорить о ней как о ценном сырье для кондитерского производства [32].

Известен способ получения высококачественного масла из лузги гречихи с максимальным содержанием нативных биологически активных веществ (БАВ). Однако количественных данных не приведено. Показано, что методом сверхкритической экстракции можно получить до 10 % масла от массы лузги [65].

Лузга гречихи довольно широко используется в непищевых целях: в качестве кормовой добавки, органического удобрения, субстрата при культивировании грибов, химического сорбента, наполнителя для матрасов и подушек и т. д. [36].

Стоит отметить, что обычный способ утилизации отходов гречишного производства – сжигание – не только экономически невыгоден (транспортные расходы, хранение, сжигание), но и экологически нецелесообразен.

3.1 Исследование качества и состава образцов лузги гречихи посевной

В данной главе монографии исследованы качество, безопасность и химический состав образцов лузги гречихи посевной.

Исследование показателей качества и безопасности образцов лузги гречихи посевной проводили стандартными и общепринятыми методами:

органолептических (внешний вид, цвет и запах) – по ГОСТ 27558-87 «Мука и отруби. Методы определения цвета, запаха, вкуса и хруста»;

физико-химических: содержание влаги – по ГОСТ 13586.5-2015 «Зерно. Метод определения влажности», золы – по ГОСТ 10847-74 «Зерно. Методы определения зольности», клетчатки – по ГОСТ 31675-2012 «Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации», пектиновых веществ – по ГОСТ 29059-91 «Продукты переработки плодов и овощей. Титриметрический метод определения пектиновых веществ».

Определение показателей гигиенической (содержание свинца, мышьяка, кадмия и ртути) и микробиологической (содержание мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, дрожжей, плесеней и бактерий группы кишечной палочки) безопасности образцов лузги гречихи выполнены стандартными методами на соответствие требованиям ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна».

В ходе определения органолептических показателей установлено, что лузга окрашена в темно-коричневый цвет и состоит из грубых толстостенных клеток, частично заполненных коричневыми пигментами, толщина стенок – 0,14–0,16 мм; запах выраженный, присущий гречневой крупе; вкус слабый, свойственный гречневой крупе.

Безопасность сырья является основополагающим свойством и обуславливает возможность его использования в технологическом процессе. Гигиеническая и микробиологическая безопасность образцов лузги гречихи подтверждена в эксперименте (таблицы 2, 3).

Из приведенных данных можно сделать вывод, что лузга гречихи, поступившая на переработку, была безопасной, в процессе хранения лузги и при дальнейшем получении меланина риски токсикологической и микробиологической опасности были исключены за счет соблюдения санитарно-гигиенического режима.

На следующем этапе исследован химический состав образцов лузги гречихи, представленный в таблице 4.

Таблица 2 – Показатели гигиенической безопасности образцов лузги
($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не более, по приложению 2 к ТР ТС 015/2011	Действительное значение
Свинец	0,5	$0,2660 \pm 0,0020$
Мышьяк	0,2	$0,0022 \pm 0,0003$
Кадмий	0,1	$0,0018 \pm 0,0001$
Ртуть	0,03	$0,0006 \pm 0,0001$
Афлатоксин В1	0,005	Не обнаружено
ДДТ и его метаболиты	0,02	Не обнаружено
Органические пестициды	Не допускаются	Не обнаружено
Зараженность вредителями	Не допускаются	Не обнаружено
Загрязненность мертвыми насекомыми- вредителями, экз/кг	15	Не обнаружено
Цезий-137	2 500	$8,2 \pm 0,08$
Стронций-90	250	$1,3 \pm 0,01$

Таблица 3 – Показатели микробиологической безопасности образцов лузги
($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Норма по п. 10 ТР ТС 015/2011, мг/кг	Действительное значение
Мезофильные аэробные и факультативно- анаэробные микроорганизмы, КОЕ/г	Не более $5,0 \cdot 10^4$	Менее 20
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 200	Менее 15
Плесневые грибы, КОЕ/г	Не более 500	Не обнаружено
Бактерии группы кишечных палочек не допускаются в массе продукта, г (см ³)	0,1	Не обнаружено

Таблица 4 – Химический состав образцов гречневой лузги ($n = 3, M \pm m$)

Состав	Содержание в зависимости от года урожая, %			Среднее значение, %
	2018	2019	2020	
Влага	$4,50 \pm 0,10$	$4,40 \pm 0,10$	$4,60 \pm 0,10$	$4,50 \pm 0,10$
Зола	$2,20 \pm 0,10$	$2,00 \pm 0,10$	$2,00 \pm 0,10$	$2,07 \pm 0,10$
Пищевые волокна (в пересчете на сухое вещество), в том числе:	$54,25 \pm 2,20$	$57,40 \pm 2,20$	$55,48 \pm 2,20$	$55,71 \pm 2,20$
– целлюлоза	$5,60 \pm 1,30$	$7,50 \pm 1,30$	$5,50 \pm 1,30$	$6,2 \pm 1,30$
– гемицеллюлоза	$16,00 \pm 1,00$	$18,50 \pm 1,00$	$17,80 \pm 1,00$	$17,43 \pm 1,00$
Пектиновые вещества	$3,20 \pm 0,50$	$3,40 \pm 0,50$	$3,73 \pm 0,50$	$3,44 \pm 0,50$
Лигнин и другие нерастворимые компоненты	$29,45 \pm 1,00$	$28,00 \pm 1,00$	$29,08 \pm 1,00$	$28,84 \pm 1,00$
Меланин	$15,70 \pm 0,40$	$15,90 \pm 0,40$	$15,60 \pm 0,40$	$15,73 \pm 0,40$
Полифенольные вещества	$0,25 \pm 0,03$	$0,30 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,03$

По результатам исследования химического состава образцов можно сделать вывод, исследуемые образцы отличаются повышенным содержанием золы – $2,07\%$ (по данным других исследователей значение зольности составляет от $1,49\%$ до $1,90\%$ [120]) несмотря на то, что проводили промывку водой для обеззоливания и удаления частиц пыли и земли. Данный факт можно объяснить повышенным содержанием минеральных элементов, в том числе солей тяжелых металлов – свинца и ртути (таблица 2) в почвах Свердловской области.

Установлено, что особенностью образцов лузги гречихи Свердловской области является довольно высокое содержание пищевых волокон – $55,71\%$, что хорошо согласуется с другими исследованиями. Однако полученные в эксперименте данные выше значений, приведенных в литературе, что, по всей видимости, обусловлено сортовыми особенностями и регионом произрастания –

от 40 % («Дикуль», Новосибирская область) [142] до 50 % («При 7», Приморский край) [32]. Стоит отметить, что соотношение пищевых волокон хорошо согласуется с данными других исследователей, в частности, содержание нерастворимых пищевых волокон – лигнина составило в среднем 28,71 % (по литературным данным – 30,70–30,87 % [114; 120]). Содержание пектина (3,44 %) несколько ниже в сравнении с литературными данными (3,74 %) [142].

Пищевые волокна лузги гречихи отличаются высокой влагоудерживающей способностью (ВУС), что является важным технологическим преимуществом, а также высокой сорбционной способностью по отношению к солям тяжелых металлов, фенолу и формальдегиду, что повышает ее физиологическую ценность.

Доказано, что гречневая лузга отличается от оболочек других зерновых культур высоким содержанием полифенолов. В ней присутствуют рутин, кемпферол, кварцетин, фенолкарбоновые кислоты [146].

Исследованиями установлено, что полифенольные вещества лузги гречихи состоят преимущественно из флавонов и флавононов, в частности рутина – 0,17 %, [9; 114]. Экспериментальное значение содержания полифенольных веществ составило 0,29 %.

Из таблицы 6 видно, что экспериментальные данные образцов лузги по годам сопоставимы и отличаются несущественно. Данный факт позволяет сделать вывод, что лузга, полученная при переработке гречихи уральского региона, может быть использована для дальнейшей переработки с целью получения функциональных пищевых ингредиентов, в частности пищевого ингредиента меланина – красителя, антиоксиданта, биосорбента и альтернативы какао-порошку.

3.2 Выделение и идентификация меланина

Предлагаемый процесс выделения меланина из лузги гречихи состоит в том, что лузгу обрабатывают 2–4 % раствором соляной кислоты при кипячении

в течение 40–60 мин и гидромодуле 1:10 для удаления из клеточного матрикса пектиновых веществ и гемицеллюлоз, препятствующих свободному экстрагированию меланина. Лузгу после обработки кислотой отделяют от гидролизата, промывают водой до нейтральной реакции и высушивают на воздухе. Высушенная лузга в определенном количестве помещается в реактор качающегося автоклава, заливается 10 % раствором бикарбоната натрия до достижения гидромодуля 1:18–1:20. Экстракцию меланина в качающемся автоклаве проводят при температуре 110–120 °С и давлении 2,2–2,5 атм. в течение 2 ч. По окончании указанного времени содержимое автоклава (после остывания) сливают на нутч-фильтр, гидролизат отфильтровывают от лузги, промывая водой для отделения меланина. Окрашенный в красно-коричневый цвет гидролизат подкисляют лимонной кислотой до значения pH, равного 2,0, оставляют на 1 ч для формирования хлопьев цитрата меланина. По окончании указанного времени подкисленный гидролизат лузги направляют в осадительную центрифугу для отделения меланина. Полученный осадок цитрата меланина промывают водой до нейтральной реакции, проводя трехкратное осаждение в осадительной центрифуге. Промытый осадок меланина высушивают на воздухе и еще раз переосаждают из 2 % раствора бикарбоната натрия. Очищенный от балластных веществ осадок цитрата меланина вновь ресуспендируют в минимальном количестве воды, нейтрализуют 5 % раствором бикарбоната натрия и высушивают. Остаточное количество цитрата натрия, образовавшееся при нейтрализации, удаляют путем промывки водно-этанольной смесью (1:2). Чистый меланин высушивают до конечной влажности не более 5 % и перетирают до однородного состояния. Предлагаемый способ выделения меланина позволяет получать целевой продукт с выходом $(10,1 \pm 0,8) \%$ и наименьшими затратами в силу использования доступных и дешевых реагентов.

Гречишную лузгу промывали водой для обеззоливания и удаления частиц пыли, земли, минеральных и посторонних примесей, измельчали в ножевой

мельнице для твердых продуктов ДМ-6, просеивали через сито с размером пор диаметром от 0,4 до 0,6 мм (рисунок 3).

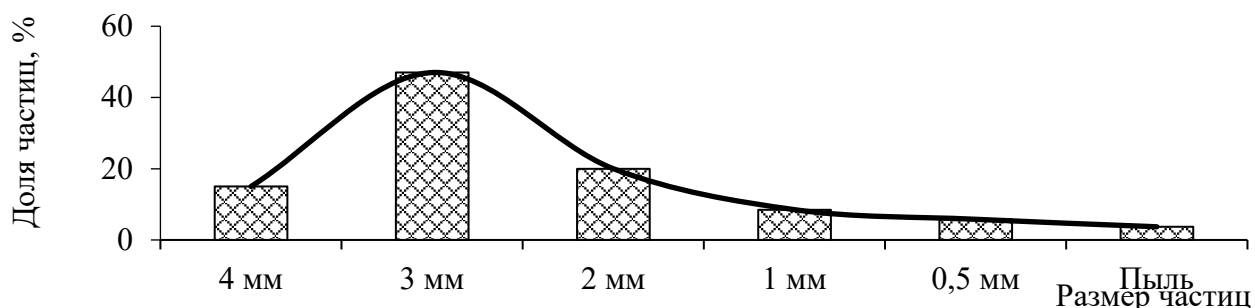


Рисунок 3 – Диаграмма распределения частиц измельченной лузги гречихи

Оптимизацию процесса выделения меланина из лузги гречихи проводили путем варьирования температуры процесса экстракции в диапазоне от 105 °С до 125 °С и концентрации экстрагента в диапазоне от 5 % до 15 %. Экстракцию проводили в качающемся реакторе для проведения гетерогенных процессов, внешний вид которого показан на рисунке 10.

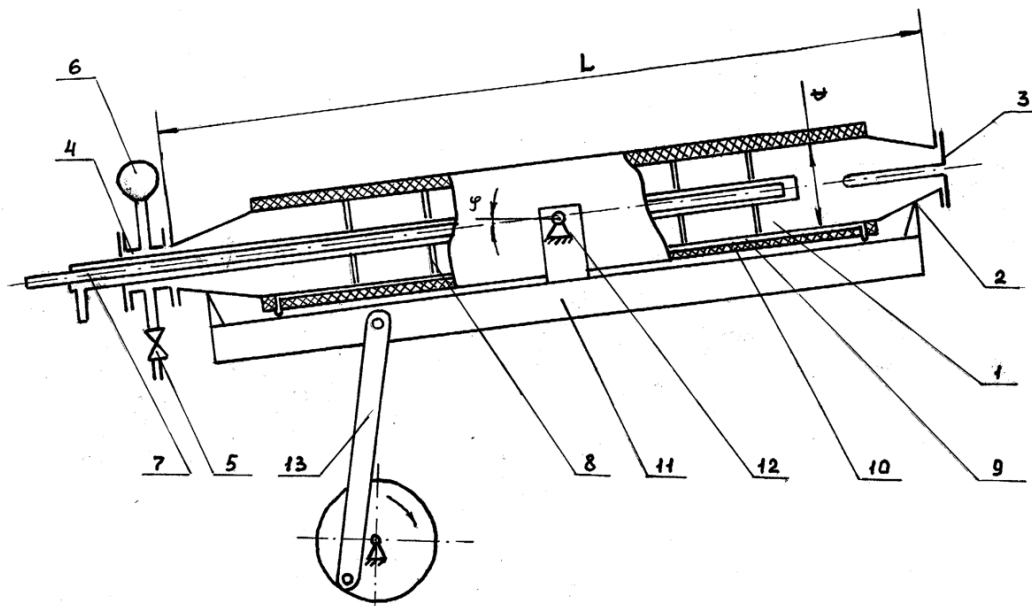


Рисунок 4 – Устройство качающегося автоклава
для проведения гетерогенных процессов:

- 1 – цилиндрическая обечайка; 2 – приварные крышки; 3 – фланец; 4 – переходник;
5 – сливной кран; 6 – манометр; 7 – теплообменник (труба Фильда); 8 – распорки;
9 – нагревательные элементы; 10 – теплоизоляционный материал; 11 – подвижная рама;
12 – шарнирная опора; 13 – кривошипно-шатунный механизм

Результаты выделения меланина в указанных диапазонах факторов представлены на рисунке 5.

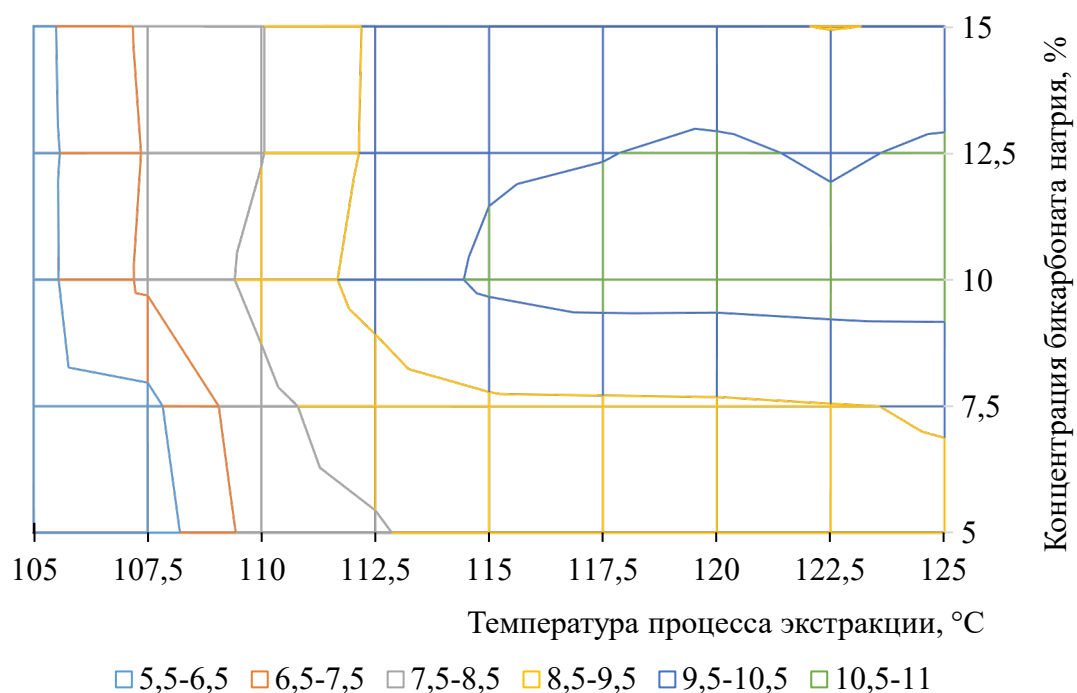


Рисунок 5 – Динамика выхода меланина в зависимости от условий процесса экстракции

Можно видеть, что оптимальная температура выделения меланина из лузги гречихи должна составлять не менее 115–120 °C при концентрации экстрагента в диапазоне 10–12,5 %. Выход меланина в таких условиях составляет $(10,1 \pm 0,8) \%$.

Высушенный порошок меланина измельчали в шаровой мельнице ШЛМ-5. Блок-схема получения меланина из лузги гречихи посевной приведена на рисунке 6. Использование предложенной схемы выделения меланина позволяет снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду за счет использования пищевых реагентов. Кроме того, при доработке отдельных этапов технологии возможно повышение эффективности производства за счет получения питательных сред для культивирования микроорганизмов на основе короткоцепочечных углеводов, цитрата натрия, а также целлюлозосодержащих продуктов.

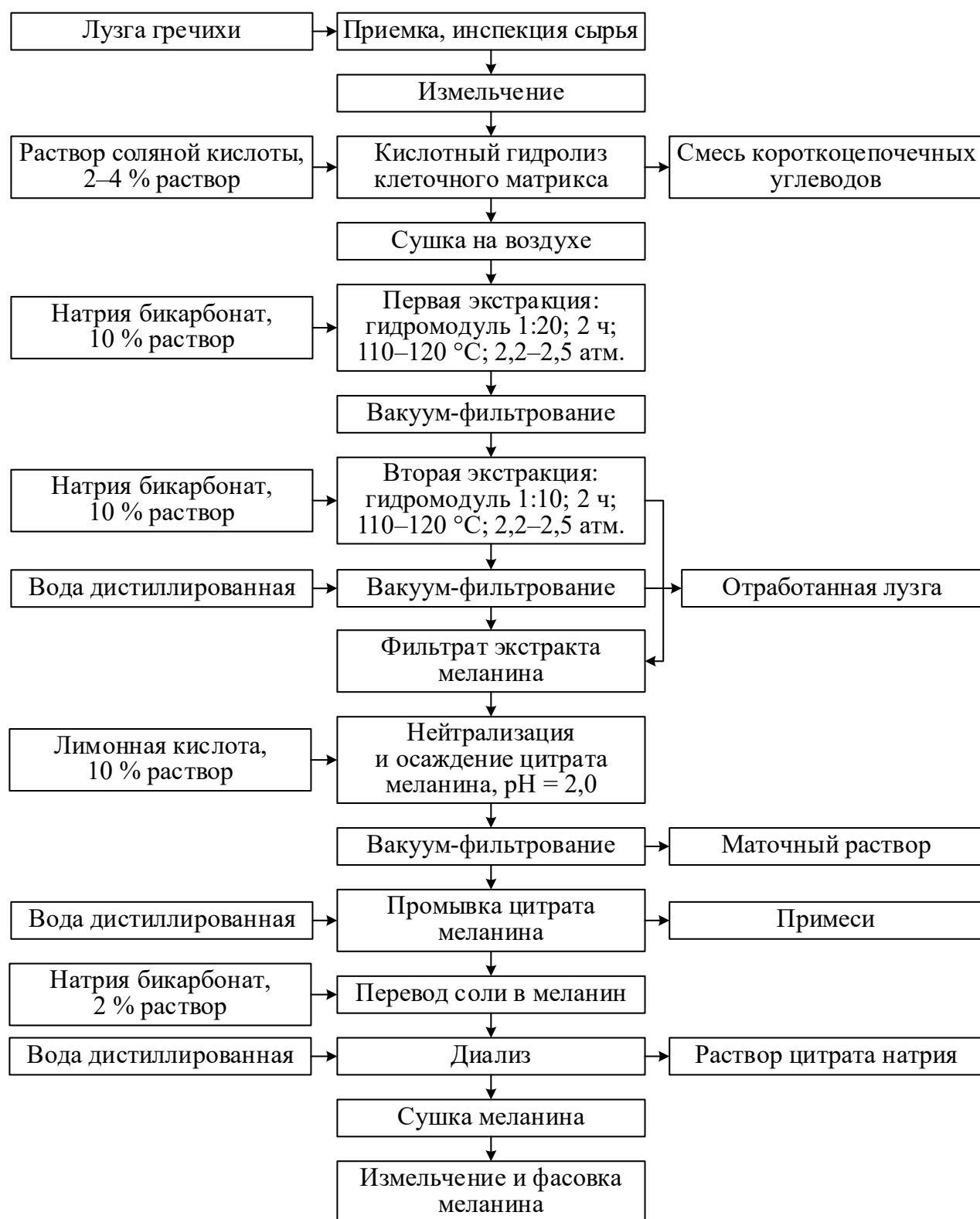


Рисунок 6 – Блок-схема получения меланина из лузги гречихи посевной

Меланин, полученный по предложенной схеме, представляет собой сухой однородный порошок коричнево-черного цвета с блеском, частично растворимый в воде.

После проведения экстракции получили порошок коричнево-черного цвета с общим выходом 10 %. Идентификация выделенного образца пигмента проводилась по традиционной схеме, включающей исследование его качественных реакций на хиноны и фенолы [44].

Идентификацию пигмента меланина проводили известными качественными реакциями: по изменению цвета водных растворов меланина и выпадению характерных осадков при добавлении пероксида водорода (H_2O_2), окислителя перманганата калия (KMnO_4) и хлорида железа (FeCl_3) и методом тонкослойной хроматографии по [98].

Качественные реакции показали, что водные растворы пигментов обесцвечивались перекисью водорода H_2O_2 , а в присутствии перманганата калия KMnO_4 изменяли окраску с коричневой на зеленую с последующим выпадением осадка. Добавление хлорида железа (III) FeCl_3 приводило к выпадению осадка, который растворялся в присутствии избытка реактива (рисунок 7).



а – с перекисью
водорода



б – с перманганатом
калия



в – с хлоридом железа
(безводным)

Рисунок 7 – Качественные реакции, подтверждающие наличие меланина в выделенном образце

Согласно проведенным ранее исследованиям, такое поведение пигментов характерно для меланинов и свидетельствует о присутствии в их структуре хиноидных и фенольных компонентов [33].

Образец меланина в виде порошка по внешнему виду и дисперсности/текстуре очень похож на какао-порошок и может частично заменить его в составе кондитерской глазури.

3.3 Исследование безопасности образцов меланина

Исследована безопасность опытных образцов меланина на соответствие микробиологическим (приложение 1, п. 1.4 приложения 2 ТР ТС 021/2011) и гигиеническим (п. 5 приложения 3 ТР ТС 021/2011) требованиям.

Показатели микробиологической и гигиенической безопасности определены стандартными методами на соответствие требованиям приложений 2 (п. 1.4) и 3 (п. 5) ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Отрицательное воздействие тяжелых металлов, вызывающее нарушение метаболической функции организма, известно и достаточно полно освещено в современной литературе. Концентрация токсичных элементов определена в эксперименте (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание токсичных элементов в образцах меланина

Токсичный элемент	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011, мг/кг	Содержание, мг/кг	
		1 опытный	2 контрольный
Свинец	Не более 1,0000	$0,2260 \pm 0,0020$	$0,3420 \pm 0,0020$
Мышьяк	Не более 1,0000	$0,0016 \pm 0,0003$	$0,0020 \pm 0,0003$
Кадмий	Не более 0,5000	$0,0014 \pm 0,0001$	$0,0016 \pm 0,0001$
Ртуть	Не более 0,1000	$0,0003 \pm 0,0001$	$0,0004 \pm 0,0001$

По полученным данным можно сделать вывод, что концентрация тяжелых металлов во всех образцах находится в допустимом уровне. В опытном образце меланина обнаружено минимальное содержание всех определяемых токсичных

элементов, что можно объяснить минимальным содержанием их в сырье – лузге гречихи [115].

Микробиологическая безопасность продуктов питания обеспечивается за счет микробиологической чистоты сырьевых ингредиентов и соблюдения санитарно-гигиенических требований на всех этапах жизненного цикла продукции. Микробиологическая безопасность объектов исследования подтверждена в эксперименте (таблица 6).

Таблица 6 – Микробиологические показатели образцов

Показатель	Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011	1 опытный	2 контрольный
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^5$	$0,2 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$
Масса продукта, г, в которой не допускаются: бактерии группы кишечной палочки (колиформы)	0,01	Не выделено	
Масса продукта, г, в которой не допускаются: патогенные, в том числе <i>Salmonella</i>	25	Не выделено	
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 100	Менее 5	Менее 10
Плесени, КОЕ/г	Не более 100	Менее 5	Менее 10

Из таблицы 6 видно, что в исследуемых образцах патогенных микроорганизмов не выявлено, что вполне прогнозируемо, так как контрольный образец закуплен в розничном торговом сети г. Екатеринбурга, опытный образец меланина получен в условиях лабораторного комплекса из сырья с подтвержденными показателя безопасности [115].

Что касается БГКП, являющихся санитарно-показательными микроорганизмами и индикаторами биологического загрязнения окружающей среды (производственных помещений, поверхности растительного сырья, тары и т. п.), то в образцах их не выделено, что свидетельствует о чистоте сырья и производства.

КМАФАнМ, количество дрожжей и плесеней во всех образцах не превышает установленных пределов, что позволяет сделать вывод о микробиологической безопасности образцов и их пригодности к использованию в технологии пищевых продуктов.

Если говорить о перспективах использования порошка меланина в технологии продуктов питания, то в качестве примера рассмотрен какаосодержащий кондитерский полуфабрикат – глазурь. Потенциальная безопасность данного полуфабриката проанализирована с позиций системы менеджмента качества и безопасности пищевой продукции НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points – Анализ опасностей и критические контрольные точки). Основным принципом НАССР является проведение анализа опасных факторов, связанных со всеми этапами производства продукта и сырья (таблица 7).

Из таблицы 7 видно, что наиболее опасным из биологических факторов выступает наличие патогенных микроорганизмов (*Salmonella* и *Escherichia coli*); из химических – превышение содержания тяжелых металлов и их солей (в воде), токсинов и остатков растворителя в эквиваленте какао-масла; из физических – посторонние примеси. Отметим, что гречиха посевная – одна из немногих полевых культур, не требующих большого количества химических средств защиты от болезней и вредителей, что обеспечивает получение безопасной продукции, поэтому риск биологической опасности выделяемого из лузги меланина практически сведен к нулю [8].

Таблица 7 – Потенциально опасные факторы ингредиентов
какаосодержащей глазури

Сырье	Потенциально опасные факторы		
	биологические	химические	физические
Сахар белый кристаллический [39]	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> и другие микроорганизмы в составе микрофлоры свеклосахарного производства	Тяжелые металлы (Hg, As, Cu, Pb, Cd, Zn)	Посторонние примеси
Какао-порошок производственный [133]	<i>Salmonella</i>	Тяжелые металлы, пестициды, афлатоксины B1, B2, G1, G2	Посторонние примеси
Эквивалент какао-масла нелауринового типа	<i>Salmonella</i>	Тяжелые металлы, остатки растворителя	Посторонние примеси
Вода из централизованных систем питьевого водоснабжения	<i>Escherichia coli</i>	Солесодержание	Посторонние примеси, мутность
Меланин (порошок), полученный из лузги гречихи	—	Тяжелые металлы	Посторонние примеси

Предупреждающими мерами являются, во-первых, проверка сопроводительных документов поставщиков сырья, подтверждающих качество ингредиентов (протоколы испытаний, качественные удостоверения и т. д.); во-вторых, выборочный входной контроль ингредиентов, периодичность которого устанавливается в каждом конкретном случае. Кроме того, необходимо соблюдать условия и сроки хранения сырьевых ингредиентов на предприятиях общественного питания, где планируется использование меланина в качестве сырьевого ингредиента какаосодержащих глазурей. Так, превышение нормируемой влажности сахара кристаллического (0,10–0,15 %) приводит к

слипанию кристаллов и образованию комков, что повлияет на конечное качество глазури. Кроме того, обязательным является контроль всех технологических этапов производства: приемка, хранение и обработка сырья, получение, подготовка тары, хранение и использование готового продукта. С точки зрения общей гигиены, гигиены и организации санитарных условий технологических процессов, здоровья и гигиены персонала должны проводиться оценка оборудования и всего предприятия в целом.

Таким образом, в ходе исследований подтверждена безопасность меланина, который возможно использовать как альтернативу какао-порошку в составе кондитерских глазурей, в том числе на предприятиях общественного питания. Установлено, что опытный образец меланина по токсикологической и микробиологической чистоте превосходит контрольные образцы. Определены потенциально опасные факторы ингредиентов какаосодержащей глазури по группам. Показано, что наиболее критичным является наличие патогенных микроорганизмов. Предложены меры, предупреждающие возникновение выявленных опасных факторов.

3.4 Исследование острой фармакологической токсичности образца меланина

Фармакологическая токсичность по Керберу и антиоксидантные свойства образцов меланина исследованы в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (ФГБНУ ВИЛАР).

Изучение острой фармакологической токсичности по Керберу проводили следующим образом.

Приготовление объекта исследования: исследуемое вещество суспендировали в 1 % крахмального геля, затем вводили животным в дозах 100; 200; 500; 1 000 и 1 500 мг/кг.

Обоснование выбора лабораторных животных: мыши являются стандартными объектами для изучения специфической фармакологической активности потенциальных лекарственных средств и рекомендуются нормативными документами в качестве одной из тест-систем для исследования фармакологической активности потенциальных фармацевтических препаратов [91].

Количество животных: 60 нелинейных мышей-самцов массой тела 20–22 г. Животные были разделены на шесть групп по 10 особей в группе.

Методы исследования. Исследования выполнены согласно «Руководству по проведению доклинических исследований лекарственных средств» [91]. Дизайн и организация исследования базируются на общих принципах организации исследований по изучению специфической фармакологической активности (эффективности) лекарственных средств на животных. Исследование одобрено биоэтической комиссией ФГБНУ ВИЛАР (протокол № 68 от 21 марта 2022 г.).

Производитель животных – Филиал «Андреевка» ФГБУН «НЦБТ» ФМБА России (Московская область). Животные содержались в виварии ФГБНУ ВИЛАР на стандартном рационе.

Определение параметров острой токсичности проводили по методу Кербера [92]. Меланин вводили животным внутрижелудочно при помощи металлического зонда. Контрольной группе животных вводили внутрижелудочно 1 % крахмальный гель. Токсический эффект препарата оценивался по результатам наблюдения за общим состоянием животных с момента введения. Критериями оценки острой токсичности служили картина интоксикации и выживаемость животных. Длительность наблюдения за лабораторными животными составила 14 сут. В ходе эксперимента проведено наблюдение за поведением мышей, внешним видом, двигательной активностью, реакцией на внешние раздражители.

Регулирующие стандарты: исследования в условиях опыта *in vivo* выполняли согласно Решению Совета ЕЭК от 3 ноября 2016 г. № 81 «Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики ЕАЭС» [57],

межгосударственному стандарту ГОСТ 33044-2014 «Принципы надлежащей лабораторной практики» [18], «Руководству по проведению доклинических исследований лекарственных средств» [91]. Исследования выполняли по согласованному письменному плану и в соответствии со Стандартными операционными процедурами исследователя (СОП); в соответствии с санитарными правилами по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев).

Результат. Изучение параметров острой токсичности по методу Кербера выявило, что у мышей 1–3-й групп (доза 100–500 мг/кг) в течение всего срока наблюдения (14 сут) не было клинических признаков интоксикации. Клинико-функциональный статус у всех животных не имел отклонений от физиологического состояния, присущего мышам данной возрастной группы. В течение опытного периода гибели мышей в группах 1–3 не было. У животных 4-й группы (доза 1 000 мг/кг) была отмечена гибель одной мыши на 1-е сутки наблюдения. У животных 5-й группы (доза 1 500 мг/кг) в течение первых суток, а также на 3–4-е сутки, наблюдалось снижение двигательной активности и реакции на внешние раздражители, была отмечена гибель пять мышей в указанные промежутки времени.

Животные контрольной группы оставались клинически здоровыми.

Расчет параметров острой токсичности производили по формуле [92]:

$$\lg LD_{50} = \lg DN - 6 \left(\sum Li - 0,5 \right), \quad (1)$$

где DN – наибольшая из испытанных доз (разведений); 6 – логарифм отношения каждой последующей дозы к предыдущей (при десятикратном интервале эта величина равна 1; при трехкратном – 0,477; при двукратном – 0,3; при полуторакратном – 0,176); Li – отношение числа погибших от данной дозы животных к общему количеству животных, которым была введена эта доза; $\sum Li$ – сумма всех значений Li для всех испытанных доз.

При расчете параметров острой токсичности по Керберу установлено, что при пероральном введении меланина мышам LD_{50} составила 1 193,5 мг/кг массы тела.

Таким образом, испытуемый образец меланина относится к веществам умеренно опасным ($LD_{50} = 151-5\ 000$ мг/кг) согласно ГОСТ 12.1.007-76 [6].

При длительном введении меланина в желудок мышам массой тела 21–22 г в суточной дозе 25–30 мг/кг (дозировка обусловлена тем, что близка к используемой по разным показаниям человеком в качестве пищевой добавки) при разовой дозе 0,5 мг/мл растворенного в воде меланина из гречневой лузги, выделенного по описанному Б. Н. Огарковым и Л. В. Самусенок способу [69], в течение 15 сут в опытной группе животных отмечены замедление роста массы тела, снижение спонтанной двигательной активности и мышечной силы, нарушение иммуногематологического статуса. С уменьшением суточной дозы меланина в 4 раза (до 6,25–7,25 мг/кг) при наблюдении в течение 15 сут негативные эффекты у животных не отмечены, что обусловило использование меланина в составе рецептур [25].

Данная доза в 165 раз меньше, чем установленная LD_{50} (среднесмертельная для мышей).

ГЛАВА 4. МЕЛАНИН КАК АЛЬТЕРНАТИВА КАКАО-ПОРОШКУ

Наметившаяся тенденция увеличения потребительского спроса на глазированную продукцию касается практически всех кондитерских изделий, в том числе приготовленных на предприятиях общественного питания. При этом используются различные виды глазури, среди которых наиболее распространенными являются шоколадная, сахарная, фруктовая и йогуртовая [54].

Изделия в шоколадной глазури занимают особое место в сегменте глазированной продукции вследствие своих высоких вкусовых достоинств. Однако их сложно отнести к продуктам здорового питания, спрос на которые имеет устойчивую тенденцию к росту. Поэтому в последнее время интерес производителей кондитерских изделий направлен на снижение содержания сахара и повышение пищевой ценности как готовых изделий, так и полуфабрикатов (кондитерских масс, глазурей и т. д.) за счет обогащения растительными белками, пищевыми волокнами, использования продуктов переработки плодов и овощей [41].

Основными видами сырья для кондитерских глазурей считаются какао-продукты – натуральный и (или) подщелоченный какао-порошок и какао-масло. Стоит отметить, что к настоящему времени сформировался широкий рынок эквивалентов, заменителей и улучшителей масла какао как ингредиента многих кондитерских изделий и полуфабрикатов [94]. При этом, наряду с жирами лауринового и нелауринового типа, предлагаются и другие ингредиенты, в том числе гидролизат гречишной шелухи, который, по данным исследований, позволяет исключить или существенно сократить использование какао-масла и (или) его эквивалента, являющихся достаточно дефицитным компонентом, удорожающим продукцию, без ухудшения органолептических свойств продукции. В то же время гидролизат гречишной шелухи, по мнению Л. В. Кушнарченко и ее коллег, является природным красителем на основе пигмента меланина [74].

В Университете ИТМО на кафедре прикладной биотехнологии разработана глазурь для батончиков-мюсли, содержащая концентрат сывороточных белков. Исследованы структурно-механические свойства глазури, согласно которым образец глазури охарактеризован как «слишком твердая с ограниченной способностью к размазыванию» и установлен температурный режим технологического процесса ее производства – 85 °C [54].

Исследования В. Межа и соавторов показывают технологическую возможность приготовления обезжиренных составов глазурей, или содержащих 0; 3; 6 и 9 % растительного жира, или микрочастицами сывороточного белка в качестве заменителя жира. Показано, что опытные составы глазурей представляют собой вязкоупругие жидкости и имеют меньшую вероятность провисания глазури на изделиях по сравнению с контрольными жиросодержащими образцами [150].

Исследования по поиску альтернатив/эквивалентов/заменителей какао-порошку активно проводятся лишь в последние несколько лет. Интерес к использованию нетрадиционных сырьевых ингредиентов в рецептурах кондитерской глазури обусловлен рядом причин, основная из которых – постоянный рост стоимости какао-бобов и спроса на них при практически неизменном объеме производства какао-продуктов, а также нестабильная ситуация на рынке, которая, по мнению экспертов, может выйти из-под контроля. По оценке крупнейших производителей шоколада – компаний Mars и Barry Callebaut, к 2020 г. спрос на какао будет превышать его производство на 1 млн т, а к 2030 г. этот разрыв увеличится до 2 млн т. Также риск дефицита какао связан с засухами в Африке (прежде всего, в Кот-д’Ивуаре и Гане, где выращивается 53 % какао-бобов), болезнями, уничтожающими урожай какао, и сокращением плантаций какао из-за перехода на более выгодные культуры, такие как кукуруза и каучук [58]. Именно поэтому поиск альтернативных заменителей какао-продуктов имеет большое значение.

При таком сценарии в качестве альтернативных заменителей какао-продуктов возможно и необходимо использовать нетрадиционные ингредиенты,

в том числе местные и полученные из вторичных сырьевых ресурсов, в целях снижения содержания какао в кондитерских полуфабрикатах и изделиях.

Наиболее близкой альтернативой порошку, полученному из какао-бобов, является порошок из их оболочки – какаовеллы, которая долгое время являлась отходом переработки какао-бобов ввиду высокой твердости, прочности, микробиологической загрязненности и содержания токсичных элементов (пестицидов, солей тяжелых металлов, мышьяка, афлатоксинов и др.). В Воронежском государственном университете инженерных технологий на кафедре технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств проведены исследования, показавшие принципиальную возможность использования какаовеллы в технологии кондитерских полуфабрикатов при повышении микробиологической чистоты порошков какаовеллы методом обеззараживания энергией электромагнитного поля сверхвысокой частоты. По мнению авторов, порошок из какаовеллы может служить заменителем, имитирующим вкус, цвет и аромат порошка какао из ядра какао-бобов, при себестоимости в 4,5 раза ниже [45; 46].

В технологии кондитерских изделий, в частности мучных, находит применение кэроб, представляющий собой порошкообразный продукт, полученный из высушенных бобов рожкового дерева [42; 100].

Целью исследования S. Stankov и его коллег была оценка реологических и органолептических свойств глазури, полученной с порошками какао и кэроба. В эксперименте установлено, что глазурь с кэробом обладает аналогичными реологическими свойствами и, соответственно, хорошей консистенцией, как и глазурь с порошком какао; имеет привлекательный внешний вид с выраженным цветом, приятным ароматом, вкусом и послевкусием. Показано, что кэроб может быть использован в качестве потенциальной альтернативы какао-порошку благодаря его высокой питательной ценности и приятным сенсорным свойствам [169].

Коллективом авторов показана возможность использования кэроба в качестве заменителя сухих веществ какао в рецептуре глазури конфет типа «Ассорти». Исследование органолептических показателей показало

преимущества вкуса и аромата разработанных конфет. Контроль качества образцов проводился по органолептическим и физико-химическим показателям при хранении. Установлено, что разработанная рецептура обеспечивает сохранность качества конфет в течение 12 мес., в том числе за счет значения низкого значения показателя «активность воды» ($A_w < 0,6$) и благодаря комплексу природных антиоксидантов в составе кэроба и экстракта розмарина, оказывающих ингибирующее действие на накопление продуктов окисления. Показано, что окислительные процессы при хранении экспериментальных конфет протекали медленнее по сравнению с контрольными образцами (во вкусе которых по истечении 4 мес. появился посторонний и нечистый привкус и признаки прогорклости) [172].

В работе Н. В. Линовской и соавторов показана возможность использования фруктово-овощных порошков в составе шоколадных глазурей, так как ГОСТ Р 53897-2010 «Глазурь. Общие технические условия» предоставляет возможность производства шоколадной глазури с фруктовыми и овощными компонентами [41].

В исследованиях О. Gorodyska и соавторов показана возможность использования порошка из виноградных косточек в качестве альтернативы какао-порошку. Использование порошков из виноградных косточек позволило не только снизить себестоимость глазури, но и обогатить ее БАВ, в первую очередь фенольными соединениями с высокой АОА, чтобы повысить антиоксидантные свойства кондитерских изделий. Установлено, что порошок виноградных косточек имеет лучшие микробиологические показатели качества, бактерицидные свойства и положительно влияет на продолжительность хранения глазури и глазированных изделий. По мнению авторов, замена какао-порошка на порошок из виноградных косточек позволяет решить две задачи: с одной стороны, обогатить порошок необходимыми веществами, в том числе микро- и макроэлементами, антиоксидантами, что важно в нынешних условиях, а с другой стороны, снизить себестоимость конечного продукта, поскольку порошок из

виноградных косточек является вторичным сырьевым ресурсом и доступен во многих странах и регионах в коммерческих количествах [132].

Стоит отметить, что И. М. Жарковой и соавторами показана возможность использования растительных порошков и в составе мучных кондитерских изделий [24; 97], в том числе специализированных и функциональных [87; 88].

Ранее автором диссертационной работы разработаны рецептуры шоколадного бисквитного полуфабриката с частичной заменой какао-порошка на сухой экстракт меланина из лузги гречихи. Установлено, что полученные образцы способны удовлетворить суточную потребность человека в питательных веществах: в белке – на 15–22 %; пищевых волокнах – на 10–12 %; витаминах – на 12–22 %; минеральных веществах – на 22–51 % [112].

Таким образом, в составе кондитерских глазурей альтернативой порошку, полученному из бобов какао, могут быть порошки плодоовощные и полученные из оболочек бобов – какаовеллы, из плодов рожкового дерева – кэроб. Л. В. Кушнаренок и ее коллегами описаны лишь органолептические свойства полученной таким образом глазури и ничего не сказано о ее физико-химических и технологических свойствах [74], что, по нашему мнению, показывает принципиальную возможность использования меланина из лузги гречихи в рецептурах кондитерских глазурей, требующую детальных дальнейших исследований.

4.1 Оценка технологической пригодности меланина из лузги гречихи посевной для использования в кондитерских полуфабрикатах

4.1.1 Технологические свойства образцов меланина в сравнении с какао-порошком

Отсутствие научно обоснованных данных об использовании меланина в качестве компонента кондитерских глазурей для корректировки их цвета не позволяет осуществлять разработку рецептур глазурей с использованием неалкализированного какао-порошка.

Осуществление контроля показателей качества сырьевых компонентов является необходимым условием разработки высокотехнологичного кондитерского полуфабриката – какаосодержащей глазури, отвечающего требованиям государственных стандартов и запросам потребителей.

На первом этапе сравнивали органолептические показатели опытного образца меланина с контрольным – коммерческим образцом торговой марки «Русские корни» и производственным какао-порошком (таблица 8).

Таблица 8 – Органолептические показатели образцов

Показатель	Какао-порошок	Меланин	
		контрольный	опытный
Внешний вид	Мелкодисперсные частицы, без крупинок	Однородные всесторонне свободные мелкие твердые частицы различной формы	
			
Цвет	Однородный насыщенный коричневый	Однородный темно-коричневый с блеском	Однородный коричнево-черный с блеском
Вкус и аромат	Свойственные какао-порошку	Без запаха; вкус пресный, слегка вяжущий	
Консистенция	Порошкообразная		

Из таблицы 8 видно, что образцы обладают однородной порошкообразной консистенцией, при растирании между пальцами нет ощущения крупинок, запах и вкус свойственные исходному сырью, без посторонних привкусов и запахов, затхлости и плесени. Образцы меланина по внешнему виду, текстуре похожи на какао-порошок, однако цвет их более выражен, у опытного образца меланина

наиболее интенсивный, коричнево-черный. Данные органолептической оценки позволяют рассматривать меланин как ингредиент, который может частично заменить какао-порошок в составе кондитерской какаоcодержащей глазури.

Для того чтобы установить формы частиц мелкодисперсных порошков образцов, провели микроскопирование с использованием микроскопа Levenhuk DT870T при увеличении 800 крат (рисунок 8).

Установлено, что наиболее близкие к какао-порошку и однородные по размеру и форме частицы в опытном образце меланина, что позволяет предположить его бóльшую технологическую адекватность при добавлении к какао-порошку для получения кондитерской глазури.

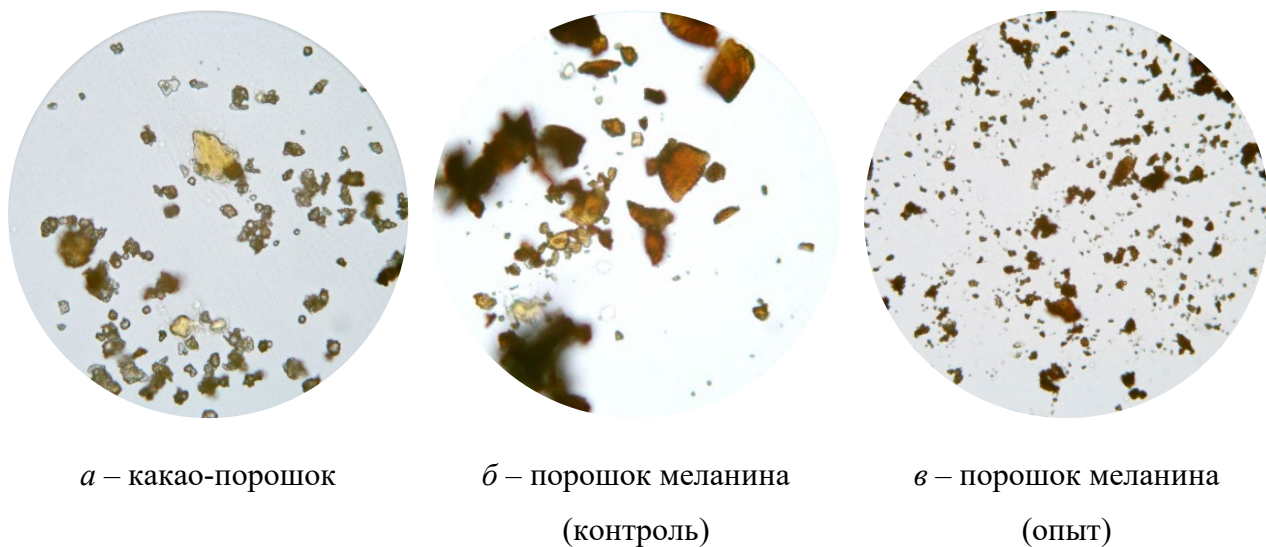


Рисунок 8 – Результаты микроскопирования образцов какао-порошка и меланина

Значения физико-химических показателей приведены в таблице 9.

В ходе экспериментальных исследований установили, что по влажности порошки меланина соответствуют образцу какао-порошка, показатель рН образцов меланина находится в интервале 5,9–6,0 ед. рН, т. е. ниже активной кислотности образца какао-порошка, что с точки зрения технологии не влечет

Таблица 9 – Физико-химические показатели образцов ($n = 3$, $M \pm m$)

Показатель	Требования ГОСТ 108-2014 (для производственного какао-порошка)	Какао- порошок	Меланин	
			контрольный	опытный
Массовая доля влаги, %	Не более 7,5	$5,2 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,3$	$4,3 \pm 0,3$
Массовая доля 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
Массовая доля общей золы, %	Не более 6,0	$4,9 \pm 0,6$	$5,2 \pm 0,6$	$5,4 \pm 0,6$
Массовая доля золы, не растворимой в растворе соляной кислоты массовой долей 10 %, %	Не более 0,2	$0,12 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02$	$0,18 \pm 0,02$
Массовая доля металломагнитной примеси (частицы не более 0,3 мм в наибольшем линейном измерении), %	Не более 0,0003	Отсутствуют		

изменений режима гомогенизации глазурей, выработанных с их использованием, для формирования требуемых органолептических свойств готовой кондитерской глазури.

Процесс измельчения рецептурной смеси – обязательная технологическая стадия производства шоколадной глазури. Для получения требуемых реологических свойств полуфабриката в процессе глазирования изделий необходимо, чтобы размерный ряд твердых (нежировых) частиц рецептурной

смеси находился в узком диапазоне распределения от 30 до 75 мкм, поскольку крупные частицы дают неудовлетворительное ощущение во рту, однако для кондитерской глазури возможен не столь мелкий помол, как для шоколада для непосредственного потребления [41; 53].

Наряду со степенью измельчения порошкообразных сырьевых ингредиентов глазурей, с производственной точки зрения важными являются и такие свойства, как дисперсный состав, растворимость, влаго- и жиरोудерживающая способность. В связи с тем, что использование меланина в виде порошка в составе кондитерских глазурей остается малоизученным, представляется важным и практически значимым изучение и таких свойств меланина, выделенного из лузги гречихи посевной, как температурная стабильность и светостойкость. Вышеназванные показатели, обуславливающий технологическую адекватность образцов меланина, определены следующими методами:

1) гранулометрический состав образцов исследовали методом микроскопии на оптическом микроскопе Levenhuk DT870T с использованием системы визуализации на основе цифровой камеры TourCam UA1600CA (разрешение камеры 16 Мп) и программного обеспечения TourView. Обработку и анализ полученных изображений проводили с использованием системы анализа изображений ImageProc;

2) растворимость в водной и жировой (подсолнечное масло) средах. Для этого брали навески образцов меланина массой 1 г, помещали в мерную колбу объемом 100 мл, затем заполняли колбу дистиллированной водой/маслом до метки и непрерывно встряхивали в течение 10 мин. Далее отфильтровывали полученный раствор под вакуумом на воронке Бюхнера, оставшийся осадок высушивали в сушильном шкафу до постоянной массы и взвешивали. Растворимость образцов меланина определяли по массе осадка по [174]. Расчет растворимости полученных образцов меланина проводили по формуле:

$$R = \frac{(m_{\text{навески}} - m_{\text{осадка}})}{m_{\text{навески}}} \cdot 100\%; \quad (2)$$

3) температурную стабильность образцов пигмента меланина измеряли после обработки различными температурами на термостатируемой водяной бане при 20; 40; 60; 80 и 100 °С в течение 3 ч, а затем регистрировали поглощение растворов при 220 нм на спектрофотометре Shimadzu UV1800 по [174];

4) светостойкость меланина определяли путем выдерживания раствора меланина (5 мг/мл) при естественном освещении, в темном месте и под ультрафиолетовым светом на расстоянии 30 см в течение 2 сут, с интервалом 12 ч измеряли максимальное поглощение при 220 нм на спектрофотометре Shimadzu UV1800 по [174].

Определение интенсивности и оттенка цвета образцов какао-порошка, контрольного и опытного меланина проводили в этанольных экстрактах. Этанольные экстракты получали экстракцией по следующей схеме: 1 г образца суспендировали в 100 см³ 50 % водного раствора этанола в конических колбах и перемешивали на орбитальном шейкере (Biosan OS-20) (150 об/мин) в течение 30 мин при температуре 50 °С. Полученные экстракты отфильтровывали через фильтровальную бумагу, полученные фильтраты доводили до объема 500 см³ в мерных колбах тем же раствором, что был использован для экстракции окрашенных соединений. Оптическую плотность полученных экстрактов измеряли при 420; 520 и 620 нм с использованием сканирующего UV/VIS-спектрофотометра Shimadzu UV1800 относительно экстрагента. Результаты выражали в единицах оптической плотности (е.о.п.). Интенсивность *I* цвета образцов определяли путем сложения полученных значений оптических плотностей, оттенок цвета *T* определяли путем отношения значений оптической плотности при 420 и 520 нм [171].

Вклады желтого (420 нм), красного (520 нм) и синего (620 нм) пигмента определяли согласно методике, предложенной [171; 130] и позволяющей определять хроматическую структуру цвета с использованием следующих соотношений:

$$D_{420}(\%) = \frac{100 \cdot D_{420}}{I}; \quad D_{520}(\%) = \frac{100 \cdot D_{520}}{I}; \quad D_{620}(\%) = \frac{100 \cdot D_{620}}{I}. \quad (3)$$

Исследование трихроматических характеристик проводили в системе CIE 1931 XYZ, учитывающей все воспринимаемые человеком цвета и позволяющей получить необходимый цвет путем смешивания трех основных цветов, по методикам, изложенным в [139] с последующим определением координат цветности (x и y) по следующим формулам:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}; \quad y = \frac{Y}{X + Y + Z}, \quad (4)$$

где X , Y и Z – относительные цветовые координаты, определяемые как:

$$X = 0,42T_{625} + 0,35T_{550} + 0,21T_{445}; \quad (5)$$

$$Y = 0,20T_{625} + 0,63T_{450} + 0,17T_{495}; \quad (6)$$

$$Z = 0,24T_{495} + 0,94T_{445}. \quad (7)$$

Цветовые различия (цветовую разницу ΔE) между образцами какао-порошка и меланином оценивали с использованием системы CIE $L^*a^*b^*$ [14] по формуле

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (8)$$

где ΔL^* – разница между светлотой образцов; Δa^* – разница между значениями координат цвета двух образцов по зелено-красной хроматической оси; Δb^* – разница между значениями координат цвета двух образцов по желто-синей хроматической оси.

Координаты цветности для расчета значений L^* , a^* и b^* рассчитывали оптимизированным способом [138]:

$$X = 19,717\tau_{450} + 1,884\tau_{520} + 42,539\tau_{570} + 32,474\tau_{630} - 1,841;$$

$$Y = 7,950\tau_{450} + 34,764\tau_{520} + 42,736\tau_{570} + 15,759\tau_{630} - 1,180;$$

$$Z = 103,518\tau_{450} + 4,190\tau_{520} + 0,251\tau_{570} - 1,831\tau_{630} + 0,818,$$

где τ_{450} , τ_{520} , τ_{570} и τ_{630} – величина коэффициента пропускания при соответствующей длине волны.

Определение расчетных координат L^* , a^* и b^* осуществляется согласно рекомендациям, приведенным в [137].

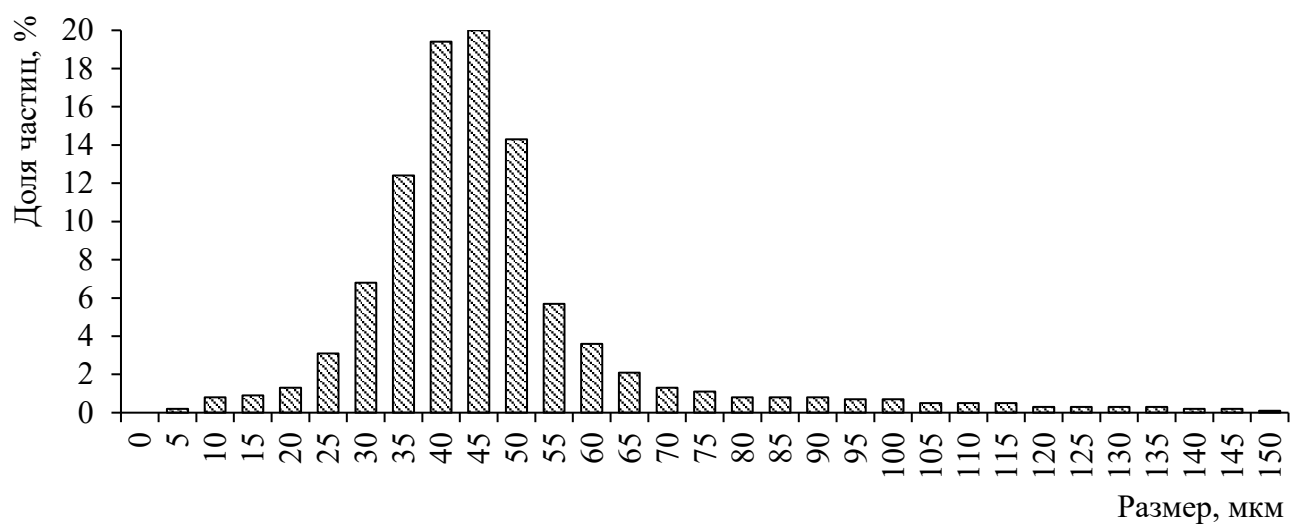
Анализ гранулометрического состава образцов показал, что какао-порошок и порошки меланина являются полидисперсными системами (рисунок 9).

В результате исследований определен дисперсный состав какао-порошка, контрольного и опытного меланина. Контрольный образец меланина имел самые крупные размеры частиц, основная часть которых (76,3 %) находилась в диапазоне от 85 до 120 мкм.

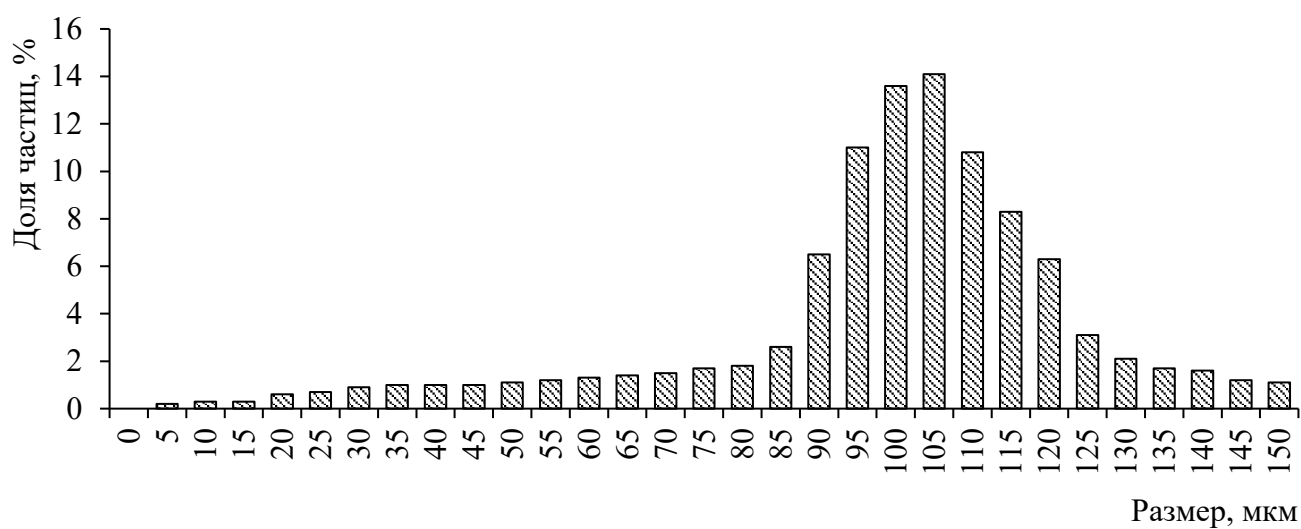
Можно видеть, что дисперсный состав какао-порошка и опытного меланина являются практически идентичными. При этом для опытного образца меланина характерны частицы с размером от 15 до 45 мкм, в то время как для какао-порошка – частицы с размерами от 25 до 55 мкм.

Таким образом, благодаря более меньшим линейным размерам частицы опытного меланина будут более равномерно распределяться среди частиц какао-порошка, образуя при этом более гомогенизированные смеси, что повысит технологические свойства кондитерской глазури и исключит образование визуальных дефектов, связанных с появлением неровностей на поверхности изделия за счет попадания крупных частиц.

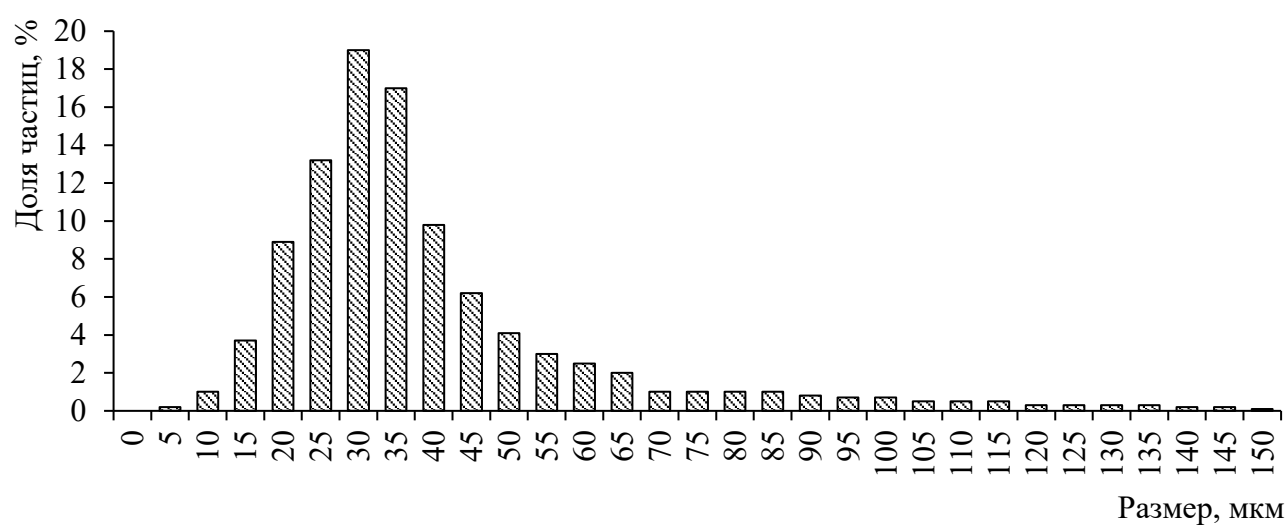
При исследовании растворимости образцов меланина установлено, что в воде они растворяются неполностью: растворимость контрольного образца составила 26,8 %, опытного – 26,6 %. Жирорастворимость образцов меланина определить не удалось, поскольку при размешивании образца меланина в масле образуются устойчивые эмульсии, что не дает возможности определить степень жирорастворимости (таблица 10).



а – какао-порошок



б – меланин (контроль)



в – меланин (опытный)

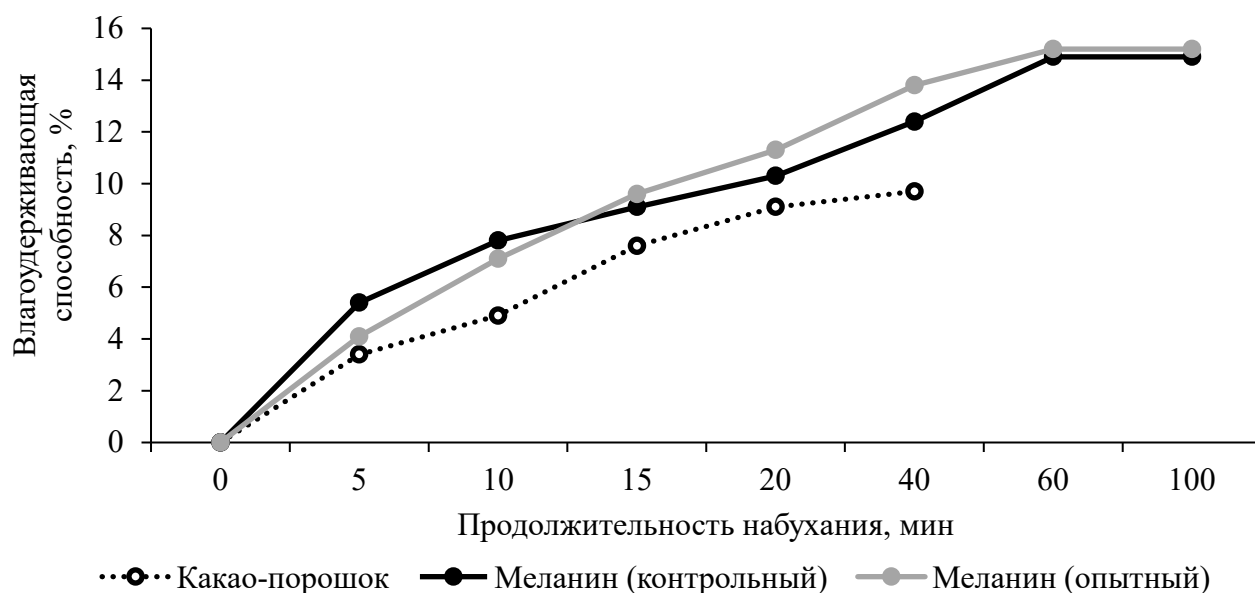
Рисунок 9 – Результаты гранулометрического анализа образцов

Таблица 10 – Технологические свойства образцов ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Значение, %		
	Какао-порошок	Меланин	
		контрольный	опытный
Растворимость в воде	$68,0 \pm 0,1$	$26,8 \pm 0,1$	$26,6 \pm 0,1$
Влагоудерживающая способность	$9,7 \pm 0,2$	$15,2 \pm 0,2$	$14,9 \pm 0,3$
Жирудерживающая способность	$9,2 \pm 0,2$	$9,1 \pm 0,2$	$9,0 \pm 0,2$

Высокая способность удерживать воду в пищевых продуктах (хлебобулочных, кондитерских и т. д.), улучшает текстуру, удлиняет сроки хранения, предотвращая черствость, что очень важно для кондитерской глазури.

ВУС выражали в процентах к общему объему внесенной воды. Анализ полученных данных показал, что набухание частиц мелкодисперсного меланина происходит медленно и постепенно. Пик ВУС опытного меланина отмечался через 60 мин набухания и составил 14,9 % (рисунок 10).

**Рисунок 10** – Динамика влагоудерживающей способности образцов

Полученный результат связывали с постепенным проникновением воды в частицы меланина, а также более крупными и неоднородными частицами,

получаемыми при простом измельчении. ВУС образцов меланина составила 14,9–15,3 % что определяется главным образом разветвленной структурой с большим количеством гидроксильных групп, удерживающих воду за счет электростатических взаимодействий. Также в составе образца меланина присутствует остаточное количество целлюлозы и гемицеллюлоз, имеющих развитую систему субмикроскопических капилляров, что определяет способность поглощать и удерживать воду.

Жиросодержащую способность (ЖУС) выражали в процентах к общему объему внесенного масла (рисунок 11).

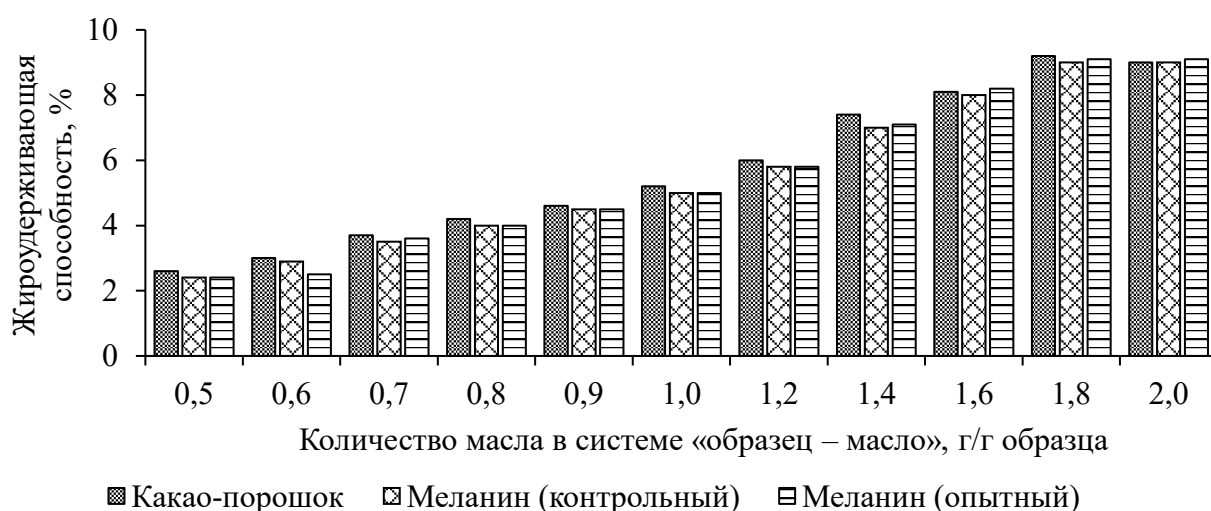


Рисунок 11 – Жиросодержащая способность меланина

Максимальная жиросодержащая способность опытного меланина составила 9,0 %, что является достаточно высоким значением и способствует сохранности количества массы продукта при хранении.

ВУС и ЖУС обуславливают свойства продукта сохранять заданное рецептурой количество влаги и жира в процессе приготовления. В процессе термической обработки полуфабриката происходят физико-химические изменения ингредиентного состава. Часть влаги и жира отделяются, в результате чего происходит потеря массы. В составе продукта остаются удержанная влага и жир, количество которых определяет влаго- и жиросодержащие способности полуфабриката.

Полученные значения ВУС и ЖУС опытного образца меланина свидетельствуют о его высоких технологических свойствах и делают возможным его применение в технологии кондитерских полуфабрикатов, в частности глазури.

4.1.2 Оценка характеристик и стойкости цвета образцов меланина для использования в качестве альтернативы какао-порошку

Цель данного этапа состояла в сравнительном исследовании цветовых характеристик какао-порошка и образцов меланина для использования последнего в качестве возможной замены части какао-порошка при изготовлении кондитерских глазурей.

Решались следующие задачи: изучение интенсивности и оттенка цвета растворов какао-порошка и образцов меланина из лузги гречихи; исследование хроматической структуры цвета образцов и определение цветовых различий между образцами по методике CIE $L^*a^*b^*$ в соответствии с рекомендациями Международной комиссии по освещению 1950 г.

Результаты определения интенсивности и оттенка цвета исследуемых образцов представлены на рисунке 12.

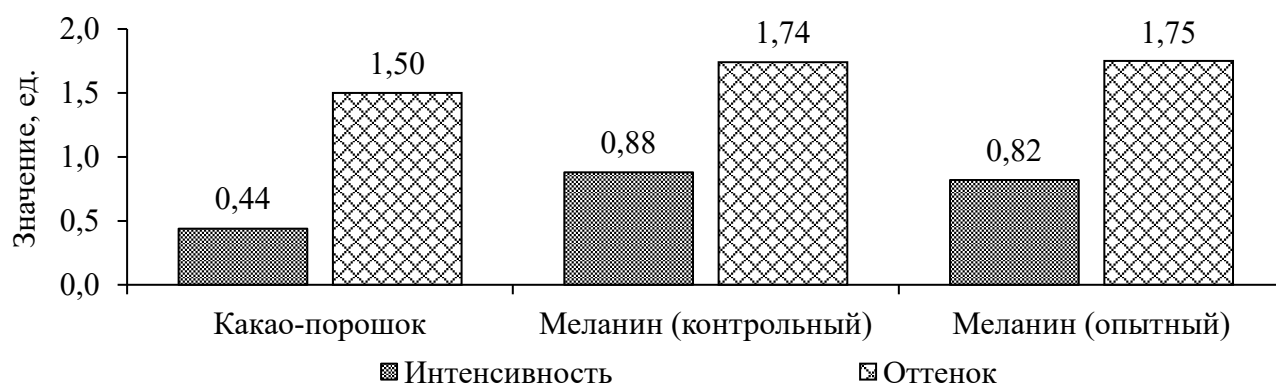


Рисунок 12 – Оптическая плотность образцов какао-порошка, опытного и контрольного меланина из лузги гречихи ($M, n = 3$)

Можно видеть, что интенсивность цвета образцов меланина превышает аналогичный показатель какао-порошка 1,8–2,0 раза, что говорит о более высокой красящей способности меланина. Значение оттенка цвета для меланинов также выше по сравнению с образцом какао-порошка (на 16 %), таким образом, можно говорить о большей интенсивности желто-коричневых тонов в цвете меланина.

При определении соотношений пигментов, формирующих цвет какао-порошка и образцов меланина, было установлено, что исследуемые образцы имеют схожую хроматическую структуру цвета (рисунок 13).

Свидетельством наличия коричневых оттенков в цвете может являться угловой оттенок цвета α , рассчитываемый как тангенс разницы оптической плотности при длинах волн 520 и 420 нм [61; 160].

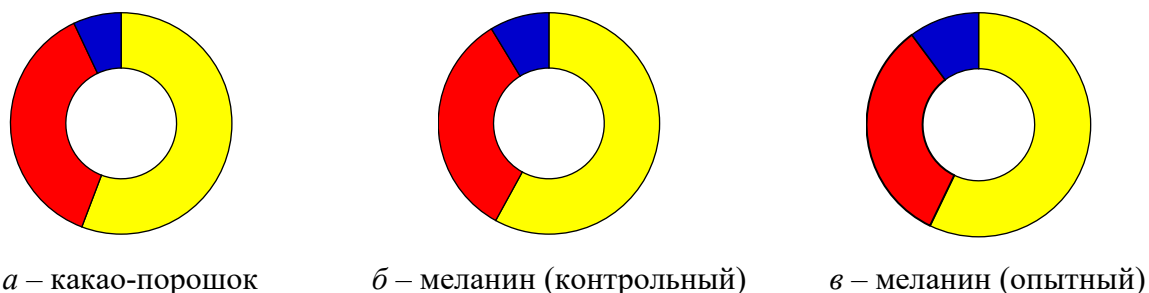


Рисунок 13 – Хроматическая структура цвета образцов какао-порошка, опытного и контрольного меланина из лузги гречихи ($M, n = 3$)

Значение углового оттенка цвета для образца какао-порошка составило минус $7,01^\circ$, для образцов контрольного и опытного образцов меланина – минус $20,27^\circ$ и минус $18,19^\circ$ соответственно. Отрицательные значения указывают на коричневый оттенок цвета.

В таблице 11 представлены значения относительных цветовых координат исследуемых образцов, а также рассчитанные координаты цветности. Полученные результаты свидетельствуют о близости координат цветности изучаемых образцов, соответственно визуальные различия между цветом какао-порошка и меланинов незначительны, поэтому потенциально меланин может

Таблица 11 – Значения относительных цветовых координат и координаты цветности в системе CIE 1931 XYZ

Образец	Относительные цветовые координаты			Координаты цветности	
	X	Y	Z	x	y
Какао-порошок	21,61	15,66	8,04	0,4769	0,3456
Меланин (к)	14,51	9,79	6,22	0,4754	0,3208
Меланин (о)	13,21	10,13	6,43	0,4618	0,3292

использоваться как частичная замена какао-порошка в рецептурах кондитерских изделий.

На основе рассчитанных цветовых координат с использованием цветового конвертера [111] была выполнена визуализация цвета какао-порошка, контрольного и опытного меланинов в системе цвета Adobe RGB (1998) (рисунок 14).

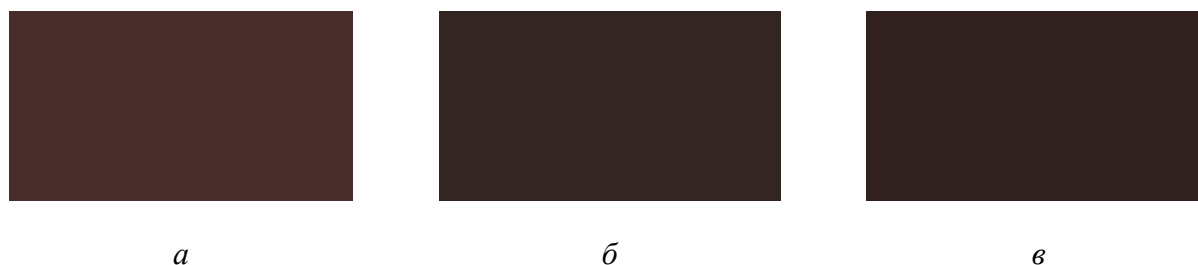


Рисунок 14 – Визуализация цвета опытных образцов
в системе цвета Adobe RGB (1998)

Более достоверно и объективно цветовые различия между двумя образцами можно оценить с использованием методологии CIE $L^*a^*b^*$ 1950 г. Как показали результаты проведенных расчетов, цветовые различия в парах «какао-порошок – контрольный образец меланина» и «какао-порошок – опытный образец меланина» составляют соответственно $(0,2907 \pm 0,0364)$ и $(0,2251 \pm 0,0213)$, при этом цветовые различия второй пары менее существенны.

Результаты определения светостойкости представлены на рисунке 15.

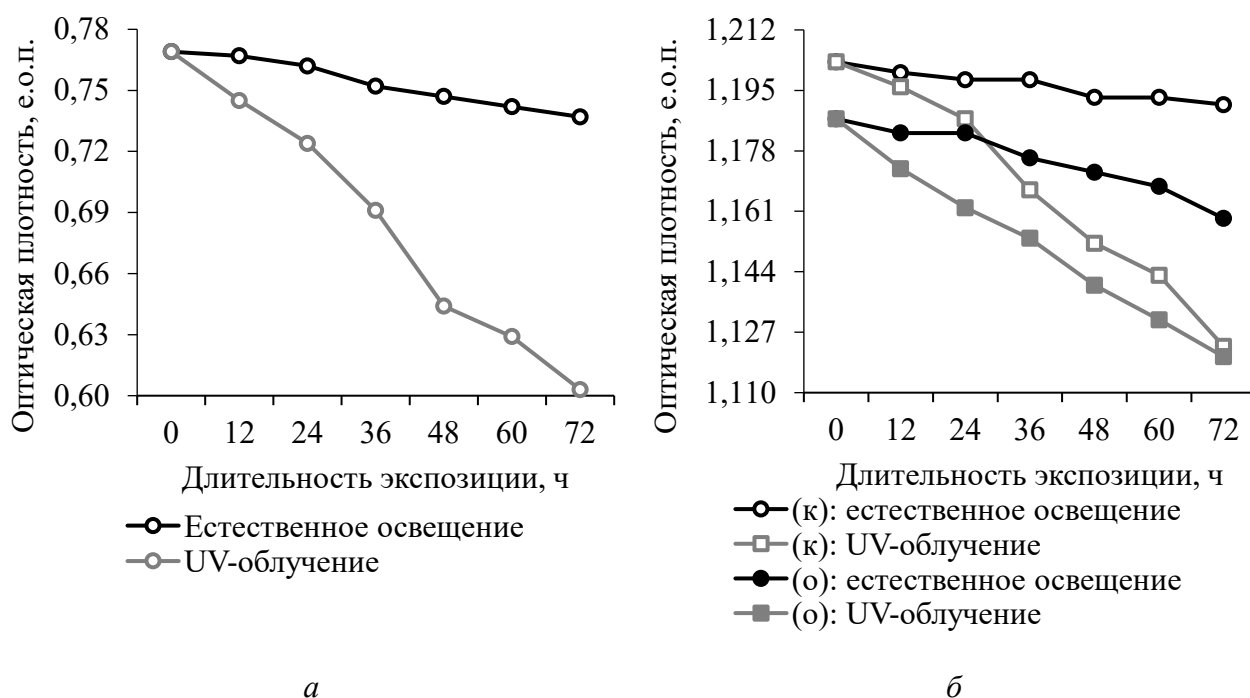


Рисунок 15 – Динамика стабильности окраски растворов какао-порошка (а), контрольного и опытного растворов меланина (б) под действием естественного освещения и ультрафиолетового облучения

Как показали полученные результаты, наибольшие изменения были отмечены для образцов, подвергнутых ультрафиолетовому облучению. При этом светостойкость образца какао-порошка оказалась практически в 2 раза ниже по сравнению образцами меланина. Таким образом, в составе пищевых систем меланин показывает более высокую стабильность к воздействию света, соответственно цвет шоколадных глазурей, полученных с добавлением меланина, будет сохраняться даже при длительной экспозиции готового продукта.

Поскольку получение кондитерской глазури идет при повышенных температурах, требовалось дополнительно изучить температурную стабильность меланина относительно аналогичного показателя какао-порошка. Результаты представлены на рисунке 16. В случае какао-порошка степень деградации оптической плотности раствора превысила 20 %, в то время как для образцов меланина этот показатель не превысил 1,14 % для контрольного образца меланина и 2,24 % – для опытного.

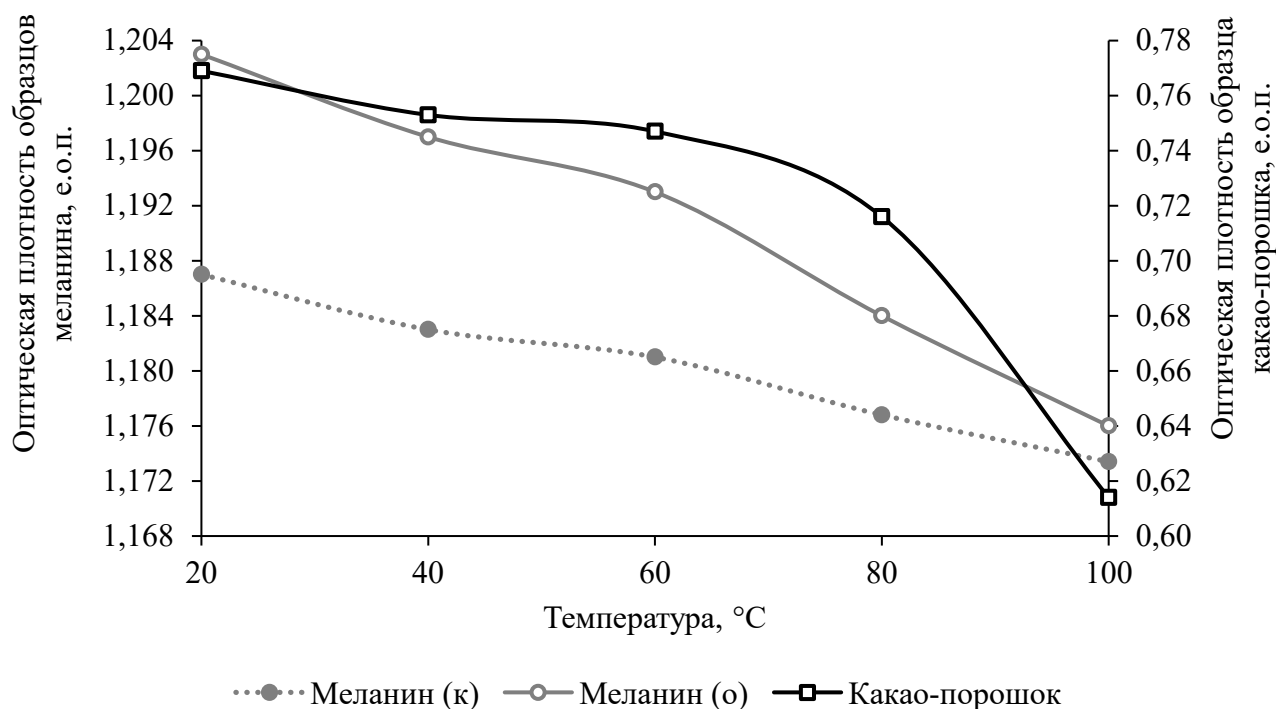


Рисунок 16 – Динамика стабильности окраски растворов какао-порошка, контрольного и опытного растворов меланина под действием температуры

Таким образом, показана возможность использования спектрофотометрических методов для оценки цветовых характеристик меланина, что в перспективе позволяет разработать оценочную шкалу для разработки более простых и воспроизводимых методов оценки цвета меланина, например, методов визуального сравнения с эталонами.

Результаты исследования показали, что применение меланина из лузги гречихи в качестве частичной замены какао-порошка в рецептурах кондитерских шоколадных глазурей весьма перспективно. Оценка цветовых характеристик меланина и какао-порошка позволила установить, что интенсивность коричневого цвета для образцов меланина значительно выше, что позволяет использовать в шоколадных глазурах неалкализированный какао-порошок, обладающий более выраженным флейвором, а интенсивность цвета какаосодержащей глазури можно компенсировать добавлением порошка меланина из лузги гречихи в качестве натурального красителя.

4.2 Функциональные свойства образцов меланина

Все виды меланиновых пигментов, являясь длинноцепочечными полимерами с большим молекулярным весом и сложной кристаллической структурой, обладают высокой биологической активностью. Так, хорошо известны ингибирующее действие меланинов на процесс перекисного окисления липидов, вызываемое различными прооксидантами; протекторное действие, обеспечивающее надежную защиту клеточных систем от факторов мутагенной и канцерогенной природы, а также способность дезактивировать свободные радикалы; противовирусная, антибактериальная и антигрибковая активность, антиоксидантная активность [13].

Одним из наиболее важных показателей физиологической активности природных веществ является их сорбционная способность, характеризующая количество миллиграммов иона металла, связанное одним граммом вещества. Сорбционная способность биологически активных веществ дает основание рекомендовать их для включения в рационы лечебно-профилактического питания с целью очищения организма от тяжелых металлов.

Для характеристики сорбционной способности в качестве металла обычно выбирают свинец, являющийся эталоном при анализе лекарственных веществ на содержание тяжелых металлов. В то же время медь относится к числу тяжелых металлов, которые могут загрязнять пищевые продукты. Связывание меди в реакции комплексообразования с меланином лежит в основе профилактики возможных последствий ее попадания в организм человека в избыточных количествах. Известно, что медь как тяжелый металл связывается с карбоксильными, фосфатными группами биомолекул, снижая активность ферментов и купируя метаболические процессы.

Сорбционную способность экстракта меланина определяли путем его взаимодействия с растворами соли меди в щелочной среде, так как Л. А. Михеевой и ее коллегами [51] ранее было показано, что в щелочной среде сорбционная способность максимальна по сравнению с кислой. Данный факт

важен с точки зрения метаболизма меди, так как известно, что экскреция происходит главным образом через кишечник со щелочной средой.

Растворы выдерживали в термостате, а осадки отделяли фильтрованием. Измерение оптической плотности растворов проводили на спектрофотометре Shimadzu UV1800, по результатам строили градуировочный график зависимости концентрации связанных ионов меди от оптической плотности. Связывающую способность определяли путем взаимодействия 10 мл раствора меланина с 4 % раствором CuSO_4 . Растворы выдерживали в термостате в течение 1 ч и при температуре 37°C , имитируя температуру организма человека. Полученные осадки отделяли фильтрованием и производили измерения оптической плотности растворов при длине волны 620 нм.

Сорбционные свойства образцов меланина и глазури изучены по отношению к ионам меди спектральным методом по оптической плотности с построением калибровочного графика (рисунок 17).

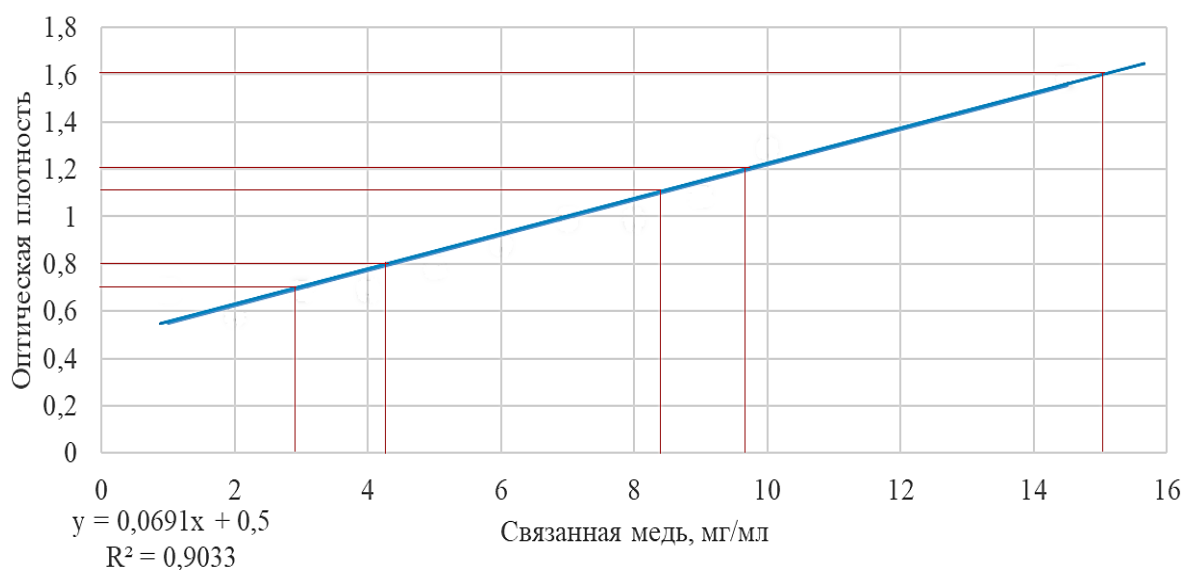


Рисунок 17 – Количество меди, связанной 0,5 % раствором экстракта меланина

Как следует из представленных данных, значение оптической плотности испытуемых растворов с увеличением доли экстракта меланина увеличивается, что свидетельствует об уменьшении содержания ионов меди в растворе и

увеличении количества связанной меди. При этом наблюдается пропорциональная зависимость.

По данным рисунка 17 определяли значение меди, связанной 0,5 % раствора экстракта меланина (таблица 12).

Таблица 12 – Оптическая плотность испытуемых растворов

Опыт	4 % раствор CuSO ₄ , см ³	0,5 % раствор экстракта меланина, см ³	Вода, см ³	Оптическая плотность, е.о.п.	Количество связанной меди, мг
1	2	0,0	8,0	0,7	3,5
2	2	1,0	7,0	0,9	6,0
3	2	2,0	6,0	1,1	8,3
4	2	4,0	4,0	1,2	9,5
5	2	6,0	2,0	1,6	15,0

Таким образом, чем выше значение сорбционной способности, тем более эффективен меланин как детоксикант. С помощью 1 мл 0,5 % раствора экстракта меланина гречневой лузги возможно связать 9,666 мг меди. Меланин образует комплекс с медью благодаря наличию функциональных группировок, в том числе гидроксильных (спиртовых) и фенольных групп, аминных и амидных групп, конденсированных бензольных колец, фенольных структур и карбонильных групп [163].

Стоит отметить, что адекватная обеспеченность организма медью приводит к улучшению фибринолитической активности крови, снижая риск развития сердечно-сосудистых заболеваний. Избыточное поступление меди в организм ведет к отложению ее в тканях (болезни Вильсона). Развивается цирроз печени, гепатолентикулярная дегенерация: образуется плохо растворимый комплекс меди с аминокислотами, который откладывается в чечевидном ядре мозга, клетках печени, селезенки, сетчатке глаза. Возникают дегенеративные изменения в органах, светобоязнь. При болезни Вильсона содержание меди

увеличивается практически в 100 раз по сравнению с нормой [110]. Повышение меди в крови встречается при таких заболеваниях, как лейкемия, лимфома, ревматоидный артрит, цирроз, нефрит.

Исследование антиоксидантной активности экстрактов образцов меланина, какао-порошка и кондитерской глазури проводили стандартным методом по ГОСТ Р 54037-2010 «Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках».

При исследовании антиоксидантной активности экстракта образца меланина оценку образовавшихся хелатов Fe (II) с α, α' -дипиридилем проводили по оптической плотности раствора при 522 нм. В результате получилось, что АОА 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина, что хорошо согласуется с литературными данными: значения АОА экстракта меланина в эквивалентах аскорбиновой и галловой кислот составляют 0,034 и 0,128 г соответственно [173]. Антиоксидантный механизм экстракта меланина может быть обусловлен как его реакцией с активными формами кислорода, так и со способностью утилизировать свободные радикалы. Таким образом, меланин может быть использован как пищевой краситель растительного происхождения, обладающий дополнительно антиоксидантными свойствами.

Таким образом, в эксперименте установлена способность выделенных из гречневой лузги образцов меланина связывать ионы тяжелых металлов, в частности меди, в щелочной среде, аналогичной среде кишечника, при температуре организма человека 37 °С. Данный факт позволяет рекомендовать исследуемый образец меланина к использованию в качестве детоксиканта при отравлениях солями тяжелых металлов, а также для профилактики ряда заболеваний. Результаты исследований показали, что 1 г 0,5 % раствора экстракта меланина гречневой лузги связал 966,6 мг/мл меди, а АОА 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина.

Таким образом, выделенные из лузги гречихи водорастворимые образцы меланина могут использоваться как функциональные пищевые ингредиенты –

антиоксиданты и биосорбенты, что позволяет рекомендовать их в качестве альтернативы какао-порошку в составе кондитерских глазурей.

Также АОА образца меланина подтверждена в эксперименте *in vitro* в ФГБНУ ВИЛАР с применением комбинированной глутатионредуктазной и каталазной биотест-системы [56].

Методы исследования: для выявления антиоксидантной активности меланина использовали комбинированную специфическую ферментную биотест-систему *in vitro* на основе каталазы и глутатионредуктазы [66], которая входит в состав уникальной научной установки ФГБНУ ВИЛАР «Биологические коллекции специфических ферментных биотест-систем *in vitro* (БК-СФБТС)».

Скорость глутатионредуктазной (ГР) реакции определяли спектрофотометрически [164] по убыли поглощения при 340 нм за счет окисления НАДФН эквимольным количеством восстановленного глутатиона. Измерения проводили на анализаторе для клинической химии Clima MC-15 при 24 °С (Италия).

Для определения скорости каталазной (КАТ) реакции использовали метод [37], основанный на способности перекиси водорода образовывать с солями молибдена стойкий окрашенный комплекс, т. е. измерения вели по убыли перекиси водорода в процессе реакции. Измерения проводили на анализаторе для клинической химии Clima MC-15 при 24 °С (Италия).

Обработка результатов экспериментальных исследований проведена с использованием пакета программ статистического анализа Statistica 13 (StatSoft, США). Для оценки значимости отличий между выборками с распределением, приближающимся к нормальному, использовался *t*-критерий Стьюдента. Критический уровень значимости *P* при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05.

Для оценки непосредственного действия меланина на протекание ферментных реакций (каталазной и глутатионредуктазной) использовали значения скорости реакций, полученные при оптимальной концентрации изучаемого объекта – 3,3 и 6,6 мкг/мл. Результаты представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Влияние меланина на активность ГР и КАТ *in vitro*

Вариант опыта	Скорость реакции ($M \pm m$)			
	глутатионредуктазная		каталазная	
	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.				

Как видно из представленных данных, меланин увеличивал скорость каталазной и глутатионредуктазной реакций, проявляя антиоксидантные свойства [56].

Таким образом, при изучении биологической активности меланина с применением специфических ферментных биотест-систем *in vitro* были выявлены его антиоксидантные свойства.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОНДИТЕРСКИХ ГЛАЗУРЕЙ, СОДЕРЖАЩИХ ПОРОШОК МЕЛАНИНА

5.1 Обоснование рецептурного состава образцов глазурей

Многочисленными исследованиями доказано, что подщелаченный (алкализированный) какао-порошок содержит намного меньше летучих соединений, чем обжаренный натуральный какао-порошок [124]. Подщелачивание во время обжарки является одним из способов, которые используются в промышленных масштабах для изменения цвета какао-порошка с различной восприимчивостью к образованию о-хинонов и реакции Майяра, особенно неферментативных коричневых соединений. Ощелачивание, или алкализация, играет важную роль в улучшении таких характеристик порошка, как интенсивность цвета, а также смачиваемость и диспергируемость [124]. Однако доказано, что при подщелачивании изменяется и ароматический профиль какао-порошка (рисунок 18).

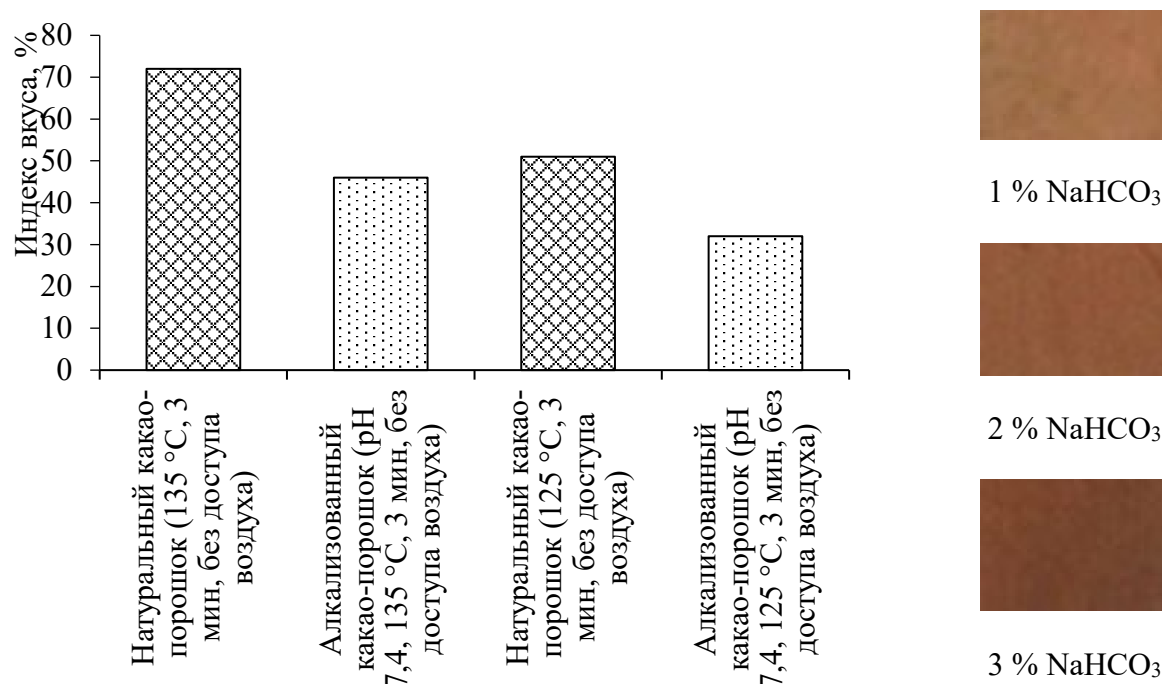


Рисунок 18 – Влияние концентрации щелочи на интенсивность цвета
и индекс вкуса какао-порошка [123]

По данным М. Puchol-Miquel и ее коллег [161], бобы, подщелаченные в мягких условиях, имели во вкусовом профиле больше тонов какао, шоколада и терпкости, меньше оттенков щелочности, чем те, которые подщелачивались в более жестких условиях.

Также имеются сведения, что при подщелачивании происходит частичное снижение усвояемости и пищевой ценности – потенциальной антимуtagenной, иммуномодулирующей и антиоксидантной активности за счет разрушения/деградации полифенольных соединений, незаменимых свободных аминокислот, пирона, фуранеола и других соединений, что является важным фактором в сохранении качества какао [124; 165; 176].

Известно влияние подщелачивания на ухудшение реологических характеристик теста, в частности упругости [161].

Для оценки возможности использования меланина в качестве альтернативы какао-порошку, в том числе для замены алкализированного какао-порошка в рецептурах кондитерских глазурей, исследовали влияние порошка меланина на цветовые характеристики готовой кондитерской глазури.

В качестве образца сравнения использована кондитерская глазурь на основе алкализированного какао-порошка (образец 1). Было приготовлено пять опытных образцов кондитерской глазури: один на основе неалкализированного какао-порошка (образец 2), а также четыре образца, содержащих 3; 5; 7 и 10 % порошка меланина в качестве замены какао-порошка (образцы 3–6). Для исследования цветовых характеристик полученных глазурей образцами покрывали белые пластины, давали застыть, а затем с использованием цифровой фотокамеры в белом боксе делали снимки поверхности глазурей. Далее снимки обрабатывали с применением интернет-ресурса ImageColorPicker.online [136], позволяющего с использованием классического для фоторедакторов инструмента «пипетка» определить координаты цвета любой точки загруженного изображения в модели RGB. Затем, используя цветовой конвертер, определяли координаты цвета в трихроматических координатах XYZ. Внешний вид шоколадных глазурей представлен на рисунке 19.

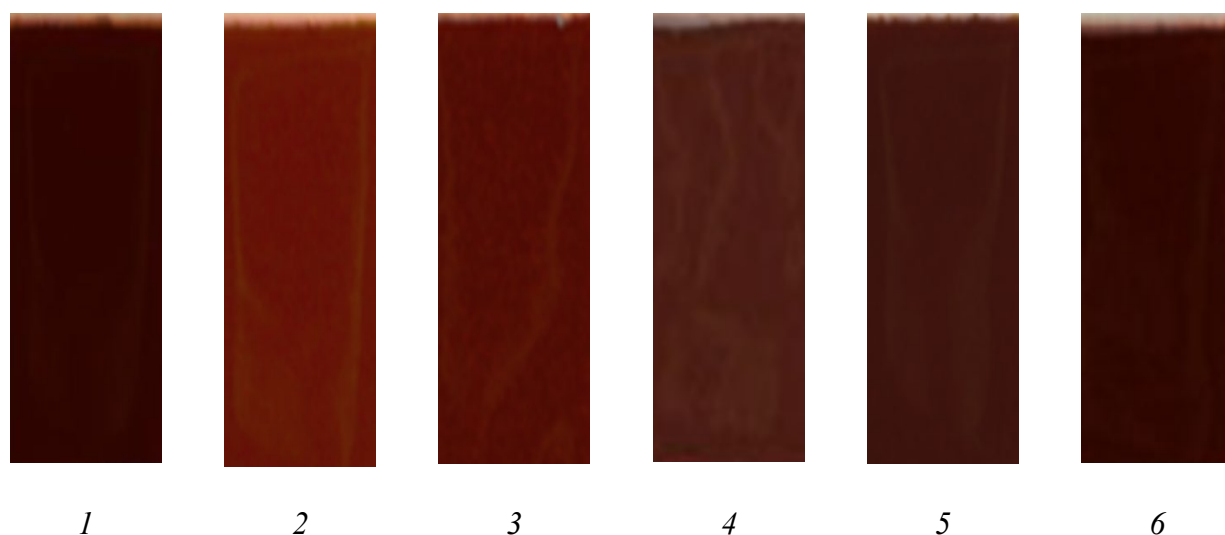


Рисунок 19 – Фотографии поверхности кондитерских глазурей:

- 1 – глазурь на основе алкализированного какао-порошка;
 2 – глазурь на основе неалкализированного какао-порошка;
 3–6 – глазури, содержащие 3; 5; 7 и 10 % порошка меланина

В таблице 14 представлены результаты анализа полученных изображений поверхности кондитерских глазурей с добавлением порошка меланина и без него.

Таблица 14 – Результаты исследования цветовых характеристик поверхности кондитерских глазурей

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	

Как показали результаты исследований, опытный образец 6, содержащий 15 % неалкализированного какао-порошка и 10 % порошка меланина, практически не отличается по цвету поверхности глазури от контрольного образца на основе алкализированного какао-порошка в количестве 25 % (образец 1). В связи с этим в дальнейших исследованиях объектами послужили два этих образца: 1 – контрольный, 6 – опытный (таблица 15).

Образцы кондитерской глазури с традиционным составом, в которых неалкализированный производственный какао-порошок частично заменен образцом мелкодисперсного меланина (опытные). В качестве контроля послужила глазурь приготовленная с алкализированным какао-порошком (темная). Образцы глазури получены по унифицированной рецептуре следующим образом: отмеренное количество воды и кристаллического сахара нагревали до температуры кипения, затем добавляли какао-порошок при температуре 96–98 °С в течение 6–8 мин. В полученную массу добавляли сахарную пудру и заменитель масла какао и снимали смесь с нагрева. Полученную массу гомогенизировали для получения однородной консистенции, характерного блеска и вязкости [95].

Выбор заменителя какао-масла обусловлен тем, что при производстве какаосодержащих кондитерских глазурей ЗМК «СолПро» 33935 (г. Саратов, холдинг «Солнечные продукты») проявляет следующие свойства: в расплавленном состоянии жир имеет низкую вязкость; не требует темперирования; имеет высокую скорость кристаллизации, что обеспечивает быстрое застывание глазури; придает изделиям глянцевый блеск; обеспечивает устойчивость изделий к жировому «поседению»; не содержит транс-изомеров жирных кислот; при кристаллизации дает хорошую усадку, вследствие чего изделия легко вынимаются из форм [29]. Данный тип ЗМК применяется при производстве твердых глазурей для мучных кондитерских изделий – «глазурей пекаря».

Таблица 15 – Рецептúra образцов кондитерской глазури (на 1000 г)

Ингредиент / НД	Содержание СВ, %	Расход ингредиентов, г			
		Контрольный образец		Опытный образец	
		в натуре	в СВ	в натуре	в СВ
Вода / СанПиН 1.2.3685-21	–	220,0	0,0	220,0	0,0
Сахар кристаллический белый* / ГОСТ 33222-2015	99,9	320,0	319,5	320,0	319,5
Заменители масла какао лауринового типа ЗМК «СолПро» 33935, $T_{\text{плав}}$ 32–35 °С / ТР ТС 024/2011 на масложировую продукцию**	86,0	100,0	86,0	100,0	86,0
Ароматизатор ванилин / ГОСТ 16599-71	93,6	10,0	9,4	10,0	9,4
Эмульгатор (соевый лецитин Е322)* / ГОСТ 32770-2014	99,3	100,0	99,3	100,0	99,3
Какао-порошок неалкализованный*** / ГОСТ 108-2014	94,8	250,0	237,0	150,0	142,2
Меланин / ТУ 10.89.19-000-02069214-2021 (проект)	95,7	–	–	100,0	95,7
Итого		1 000,0	751,2	1 000,0	752,1
Выход		870,0	653,5	870,2	654,5
Массовая доля влаги глазури, %		13,0 ± 0,8		12,8 ± 0,8	

Примечание – * По спецификации изготовителя.

** ТР ТС 024/2011 на масложировую продукцию распространяется в том числе и на заменители масла какао: заменители масла какао нетемперируемые лауринового типа – продукты с массовой долей жира не менее 99 %, не нуждающиеся в темперировании, изготавливаемые на основе модифицированных растительных масел, содержащие не менее 40 % массовой доли лауриновой кислоты, с добавлением или без добавления пищевых добавок и других пищевых ингредиентов [104].

*** По ГОСТ Р 53897-2010 «Глазурь. Общие технические условия» какао-продуктов в составе кондитерской глазури не может быть менее 15 % [19].

При выполнении экспериментальных исследований были использованы ингредиенты и вспомогательные вещества стандартного качества.

Образцы глазурей и глазированного печенья (опытные – с частичной заменой какао-порошка порошком меланина и контрольный – образец какаосодержащей кондитерской глазури с алкализованным производственным какао-порошком (темная глазурь)) исследованы стандартными принятыми в кондитерской отрасли методами (приведены выше) на соответствие требованиям ГОСТ Р 53897-2010 «Глазурь. Общие технические условия» [19] и ГОСТ 24901-2014 «Печенье. Общие технические условия» [17].

Определение перекисного числа проводили по МИ 2586-2000 «Перекисное, кислотное и йодное число жира в кондитерских изделиях. Методики выполнения измерений» [50].

Метод основан на взаимодействии перекисей, содержащихся в образце, с йодистым калием в присутствии ледяной уксусной кислоты с выделением йода и последующим титрованием раствором тиосульфата натрия с молярной концентрацией 0,002 моль/дм³ (если перекисное число не превышает 3,0 ммоль/кг) или 0,01 моль/дм³ (если перекисное число превышает 3,0 ммоль/кг). Перекисное число (X) в миллимолях активного кислорода на килограмм образца (ммоль/кг) рассчитывали по формуле

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot C \cdot 1000}{m}, \quad (9)$$

где V_0 – объем раствора тиосульфата натрия, используемого в контрольном измерении, см³; V_1 – объем раствора тиосульфата натрия, используемого для определения перекисного числа жира в образце с липидами, см³; C – концентрация используемого раствора тиосульфата натрия, моль/дм³; m – масса образца исследуемого глазури, г; 1 000 – коэффициент для пересчета результата измерения в миллимолях на килограмм.

Пластическую вязкость и предел текучести исследуемых глазурей определяли, согласно рекомендациям Международной ассоциации по производству какао, шоколада и кондитерских изделий из сахара (OICC), по

методу Кассона на ротационном вискозиметре BROOKFIELD DV2T при температуре 40 °С и в диапазоне скоростей сдвига от 5 до 60 с⁻¹. Варьировалась температура измерения от 35 °С до 45 °С.

Меланины, обладая высокой фармакологической и физиологической активностью, имеют очень низкую острую пероральную токсичность: средняя летальная доза LD₅₀ > 2 500 мг/кг. Объяснением, по мнению А. А. Иванова и его коллег [25], служит то, что в организме человека они существуют в виде «депо» связанных меланинов, высвобождаясь по мере необходимости в определенных физиологических ситуациях.

Суточная доза меланина для мышей массой 21–22 г составила 25–30 мг/кг при разовой дозе 0,5 мг/мл растворенного в воде меланина из гречневой лузги, выделенного по способу, описанному Б. Н. Огарковым и Л. В. Самусенок [69]. Для испытуемых мышей такая дозировка близостью к значениям, установленным для человека в качестве пищевой добавки по разным показаниям. При этом в эксперименте *in vivo* показано, что при такой суточной дозе и приеме в течение 15 сут в опытной группе животных отмечены замедление роста массы тела, снижение спонтанной двигательной активности и мышечной силы, нарушение иммуногематологического статуса. С уменьшением суточной дозы меланина в 4 раза (до 6,25–7,25 мг/кг) при наблюдении в течение 15 сут негативные эффекты у животных не отмечены, что обусловило использование меланина в составе рецептур [25]. Таким образом, безопасной является суточная доза 0,47–0,54 г на массу человека 75 кг (0,00625–0,00725 г/кг), что подтверждено в эксперименте *in vivo*.

На следующем этапе исследований была проведена математическая оптимизация рецептуры глазури, содержащей какао-порошок и меланин, с целью расчета минимальной себестоимости путем поиска решения линейной задачи симплекс-методом. В качестве ограничений при решении задачи было принято содержание меланина в глазури, равное 10 %, какао-порошка неалкализированного – 15 %, эмульгатора (соевого лецитина Е322) – 10 %, ароматизатора ванилина – 1 %.

Целевое содержание углеводов в продукте задавали на уровне 32 %, содержание жиров – 8,6 %. Расчет проводили на 1 000 г готового продукта. Исходные данные для расчета приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Данные для оптимизации рецептуры кондитерской глазури

Ингредиент	Массовая доля, %				Цена, р./кг
	жиров	углеводов	воды	сухих веществ	
Вода	0,0	0,0	100,0	0,0	0,03
Сахар	0,0	99,9	0,0	99,9	43,20
Масло	86,0	0,0	14,0	86,0	320,00
Ванилин	0,0	0,0	6,4	93,6	210,00
Лецитин	0,0	0,0	0,7	99,3	920,00
Какао	15,0	10,2	5,3	94,8	410,00
Меланин	0,0	0,0	4,3	95,7	350,00

Результаты решения линейной задачи оптимизации себестоимости кондитерской глазури представлены в таблице 17. Расчетная себестоимость глазури до оптимизации составляет 236,43 р./кг, после оптимизации – 227,41 р./кг.

Расчетная себестоимость глазури на основе какао-порошка составляет 242,43 р./кг, глазури с добавлением порошка меланина до оптимизации составляет 237,92 р./кг, себестоимость глазури с порошком меланина после оптимизации – 234,92 р./кг.

Таким образом, экономический эффект от внедрения оптимизированной рецептуры составит 4,51 р./кг кондитерской глазури, а общий экономический эффект от замены части какао-порошка в рецептуре кондитерской глазури на порошок меланина составит 7,51 р./кг.

Таблица 17 – Оптимизированная рецептура кондитерской глазури (на 1000 г)

Ингредиент	Содержание сухих веществ, %	Расход ингредиентов	
		в натуре, г	в СВ, %
Вода	–	261,2	0,00
Сахар кристаллический белый*	99,9	305,0	304,70
Заменители масла какао лауринового типа ЗМК «СолПро» 33935*	86,0	73,8	63,50
Ароматизатор ванилин	93,6	10,0	9,36
Эмульгатор (соевый лецитин E322)*	99,3	100,0	99,30
Какао-порошок неалкализованный	94,8	200,0	189,60
Меланин	95,7	50,0	47,90
Итого	–	1 000,0	714,40
Примечание – ** По спецификации изготовителя.			

5.2 Исследование свойств образцов глазури

На первом этапе определены органолептические показатели образцов глазури на соответствие требованиям ГОСТ Р 53987-2010 «Глазурь. Общие технические условия» (таблица 18).

Из приведенных данных видно, что оба образца являются стандартными, соответствуют ГОСТ Р 53987-2010 по всем органолептическим показателям.

Кондитерская глазурь с новым пищевым ингредиентом меланином должна соответствовать определенным целевым показателям с точки зрения адсорбции воды (в целях защиты глазированных изделий от влаги при их хранении), реологии (для качественного покрытия изделий) и вкуса (для потребителей) [53]. В то же время в исследовании S. Stankov и соавторов показано, что наиболее значимыми характеристиками кондитерской глазури для потребителей являются внешний вид и цвет, которые наряду со вкусом, послевкусием и консистенцией предлагается оценивать в ходе дегустации с помощью описательного теста для

количественного сенсорного профилирования по 10-балльной линейной шкале по истечении 8 ч после приготовления глазури (в застывшем состоянии) [169].

Таблица 18 – Органолептические свойства образцов глазури

Показатель	Требования ГОСТ Р 53897-2010	Образец 1	Образец 2
Вкус и запах	Свойственные для конкретного типа глазури, без постороннего привкуса и запаха	Свойственные для кондитерской какаосодержащей глазури, без посторонних привкуса и запаха	
Цвет:			
– в расплавленном состоянии	От белого до темно-коричневого	Темно-коричневый с блеском	
			
– в застывшем состоянии*	От белого до темно-коричневого. Допускается «поседение» снаружи и внутри	Темно-коричневый с блеском без признаков «поседения»	
			
Консистенция*	Твердая, однородная, без ощутимых частиц сахара, какао-продуктов, сухих молочных продуктов	Твердая, однородная, без ощутимых частиц твердых компонентов рецептуры	
Примечание – * По истечении 8 ч после приготовления глазури			

Описанная методика использована в эксперименте. Оценщикам (кондитерам предприятий общественного питания) были предложены два образца кондитерской глазури: контрольный с алкализованным какао-порошком в количестве 25 % (образец 1) и опытный с неалкализованным какао-порошком в количестве 15 % и порошком меланина в количестве 10 % от массы какао-порошка (образец 2). Данная дозировка обусловлена приведенными в таблице 13 результатами определения цветовых характеристик образцов порошков какао и меланина. Коэффициенты весомости определены оценщиками эмпирическим путем с учетом значимости показателей по [169] (таблица 19).

Таблица 19 – Дегустационная оценка опытных образцов глазури, балл

Показатель	Коэффициент весомости показателя $K_{\text{вес}}$	Образец 1		Образец 2	
		Оценка*	С учетом $K_{\text{вес}}$	Оценка*	С учетом $K_{\text{вес}}$
Внешний вид	0,10	8,50	0,850	8,50	0,85
Цвет	0,30	9,00	2,700	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	3,400	8,80	3,52
Суммарный балл	1,00	43,00	8,650	44,20	8,94
Примечание – * Средний балл семи оценщиков.					

Из таблицы 19 видно, что при дегустационной оценке образцов наиболее предпочтителен опытный образец с меланином, особенно с учетом $K_{\text{вес}}$, – в основном за счет цвета и консистенции, что обусловлено большей интенсивностью коричневого пигмента порошка меланина, более низкими значениями светлоты, зелени и желтизны (что показано в таблице 13 и на рисунке 19) и особенностью его структуры – бóльшим содержанием нерастворимых пищевых волокон. Можно предположить, что более высокое

содержание сухих веществ в какао-порошке оказывает воздействие на вкус, что объясняет чуть более низкие вкусовые качества контрольного образца.

На рисунке 20 приведен сенсорный профиль вкуса образцов глазурей, составленный с учетом вкусовых ощущений оценщиков; интенсивность составляющих вкуса оценена по принятой в дегустационном анализе пятибалльной шкале. На профилограмме видно, что в целом вкус гармоничный, без выделения посторонних привкусов, в образце 1 более ощутима кислинка, в образце 2 – терпкость, обусловленные свойствами темнокрашенных ингредиентов.

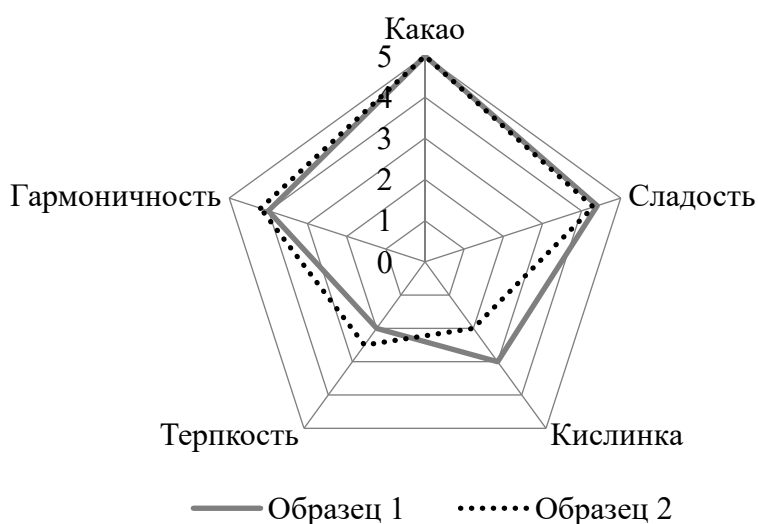


Рисунок 20 – Сенсорный профиль вкуса образцов глазурей

Таким образом, частичная замена какао-порошка в составе кондитерской глазури не повлияла на ее органолептические свойства, что говорит о возможности использования меланина в составе кондитерских полуфабрикатов.

Далее определяли физико-химические свойства образцов глазурей (таблица 20).

Из приведенных данных видно, что достоверно различаются значения перекисного числа – у опытного образца ниже в 1,3 раза, что будет способствовать меньшему окислению готовой глазури и большей стабильности, а также плотность, увеличение которой будет способствовать большей твердости и, как следствие, прочности опытного образца глазури.

Таблица 20 – Физико-химические свойства образцов глазури ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Требования ГОСТ Р 53897-2010	Образец 1	Образец 2
Степень измельчения, %, не менее	92,0	$94,8 \pm 1,4$	$95,7 \pm 1,4$
Массовая доля золы, нерастворимой в 10 %-м растворе соляной кислоты, %, не более	0,1	$0,04 \pm 0,01$	$0,06 \pm 0,01$
Массовая доля влаги, % (при относительной влажности воздуха $(60 \pm 2) \%$)	Не регламентируется	$13,0 \pm 0,8$	$12,8 \pm 0,8$
Переокисное число, ммоль/кг		$3,1 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,2$
Плотность, кг/м ³		$1\,321,0 \pm 16,0$	$1\,345,0 \pm 21,0$

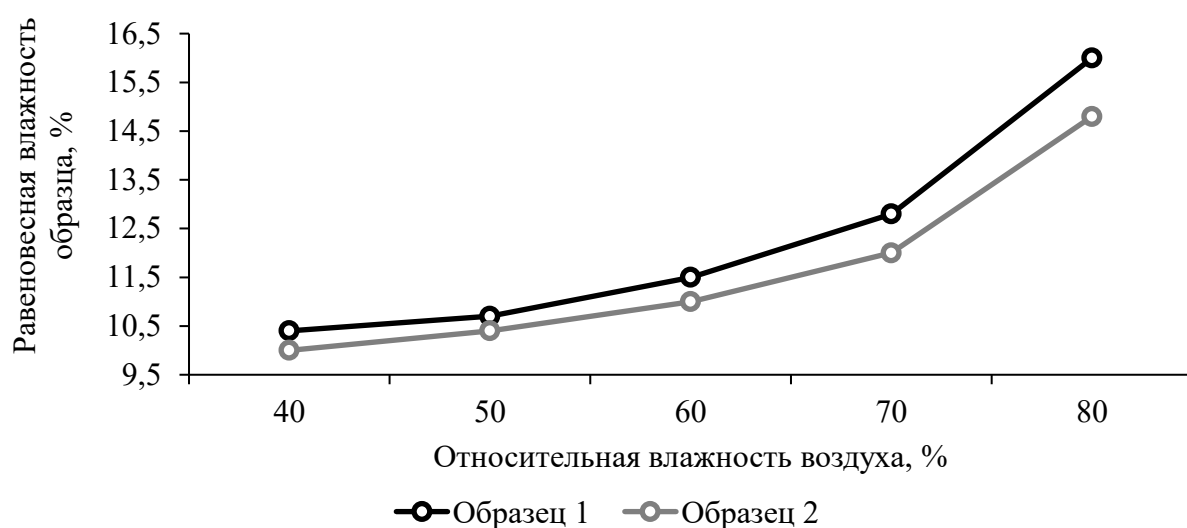
Какао-порошок, являясь гигроскопичным продуктом, легко впитывает влагу и водяные пары из воздуха и, как следствие, в составе глазури проявляет адсорбционные свойства, для улучшения которых в состав кондитерских глазурей добавляют растительные порошки, молочную сыворотку, снижают содержание жировой составляющей и т. д. [41; 152].

В связи с этим в образцах исследовано равновесное содержание влаги при относительной влажности воздуха (ОВВ) в помещении от 40 % до 80 % (± 2), соответствующей реальной влажности складских и торговых помещений розничной торговой сети, а также холодильного оборудования при хранении и реализации глазированных изделий на предприятиях общественного питания (таблица 21).

Зависимость между равновесной влажностью и ОВВ графически можно представить как изотерму адсорбции, которая типична для всех коллоидно-капиллярных тел (рисунок 21).

Таблица 21 – Влажность образцов глазури в условиях изменяющейся ОВВ

Образец	ОВВ, %				
	40	50	60	70	80
Образец 1	$10,4 \pm 0,8$	$12,2 \pm 0,8$	$13,0 \pm 0,8$	$14,0 \pm 0,8$	$16,0 \pm 0,8$
Образец 2	$10,0 \pm 0,8$	$11,6 \pm 0,8$	$12,8 \pm 0,8$	$13,6 \pm 0,8$	$14,8 \pm 0,8$

**Рисунок 21** – Изотермы адсорбции образцов глазури при температуре 20 °C

Как видно из рисунка 21, поведение адсорбции образцов аналогичное, что говорит о перспективности исследований. Однако известно, что молекулы воды прочно связаны с гидрофильными биополимерами, к которым относится меланин: как было сказано в главе 1, меланин представляет собой полимерный конъюгированный орто-дигидро-оксифенол. Использование ингредиентов, которые являются полярными водорастворимыми соединениями, может способствовать связыванию воды и тенденции к повышению сорбционной способности [170].

Реологические свойства имеют большое значение, так как глазурь в расплавленном состоянии представляет собой вязкую, способную к течению массу, которая после нанесения на изделие и охлаждения может представлять собой твердое кристаллическое или пористое тело. Глазурь относится к

вязкопластичным кондитерским полуфабрикатам, для которых типичны основные структурно-механические свойства – вязкость и пластичность [53]. Кондитерская глазурь надлежащего качества должна быть пластичной, но густой, чтобы разливаться и держаться на поверхности кондитерских изделий. Данные свойства определяют по текучести глазури – ее способности растекаться по поверхности изделия под воздействием собственного веса (таблица 22).

Таблица 22 – Реологические показатели образцов кондитерских глазурей

$(n = 3, M \pm m)$

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·5 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·5 с – в течение 5 секунд.						

Из приведенных в таблице 22 данных видно, что значения пластической вязкости и предела текучести уменьшаются с повышением температуры в обоих образцах, что хорошо согласуется с литературными данными [151]. Отмечено, что с повышением температуры реологическое поведение образцов глазурей ближе к ньютоновским жидкостям, когда чем меньше значение пластической вязкости, тем прочнее структура суспензии глазури. Таким образом, в эксперименте установлено, что опытный образец глазури 1, содержащий 15 % какао-порошка и 10 % порошка меланина, обладает реологическими свойствами, аналогичными контрольному образцу с алкализированным какао-порошком.

Дополнительно была исследована эффективная вязкость глазурей при скорости сдвига $1,36 \text{ с}^{-1}$ и температуре 40°C . Отмечено (рисунок 22), что эффективная вязкость опытного образца 2 глазури с меланином ниже, чем у образца 1, поскольку жир, содержащийся в какао-порошке и оказывающий наибольшее влияние на данный показатель, в порошке меланина отсутствует.



Рисунок 22 – Результаты определения эффективной вязкости образцов глазури

Результаты определения твердости глазурей приведены на рисунке 23.

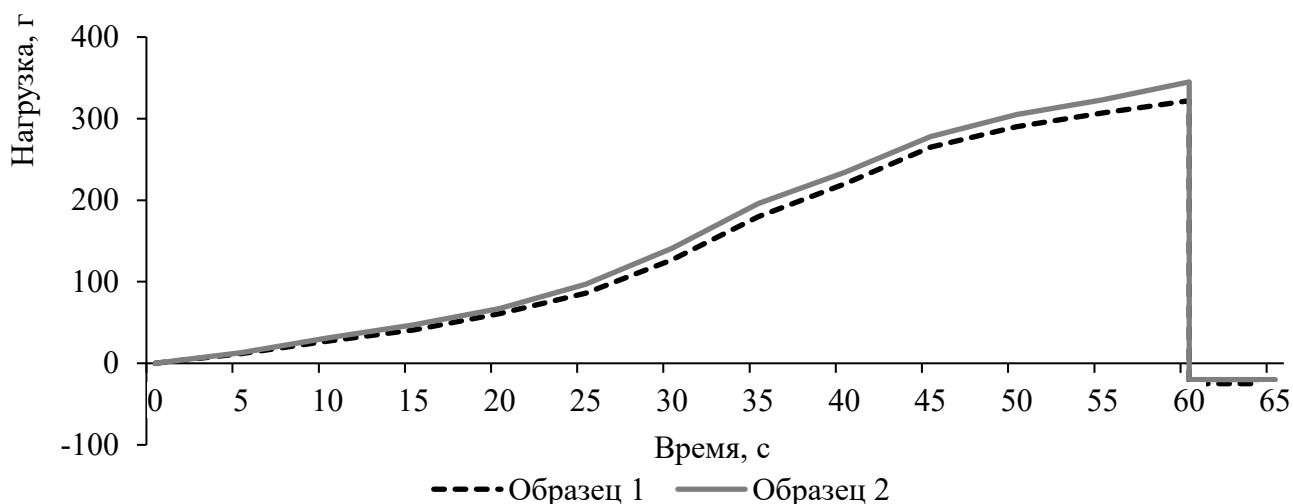


Рисунок 23 – Прочностные характеристики образцов глазури

Как видно из представленных результатов, наибольшей твердостью обладает образец 2, что позволяет сделать вывод о более сильных внутренних связях в этом образце глазури, в том числе за счет пространственно-

разветвленной структуры самого меланина. По результатам исследований установлено, что твердость образца 1 глазури соответствует 322 г, а образца 2 – 345 г.

Технологическая схема производства кондитерской глазури с частичной заменой неалкализированного какао-порошка порошком меланина не требует изменения, и потому новые виды глазури можно производить на любом предприятии общественного питания.

5.3 Применение глазури с меланином в технологии мелкоштучных кондитерских изделий

В пищевой промышленности под глазированием понимают нанесение покрывающего материала на поверхность продукта для получения однородной глянцевой пленки, что обеспечивает привлекательный внешний вид продукта [4]. Помимо влияния на органолептические свойства, глазирование способствует защите продукта от влаги, тем самым продлевая срок годности кондитерских изделий [53].

Глазированное печенье является одним из наиболее востребованных у потребителя кондитерских изделий [54], что обосновало, наряду с относительной простотой его приготовления в условиях предприятия общественного питания, выбор данного МКИ для изучения свойств исследуемых образцов глазури. МКИ в целом являются привычными продуктами ежедневного пищевого рациона, занимая половину рынка кондитерских изделий, при этом производство печенья благодаря разнообразию сырья и технологий имеет постоянную тенденцию к росту – порядка 6 % в год – из-за устойчивого спроса, ввиду высоких вкусовых свойств, ценовой доступности (в среднем 155 р./кг), удобства потребления, длительного срока хранения и сложившихся многолетних традиций. МКИ напрямую не представлены в продовольственной корзине, однако известно, что средний уровень потребления кондитерских изделий в 2020 г. в РФ составил от 23 до 25 кг в год на одного человека, и примерно половина от этого количества

приходится на печенье [108]. Кроме того, в настоящее время почти половина опрошенных потребителей готова приобретать МКИ, в составе которых есть те или иные микронутриенты, обуславливающие соответствующую функциональную направленность печенья [89].

Немаловажен и тот факт, что в условиях пандемии COVID потребители не отказались от покупки сладостей, перейдя на более доступные изделия – печенье и пряники. Кондитерские изделия в этот период особенно пользовались популярностью, так как их употребление способствует поднятию настроения и улучшению эмоционального баланса, частично компенсируя отсутствие привычных радостей, что дополнительно поддерживает рынок [86].

Для исследования технологических свойств образцов глазури и влияния ее состава на сохраняемость и функциональные свойства МКИ выбрана рецептура печенья сдобного по [95], полученного пробной выпечкой в лаборатории кафедры технологии питания УрГЭУ.

Глазирование проводили полным погружением остывшего до комнатной температуры печенья в расплавленные глазури с температурой $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Далее для затвердевания глазури образцы помещали на 1,5 ч в холодильный шкаф с температурой воздуха внутри камеры $2\text{--}4 ^\circ\text{C}$. За это время глазурь полностью «схватывается» с изделием и равномерно затвердевает на нем, что показано на рисунке 24.



а – печенье, глазированное кондитерской глазурью, содержащей 25 % какао-порошка (образец 1)



б – печенье, глазированное кондитерской глазурью, содержащей 15 % какао-порошка и 10 % порошка меланина (образец 2)

Рисунок 24 – Внешний вид глазированных образцов печенья

Расход глазури составил 100 г (с учетом потерь) на 1 кг сдобного печенья.

При таком расходе толщина пленки глазури составила:

- для образца 1 – $(0,600 \pm 0,002)$ мм;
- для образца 2 – $(0,650 \pm 0,002)$ мм.

Расчетная толщина, определенная по формуле [151] с учетом плотности образцов глазури (таблица 23), составила 0,480 мм для образца 1 и 0,472 мм для образца 2. Разницу в полученных значениях можно объяснить тем, что у образца 2 больше значения вязкости и твердости (см. рисунки 35 и 36 соответственно). Разница в экспериментальных и расчетных значениях является удовлетворительной, что позволит использовать в дальнейших исследованиях расчет толщины пленки на основе плотности и глазури и объема кондитерского изделия при проектировании их рецептур.

Органолептическую оценку образцов осуществляли на соответствие требованиям ГОСТ 24901-2014 [17] по балльной системе оценки качества в соответствии с [84] по 30-балльной шкале (таблица 23).

Из приведенных данных видно, что образцы имеют высокое качество, соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014, однако образец 1 оценен несколько ниже из-за отсутствия блеска у глазурного покрытия, что хорошо видно на рисунке 24.

Нормами ТР ТС 021/2011 регламентируется содержание четырех групп микроорганизмов [103], предельно допустимые уровни приведены в таблице 24.

Для установления влияния состава кондитерской глазури с новым ингредиентом, стабильности и срока хранения глазированных МКИ образцы печенья в герметичной потребительской таре (полиэтиленовом пакете) подвергались хранению в течение 35 сут при температуре (18 ± 3) °С, ОВВ не более 75 % без прямого воздействия солнечных лучей. В качестве контрольного образца выступал неглазированный образец печенья (таблица 25).

Таблица 23 – Органолептические показатели свежих образцов печенья
сдобного глазированного

Показатель	Образец 1		Образец 2	
	Описательная характеристика	Балл*	Описательная характеристика	Балл*
Форма	Правильная круглая, без повреждений углов и краев, края ровные	5	Правильная круглая, без повреждений углов и краев, края ровные	5
Поверхность	Сухая, нелипкая, без сколов, вздутий и трещин; глазурь полностью покрывает изделие ровным слоем; без признаков «поседения», засахаривания и увлажнения	5	Сухая, нелипкая, без сколов, вздутий и трещин; глазурь полностью покрывает изделие ровным слоем; без признаков «поседения», засахаривания и увлажнения	5
Цвет, вкус и запах	Цвет глазури темно-коричневый без блеска; вкус свойственный сдобному печенью, маслянистый, сливочный, в меру сладкий без посторонних привкусов; запах выраженный сдобный	13	Цвет глазури коричневый с блеском; вкус свойственный сдобному печенью, маслянистый, сливочный, в меру сладкий без посторонних привкусов; запах выраженный сдобный	14
Вид в изломе	Равномерно пористый без пустот и посторонних включений, цвет изделия желтовато-коричневый	5	Равномерно пористый без пустот и посторонних включений, цвет изделия желтовато-коричневый	5
Итого		28		29
Примечание – * Средний балл по оценкам трех дегустаторов.				

Таблица 24 – Микробиологические показатели свежих образцов печени
сдобного глазированного ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Предельно допустимый уровень по ТР ТС 021/2011	Действительные значения	
		Образец 1	Образец 2
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^3$	Не обнаружены	
Плесени, КОЕ/г	Не более 100	Не обнаружены	
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 50	Не обнаружены	
БГКП (колиформы), г (см ³)	Не допускаются в массе продукта 1,0	Не обнаружены	

Таблица 25 – Изменение физико-химических показателей образцов печени в
течение срока опытного хранения ($n = 3, M \pm m$)

Образец печени	Срок хранения, сут	Показатель		
		Щелочность, град	Намокаемость, %	Массовая доля влаги, %
Образцы печени в хранении				
Контрольный (неглазированный)	Свежее	0,08 ± 0,01	152,4 ± 0,3	3,0 ± 0,1
	15	0,06 ± 0,01	117,0 ± 0,3	2,2 ± 0,1
	35	0,06 ± 0,01	93,2 ± 0,3	0,8 ± 0,1
Образец 1	Свежее	0,06 ± 0,01	151,1 ± 0,3	3,2 ± 0,1
	15	0,02 ± 0,01	118,0 ± 0,3	2,6 ± 0,1
	35	0,02 ± 0,01	110,8 ± 0,3	1,6 ± 0,1
Образец 2	Свежее	0,06 ± 0,01	151,6 ± 0,3	3,2 ± 0,1
	15	0,04 ± 0,01	120,5 ± 0,3	2,8 ± 0,1
	35	0,02 ± 0,01	111,3 ± 0,3	2,0 ± 0,1
Норма по ГОСТ 24901-2014 [17]	—	Не более 2	Не менее 110	Не более 15

Из приведенных в таблице 25 данных видно, что по значениям физико-химических показателей все три образца соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014. Однако в течение хранения значения показателей изменились. Так, наиболее существенно снизилась влажность контрольного образца – с 3,0 % до 0,8 %, что вполне логично и объяснимо тем, что глазирование способствует сохранению влажности, предотвращая черствение.

Разницу в динамике и конечной влажности глазированных образцов можно объяснить составом и строением макромолекулы меланина в составе глазури образца 2, обладающего гидрофильными свойствами.

По результатам органолептической оценки установлено, что контрольный образец сдобного печенья не пригоден к употреблению спустя 35 сут, так как в нем присутствуют посторонние, неприятные привкусы и запахи (прогорклости). В контрольном образце также появились прогорклости; кроме того, печенье зачерствело, так как произошла десорбция влаги, что привело к крошливости печенья.

Глазированные образцы продемонстрировали более высокую стойкость в хранении, слегка утратив интенсивность вкуса. Установлено, что они не черствеют более длительное время, а именно 35 сут, так как глазирование влияет на биологические, коллоидные и микробиологические процессы. Таким образом, срок годности глазированного сдобного печенья составляет до 35 сут, что хорошо согласуется с литературными данными [12].

Для исследования влияния состава кондитерской глазури на микробиологическую стойкость МКИ по истечении экспериментального хранения исследовали микробиологические показатели образцов (таблица 26).

Установлено, что при хранении в течение 35 сут. в образцах не обнаружены бактерии группы кишечной палочки, увеличилась общая бактериальная обсемененность – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов. Возросло содержание плесеней (таблица 29) в обоих образцах, при этом в образце 2 печенья их общее количество ниже в 2 раза. Также обнаружены дрожжи, но в образце 2 их меньше в 3 раза, что можно

объяснить меньшей гигроскопичностью и лучшей микробиологической стойкостью меланина в сравнении с какао-порошком. Полученные данные хорошо согласуются с выявленной тенденцией хранения глазированных МКИ [90].

Таблица 26 – Микробиологические показатели образцов печенья сдобного глазированного в течение срока опытного хранения ($n = 3, M \pm m$)

Показатель	Предельно допустимый уровень по ТР ТС 021/2011	Действительные значения	
		Образец 1	Образец 2
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^3$	Менее 100	Менее 50
Плесени, КОЕ/г	Не более 100	Менее 50	Менее 25
Дрожжи, КОЕ/г	Не более 50	Менее 30	Менее 10
БГКП (колиформы), г (см ³)	Не допускаются в 1,0 г продукта	Не обнаружены	

Исследованы функциональные свойства образцов МКИ, в состав глазури которых входит 5 % меланина. Отмечается равномерное снижение сорбционной емкости продукта в процессе хранения, что, вероятно, связано с протеканием ряда химических процессов, в том числе связыванием центров хемосорбции с молекулами воды, поглощаемой из воздуха (рисунок 25).

Образец печенья, приготовленный с использованием глазури на какао-порошке, характеризовался низкой сорбционной емкостью, динамика сохранения которой аналогична образцу 2.

Антиоксидантная активность продукта, определенная по количеству образовавшихся хелатов Fe (II) с α, α' -дипиридилем, при хранении продукта снижается пропорционально длительности хранения (рисунок 26). Это объясняется протеканием в продукте химических реакций, связанных с окислением ненасыщенных соединений (в частности, жирных кислот) и поглощением меланином образующихся свободных радикалов.

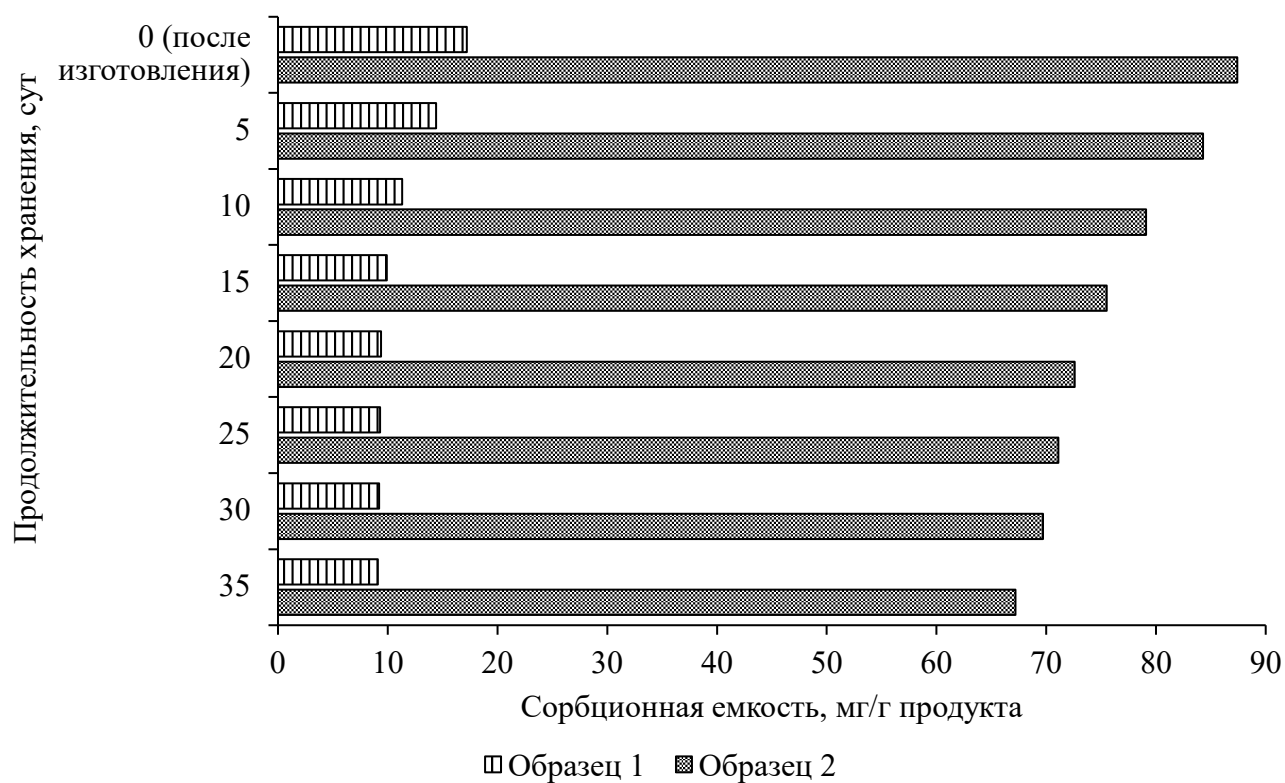


Рисунок 25 – Динамика сорбционной емкости готового продукта по количеству связываемых ионов меди (II)

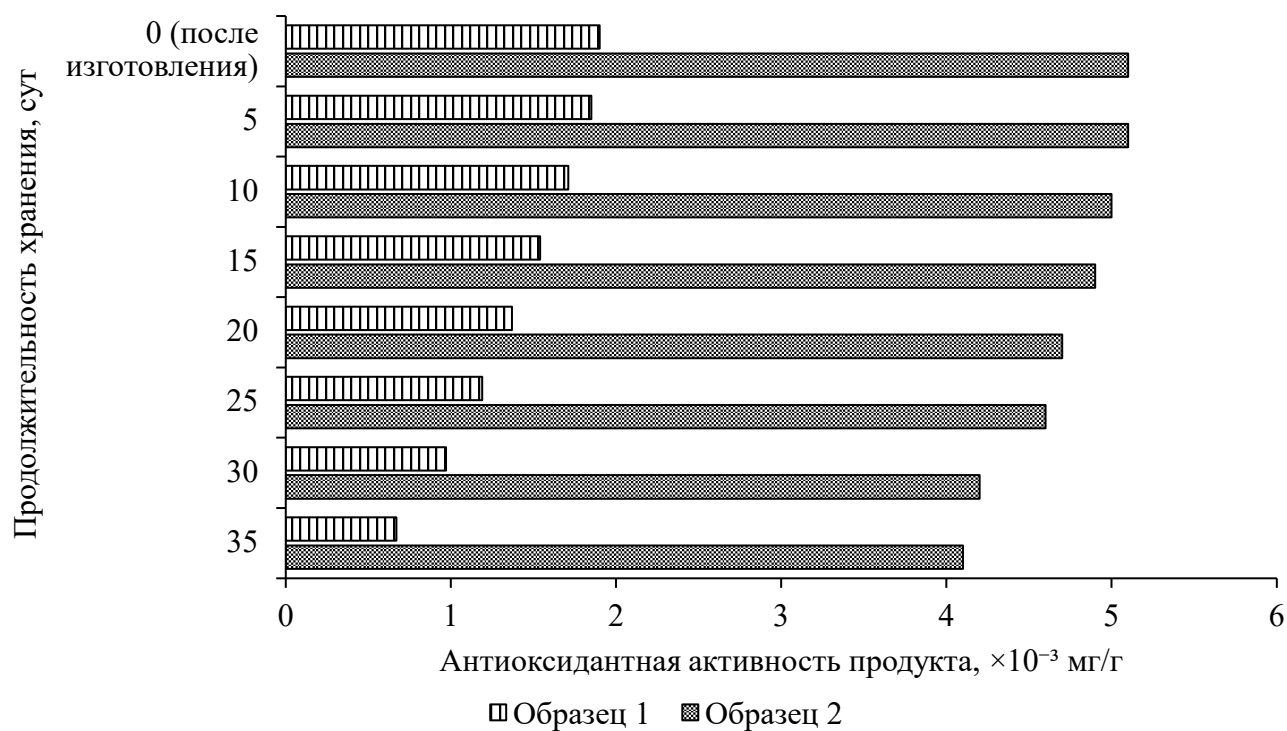


Рисунок 26 – Динамика антиоксидантной активности готового продукта в реакции с α, α' -дипиридиллом (в пересчете на рутин)

По полученным результатам можно сделать вывод, что сорбционная емкость (по отношению к ионам меди) и АОА образца 2 печенья (глазурь с меланином) выше на протяжении всего срока хранения, что объясняется более высокими начальными значениями (см. главу 3) и более высокой функциональной способностью меланина. Для наглядности данные по функциональным свойствам меланина и продуктов с ним в составе обобщены в таблице 27.

Таблица 27 – Функциональные свойства пищевого ингредиента и МКИ

Ингредиент / продукт	АОА, $\times 10^{-3}$ мг/г	Сорбционная емкость, мг/100 г продукта
Меланин из лузги гречихи	5,6	96,6
Печенье, глазированное составом без меланина	1,9	20,0
Печенье глазированное составом с 10 % меланина	5,1	84,0

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены особенности строения меланина, обуславливающие комплекс его свойств и область применения. Показано, что меланин находит широкое применение в медицине, растениеводстве, технологии продуктов питания, в том числе потребительской упаковке благодаря хорошим барьерным свойствам. Исследования по использованию нетрадиционных сырьевых ингредиентов в рецептурах кондитерской глазури обусловлены рядом причин, основные из которых – постоянно растущая стоимость какао-бобов и спрос на них при практически неизменном объеме производства какао-продуктов, нестабильная ситуация на рынке. Именно поэтому поиск альтернативных заменителей какао-продуктов имеет большое значение. При таком сценарии в качестве альтернативных заменителей какао-продуктов возможно и необходимо использование нетрадиционных ингредиентов, в том числе местных и полученных из вторичных сырьевых ресурсов, для снижения содержания какао в кондитерских полуфабрикатах и изделиях.

Систематизация массива литературных данных по источникам меланина показала, что они разнообразны как по своей природе, так и по видам. В качестве источника меланина могут рассматриваться различные виды растительного сырья и отходы его производства, в частности лузга гречихи посевной. При переработке зерна гречихи образуется значительное количество непригодной в пищу жесткой семенной оболочки (шелухи/лузги) – порядка 14–30 % от массы зерна, что составляет более 65 тыс. т в год. Лузга гречихи окрашена в темно-коричневый цвет и состоит из грубых толстостенных клеток, образующих волокнистую структуру, где пигмент меланиновой природы локализован в наружных слоях клетчатой стенки. Благодаря химическому составу, невысокой стоимости и доступности лузга гречихи является перспективным сырьем для пищевой, фармацевтической и химической промышленности, хотя ее использование на сегодняшний день крайне ограничено. Неизвестно также

использование меланина в виде порошка в качестве альтернативы порошку какао.

Ряд не раскрытых ранее вопросов стал предметом исследований настоящей диссертационной работы. Предстояло изучить состав, качество и безопасность лузги гречихи посевной Свердловской области и разработать способ получения пищевого ингредиента – порошка меланина с подтверждением его подлинности; на основе аналитического исследования комплекса свойств пищевого ингредиента меланина обосновать его использование в составе какаосодержащих кондитерских глазурей с заданными свойствами; обосновать метод определения характеристик цвета темноокрашенных пищевых ингредиентов и кондитерской глазури из неалкализованного какао-порошка и порошка меланина на основе цветовых характеристик, а также изучить влияние свойств меланина на технологическую адекватность какаосодержащих кондитерских глазурей.

Разработана блок-схема получения меланина в виде порошка из лузги гречихи посевной, подтверждена подлинность выделенного меланина. Исследована токсикологическая и микробиологическая безопасность образцов меланина в сравнении с коммерческим образцом алкализованного какао-порошка. Определены потенциально опасные факторы ингредиентов какаосодержащей глазури. Определен комплекс свойств опытного образца меланина. Показано, что образцы обладают однородной порошкообразной консистенцией, при растирании между пальцами нет ощущения крупинок, запах и вкус свойственные исходному сырью, без посторонних привкусов и запахов, затхлости и плесени. Образцы меланина по внешнему виду, текстуре похожи на какао-порошок, однако цвет их более выражен, у опытного образца меланина наиболее интенсивный, коричнево-черный. В ходе микроскопирования (800 крат) установлено, что наиболее близкие к какао-порошку и однородные по размеру и форме частицы имеет опытный образец меланина; в ходе анализа дисперсного состава образцов какао-порошка, контрольного и опытного меланина установлено, что контрольный образец

меланина имел самые крупные размеры частиц, основная часть которых (76,3 %) находилась в диапазоне от 85 до 120 мкм, а дисперсный состав какао-порошка и опытного образца меланина являются практически идентичными. При этом для опытного образца меланина характерны частицы с размерами от 15 до 45 мкм, в то время как для какао-порошка – от 25 до 55 мкм. Благодаря меньшим линейным размерам частицы опытного меланина будут более равномерно распределяться среди частиц какао-порошка, образуя при этом более гомогенизированные смеси, что повысит технологические свойства кондитерской глазури и исключит образование визуальных дефектов, связанных с появлением неровностей на поверхности изделия за счет попадания крупных частиц.

Исследование технологических свойств образцов меланина показало, что в воде они растворяются неполностью – растворимость контрольного образца составила 26,8 %, опытного – 26,6 %; ВУС опытного образца меланина составила 14,9 %, ЖУС – 9,0 %. Установлено, что интенсивность цвета образцов меланина превышает аналогичный показатель какао-порошка в 1,8–2,0 раза, что говорит о более высокой красящей способности меланина. Значение оттенка цвета для меланинов также выше по сравнению с образцом какао-порошка (на 16 %). Таким образом, можно говорить о большей интенсивности желто-коричневых тонов в цвете меланина. При определении соотношений пигментов, формирующих цвет какао-порошка и образцов меланина, было установлено, что исследуемые образцы имеют схожую хроматическую структуру цвета. При этом светостойкость образца какао-порошка оказалась практически в 2 раза ниже по сравнению образцами меланина. Таким образом, в составе пищевых систем меланин показывает более высокую стабильность к воздействию света, соответственно цвет шоколадных глазурей, полученных с добавлением меланина, будет сохраняться даже при длительной экспозиции готового продукта.

Поскольку получение кондитерской глазури идет при повышенных температурах, дополнительно изучали температурную стабильность меланина

относительно аналогичного показателя для какао-порошка. В случае какао-порошка степень деградации оптической плотности раствора превысила 20 %, в то время как для меланина этот показатель не превысил 1,14 % для контрольного образца и 2,24 % для опытного.

Определены функциональные свойства опытного образца меланина. В эксперименте установлена способность выделенного из гречневой лузги образцов меланина связывать ионы тяжелых металлов, в частности меди, в щелочной среде, аналогичной среде кишечника, при температуре организма человека 37 °С. Данный факт позволяет рекомендовать исследуемый образец меланина к использованию в качестве детоксиканта при отравлениях солями тяжелых металлов, а также для профилактики ряда заболеваний. Результаты исследований показали, что 1 г 0,5 % раствора экстракта меланина гречневой лузги связал 966,6 мг/мл меди, а АОА 1 г экстракта меланина соответствует АОА 0,056 г рутина. Показано, что выделенные из лузги гречихи водорастворимые образцы меланина могут использоваться как функциональные пищевые ингредиенты – антиоксиданты и биосорбенты.

В результате проведенного *in vivo* эксперимента установлено, что меланин, выделенный гидролизом из лузги гречихи посевной, относится к веществам умеренно опасным с LD₅₀ 151–5 000 мг/кг (согласно ГОСТ 12.1.007-76) и обладает антиоксидантными свойствами в условиях опытов *in vitro*.

Таким образом, экспериментальные данные по свойствам меланина, в том числе технологическим, позволяют рассматривать его как ингредиент, который может частично заменить какао-порошок в составе кондитерской какао-содержащей глазури.

Доказано, что подщелаченный (алкализованный) какао-порошок уступает по вкусу, усвояемости, пищевой ценности и некоторым технологическим свойствам обжаренному натуральному какао-порошку. Для оценки возможности использования меланина в качестве альтернативы какао-порошку, в частности для замены алкализованного какао-порошка в рецептурах

кондитерских глазурей, исследовали влияние порошка меланина на цветовые характеристики готовой кондитерской глазури.

Было приготовлено пять опытных образцов кондитерской глазури: один на основе неалкализованного какао-порошка, а также образцы, содержащие 3; 5; 7 и 10 % порошка меланина как замены какао-порошка. Как показали результаты исследований, опытный образец 2 глазури, содержащий 15 % неалкализованного какао-порошка и 10 % порошка меланина, практически не отличается по цвету поверхности от контрольного образца с алкализованным какао-порошком в количестве 25 %. В связи с этим в дальнейших исследованиях объектами послужили два этих образца: 1 – контрольный, 2 – опытный.

Разработана рецептура какаосодержащей кондитерской глазури с меланином, определен комплекс свойств, показывающих соответствие требованиям ГОСТ Р 53897-2010: по органолептическим показателям опытный образец глазури превосходит контрольный, что подтверждено группой оценщиков; перекисное число опытного образца ниже (2,4 ммоль/кг), что свидетельствует о большей стабильности в хранении и устойчивости к прогорканию, плотность несколько выше – 1 345,0.

Реологические свойства являются определяющими для глазурей. 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. Отмечено, что эффективная вязкость опытного образца 2 глазури с меланином ниже, чем у образца 1, поскольку жир, содержащийся в какао-порошке и оказывающий наибольшее влияние на данный показатель, в порошке меланина отсутствует. Наибольшей твердостью обладал образец 2, что позволило сделать вывод о более сильных внутренних связях в этом образце глазури, в том числе за счет пространственно-разветвленной структуры самого меланина. По результатам исследований установлено, что твердость образца 1 глазури соответствует 322 г, а образца 2 – 345 г.

Технологическая схема производства кондитерской глазури с частичной заменой неалкализированного какао-порошка порошком меланином не требует изменения, поэтому новые виды глазури можно производить на любом предприятии общественного питания.

Для исследования технологических свойств образцов глазури и оценки влияния ее состава на сохраняемость и функциональные свойства МКИ выбрана рецептура печенья сдобного, полученного пробной выпечкой в лаборатории кафедры технологии питания УрГЭУ. Глазирование проводили полным погружением остывшего до комнатной температуры печенья в расплавленные глазури с температурой $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Далее для затвердевания глазури образцы помещали на 1,5 ч в холодильный шкаф с температурой внутри камеры $2-4 ^\circ\text{C}$. За это время глазурь полностью «схватывается» с изделием и равномерно затвердевает на нем. Расход глазури составил 100 г (с учетом потерь) на 1 кг сдобного печенья, при таком расходе толщина пленки глазури составила: для образца 1 $(0,600 \pm 0,002)$ мм, для образца 2 – $(0,650 \pm 0,002)$ мм. Расчетная толщина, определенная с учетом плотности образцов глазури), составила 0,480 мм для образца 1 и 0,472 мм для образца 2. Разницу в полученных значениях можно объяснить тем, что у образца 2 больше значения вязкости и твердости. Разница в экспериментальных и расчетных значениях является удовлетворительной, что позволит использовать в дальнейших исследованиях расчет толщины пленки на основе плотности и глазури и объема кондитерского изделия при проектировании их рецептур.

Опытные образцы глазированного печенья образцы имеют высокое качество, соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014, однако образец 1 оценен несколько ниже за счет отсутствия блеска у глазурного покрытия.

Для установления влияния состава кондитерской глазури с новым ингредиентом, стабильности и срока хранения глазированных МКИ образцы печенья в герметичной потребительской таре (полиэтиленовом пакете) хранили в течение 35 сут при температуре $(18 \pm 3) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха

не более 75 % без прямого воздействия солнечных лучей. В качестве контрольного образца выступал неглазированный образец печенья.

По истечении 35 сут установлено, что по значениям физико-химических показателей все три образца соответствуют требованиям ГОСТ 24901-2014. Однако в течение хранения значения показателей изменились. Так, наиболее существенно снизилась влажность контрольного образца – с 3,0 % до 0,8 %, что вполне логично и объяснимо тем, что глазирование способствует сохранению влажности, предотвращая черствение. Разницу в динамике и конечной влажности глазированных образцов можно объяснить составом и строением макромолекулы меланина в составе глазури образца 2, обладающего гидрофильными свойствами.

По результатам органолептической оценки установлено, что контрольный образец сдобного печенья не пригоден к употреблению спустя 35 сут, так как в нем присутствуют посторонние, неприятные привкусы и запахи (прогорклости). В контрольном образце также появились прогорклости; кроме того, печенье зачерствело, так как произошла десорбция влаги, что привело к крошливости печенья. Глазированные образцы продемонстрировали более высокую стойкость в хранении, слегка утратив интенсивность вкуса. Установлено, что они не черствеют более длительное время, а именно 35 сут, так как глазирование влияет на биологические, коллоидные и микробиологические процессы. Таким образом, срок годности глазированного сдобного печенья не должен превышать 35 сут.

Что касается микробиологических показателей, то в образцах не обнаружены бактерии группы кишечной палочки, увеличилась общая бактериальная обсемененность – количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов. Возросло содержание плесени в обоих образцах: при этом в образце 2 печенья их общее количество ниже в 2 раза, чем в образце 1. Также обнаружены дрожжи, но в образце 2 их меньше в 3 раза, что можно объяснить меньшей гигроскопичностью и лучшей микробиологической стойкостью меланина в сравнении с какао-порошком.

Сорбционная емкость (по отношению к ионам меди) и АОА образца 2 печенья (глазурь с меланином) выше на протяжении всего срока хранения, что объясняется более высокими начальными значениями и более высокой функциональной способностью меланина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аграрная независимость. Как развивается сельскохозяйственная отрасль в Свердловской области / Коммерсантъ-Урал. – Дата публикации 28.06.2021. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4877945> (дата обращения: 01.09.2025).
2. Алексеева, Т. Н. Влияние растительного меланинового пигмента на кластогенные эффекты химических мутагенов у мышей / Т. Н. Алексеева, А. В. Орещенко, А. В. Куликова [и др.] // Экспериментальная и клиническая фармакология. – 2001. – № 6. – С. 51–61.
3. Алексеева, Т. Н. Исследование растительного меланина как пищевого красителя для безалкогольных напитков / Т. Н. Алексеева, Л. А. Оганесянц, Е. В. Красникова, Н. В. Рудометова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 40–43.
4. Арет, В. А. Реология и физико-механические свойства пищевых продуктов / В. А. Арет, С. Руднев. – Санкт-Петербург : Интермедия, 2014. – 245 с. – ISBN 978-5-4383-0075-5.
5. Бабицкая, В. Г. Природа меланиновых пигментов некоторых микро- и макромицетов / В. Г. Бабицкая, В. В. Щерба // Прикладная биохимия и микробиология. – 2002. – Т. 38, № 3. – С. 286–291.
6. Березовская, И. В. Классификация химических веществ по параметрам острой токсичности при парентеральных способах введения / И. В. Березовская // Химико-фармацевтический журнал. – 2003. – Т. 37, № 3. – С. 32–34.
7. Бушманов, А. Ю. Противолучевые свойства меланина / А. Ю. Бушманов, А. А. Иванов, И. Е. Андрианова [и др.] // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 828–832.
8. Вазов, В. М. Гречиха на полях Алтая : монография / В. М. Вазов. – Москва : Академия естествознания, 2013. – 188 с. – ISBN 978-5-91327-229-4.
9. Ванг, И. Состояние процесса производства и разработка стратегий в отношении продуктов из гречихи в Китае / И. Ванг, Д. Ченг, И. Фенг //

- Вестник Орел-ГАУ. – 2010. – № 4(25). – С. 9–14.
10. Воронцова, Е. К. Выращивание гречихи на Урале / Е. К. Воронцова. – Санкт-Петербург : Лань, 2017. – 212 с.
 11. Воронцова, З. А. Некоторые морфоклинические доказательства радиопротективного характера меланинов (обзор литературы) / З. А. Воронцова, А. А. Иванов, Д. Б. Никитюк, А. А. Аванесова. – DOI 10.12737/22219 // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. – 2016. – № 4. – С. 295–302.
 12. Гамова, А. Н. Кондитерские изделия с длительным сроком хранения / А. Н. Гамова // Пищевая промышленность. – 2016. – № 7. – С. 27–28.
 13. Гашникова, Н. М. Антиретровирусная активность меланинов из природной и культивируемой чаги (*Inonotus obliquus*) / Н. М. Гашникова, С. М. Балахнин, Т. В. Теплякова [и др.] // Успехи медицинской микологии. – 2014. – Т. 12. – С. 299–301.
 14. Горбунова, Е. В. Типовые расчеты по колориметрии источников излучения / Е. В. Горбунова, А. Н. Чертов. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2014. – 89 с.
 15. Гордеева, Л. Н. Использование меланинового красителя из гречихи [для производства безалкогольных напитков протекторного действия] / Л. Н. Гордеева // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2002. – № 2. – С. 662.
 16. ГОСТ 108-2014. Какао-порошок. Технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 7 с.
 17. ГОСТ 24901-2014. Печенье. Общие технические условия : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
 18. ГОСТ 33044-2014. Принципы надлежащей лабораторной практики : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-08-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с.

19. ГОСТ Р 53897-2010. Глазурь. Общие технические условия : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2011-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
20. Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик, вып. 2: Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье / М-во здравоохранения СССР. – Москва : Медицина, 1990. – 397 с. – ISBN 5-225-00382-6.
21. Грачева, Н. В. Способ получения меланина из лузги подсолнечника и исследование его антиоксидантной активности / Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 15. – С. 154–157.
22. Давидянц, С. Б. Дикетопиразинхиноидная структура / С. Б. Давидянц // Химия и жизнь. – 1980. – № 3. – С. 44–48.
23. Елинов, Н. П. Замечательный французский ученый – химик и врач Луи Камилл Майяр (1878–1936). К столетию реакции Майяра / Н. П. Елинов // Проблемы медицинской микологии. – 2011. – Т. 13, № 3. – С. 22–29.
24. Жаркова, И. М. Использование порошкообразных продуктов переработки растительного сырья в технологиях мучных изделий / И. М. Жаркова, С. Я. Корячкина, В. П. Корячкин [и др.]. – DOI 10.26297/0579-3009.2020.1.1 // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2020. – № 1 (373). – С. 6–10.
25. Иванов, А. А. Фармакологические свойства фитомеланина / А. А. Иванов, И. Е. Андрианова, В. Н. Мальцев [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2014. – № 4 (50). – С. 66–72.
26. Иванова, Л. А. Разработка технологии получения фитомеланинов из отходов масличного производства / Л. А. Иванова, И. А. Фоменко, Д. А. Сергеева [и др.]. – DOI 10.36107/hfb.2019.i2.s245 // Health, Food & Biotechnology. – 2019. – Т. 1, № 2. – С. 136–146.
27. Измestьева, О. С. Экспериментальная оценка нейроэмбриопротекторных свойств меланина при облучении в антенатальном периоде развития / О. С.

- Измestьева, Б. В. Дубовик, Л. П. Жаворонков // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47, № 6. – С. 690–695.
28. Измestьева, О. С. Экспериментальная оценка радиозащитного действия меланина на соматическое развитие при облучении в антенатальном периоде онтогенеза / О. С. Измestьева, Б. В. Дубовик, Л. П. Жаворонков // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47, № 6. – С. 684–689.
29. Ильина, Т. Ф. Заменители масла какао «СолПро» / Т. Ф. Ильина // Пищевая промышленность. – 2016. – № 9. – С. 54–55.
30. Инг, В. Состояние процесса производства и разработка стратегий в отношении продуктов из гречихи в Китае / В. Инг, Ч. Дзя, Ф. Ибаили // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2010. – № 4 (25). – С. 9–14.
31. Кадрицкая, Е. А. К вопросу использования полученного ферментоллизом 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 г.). – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2021. – С. 214–215.
32. Каравай, Л. В. Влияние комбинированного гидролиза на пищевую ценность лузги гречихи и использование ее пищевых волокон в производстве мучных кондитерских изделий / Л. В. Каравай, А. А. Кузнецова, О. Ю. Николаенко [и др.] // Сборник научных трудов SWorld. – 2012. – Т. 12, № 3. – С. 12–16.
33. Картушина, Ю. Н. Получение меланина на основе отходов маслоэкстракционного производства / Ю. Н. Картушина, М. А. Кириченко, Г. А. Севрюкова // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 16. – С. 124–126.
34. Кислов, А. В. Ресурсосберегающие технологии возделывания гречихи на черноземах южных Оренбургского Предуралья / А. В. Кислов, П. В. Демченко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2(34). – С. 36–38.

35. Кислов, А. В. Экономическая эффективность ресурсосберегающих технологий возделывания гречихи в степной зоне Южного Урала / А. В. Кислов, И. В. Васильев, П. В. Демченко // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1 (39). – С. 28–30.
36. Клинецвич, В. Н. Способы использования лузги гречихи посевной (обзор) / В. Н. Клинецвич, Е. А. Флюрик // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 68–81.
37. Королук, М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королук, М. И. Иванова, И. Г. Майорова, В. Е. Токарев // Лабораторное дело. – 1988. – № 1. – С. 16–19.
38. Кузнецова, О. Ю. Исследование экстрактов и меланинов гриба *Inonotus obliquus* (Pers.) PRL., полученных после обработки сырья ВЧЕ-плазмой / О. Ю. Кузнецова, И. Ш. Абдуллин, М. Ф. Шаехов [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – Т. 158, № 1. – С. 23–33.
39. Кульнева, Н. Г. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения / Н. Г. Кульнева, А. И. Шматова, Ю. И. Манько // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 1 (59). – С. 193–196.
40. Леонова, И. Б. Некоторые проблемы пищевой микробиологии на примере кондитерских изделий / И. Б. Леонова // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 12. – С. 46–47.
41. Линовская, Н. В. Изучение технологической адекватности сырьевых компонентов, используемых в производстве шоколадного полуфабриката / Н. В. Линовская, Э. В. Мазукабзова, Н. Б. Кондратьев, Э. Н. Крылова. – DOI 10.21443/1560-9278-2019-22-3-404-412 // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 404–412.
42. Лукина, С. И. Применение нетрадиционного сырья в производстве бисквитно-сбивного печенья / С. И. Лукина, Е. И. Пономарева, И. П.

- Пешкина, Х. Ю. Боташева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2018. – № 1. – С. 56–59.
43. Лях, С. П. Астромеланин: лечебное средство для меланотерапии : книга посвящена 40-летию изучения антарктических чёрных дрожжей *Nadsoniella nigra* var. *hesuelica* и их меланопигмента АстроМеланина / С. П. Лях, М. Л. Булгак, А. Г. Исаев. – Москва : [б. и.], 2007. – 167 с. – ISBN 978-5-903473-01-4.
44. Лях, С. П. Микробный меланогенез и его функции / С. П. Лях. – Москва : Наука, 1981. – 274 с.
45. Магомедов, Г. О. Методика повышения качества порошка из какао-вещицы / Г. О. Магомедов, И. В. Черемушкина, И. В. Плотникова // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 9. – С. 90–92.
46. Магомедов, Г. О. Микробиологическая безопасность порошка из какао-вещицы для использования в кондитерских изделиях повышенной пищевой ценности / Г. О. Магомедов, И. В. Плотникова, Н. П. Зацепилина, А. В. Кривошеева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 3. – С. 100–107.
47. Малама, А. А. Характеристика меланинового комплекса, образуемого грибом *Alternaria alternate* (Fries) Keissler / А. А. Малама, В. Г. Бабицкая, Т. В. Филимонова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1998. – Т. 34, № 4. – С. 426–429.
48. Матвейко, Н. П. Контроль содержания тяжелых металлов в сахаре инверсионной вольтамперометрией / Н. П. Матвейко, А. М. Брайкова, В. В. Садовский, С. В. Алферов // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2016. – № 2–3. – С. 30–41.
49. Методы определения токсичности и опасности химических веществ (токсикометрия) / под ред. И. В. Саноцкого. – Москва : Медицина, 1970. – 342 с.
50. МИ 2586-2000. Рекомендация. Государственная система обеспечения единства измерений. Перекисное, кислотное и йодное число жира в

- кондитерских изделиях. Методики выполнения измерений. – Москва : НИИКП, 2000. – 13 с.
51. Михеева, Л. А. Изучение комплексообразующей способности пектина по отношению к меди и свинцу / Л. А. Михеева, М. А. Февралева, Г. Т. Брынских, А. В. Тры. – DOI 10.23648/UMBJ.2017.26.6225 // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2017. – № 2. – С. 111–116.
52. Моссэ, И. Б. Влияние меланина на мутагенное действие хронического облучения и адаптивный ответ у мышей / И. Б. Моссэ, Л. Н. Кострова, Б. В. Дубовик [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т. 39, № 2–3. – С. 329–333.
53. Муратова, Е. И. Реология кондитерских масс : монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов : ТГТУ, 2013. – 187 с. – ISBN 978-5-8265-1242-5.
54. Надточий, Л. А. Влияние температурного режима на вязкостные свойства глазури / Л. А. Надточий, А. И. Лепешкин, Е. Д. Дудник [и др.]. – DOI 10.17217/2079-0333-2018-45-43-49 // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2018. – № 45. – С. 43–49.
55. Новиков, Д. А. Фотопротективные свойства меланинов из винограда и чая / Д. А. Новиков, В. П. Курченко, И. И. Азарко // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, № 6. – С. 664–670.
56. Новые лекарственные средства растительного происхождения ВИЛАР / И. А. Лупанова, Л. В. Крепкова, Е. В. Ферубко [и др.]. – Москва : ФГБНУ ВИЛАР, 2021. – 160 с.
57. Об утверждении Правил надлежащей лабораторной практики Евразийского экономического союза в сфере обращения лекарственных средств : решение Совета Евразийской экономической комиссии от 3 ноября 2016 г. № 81.
58. Обзор российского рынка шоколадных изделий: товарный и рекламный аспекты / AdIndex.ru. – URL: <https://adindex.ru/adindex-market/3/chocolate/153755.phtml> (дата обращения: 01.09.2025).
59. Обновление технологий – один из факторов экономического роста и

- повышения конкурентноспособности сельского хозяйства // Аграрная наука. – 2019. – № 4. – С. 76.
60. Озолина, С. А. Химический состав, строение и свойства полисахаридов гречихи : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 02.00.10 / Озолина София Александровна. – Одесса, 1982. – 22 с.
61. Остроухова, Е. В. Исследование сенсорных профилей белых столовых вин из винограда сорта мускат белый / Е. В. Остроухова, И. В. Пескова, Н. Ю. Луткова // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2015. – № 4. – С. 44–46.
62. Патент № 1778114 Российская Федерация, МПК C07G 99/00. Способ получения водорастворимого меланина : № 4930506 : заявл. 22.04.1991 : опубл. 30.11.1992 / А. А. Колесник, В. Н. Голубев, Л. А. Ирха [и др.].
63. Патент № 2000299 Российская Федерация, МПК C07G 99/00, A23L 1/212. Способ получения эномеланина : № 05016698 : заявл. 1991.12.16 : опубл. 1993.09.07 / А. И. Гоженко, Т. В. Демидова, Н. Г. Славина, Г. П. Овчинников.
64. Патент № 2086588 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. Способ получения пищевого красителя из лузги гречихи : № 95101265/13 : заявл. 30.01.1995 : опубл. 20.03.1997 / Ш. Н. Ибрагимов, В. Н. Шекуров, Б. А. Ефремов [и др.].
65. Патент № 2100426 Российская Федерация, МПК A23L1/30. Способ получения масла из лузги гречихи : № 96110008/13 : заявл. 13.05.1996 : опубл. 27.12.1997 / М. Н. Дадашев, В. М. Бельков, В. В. Качалов, В. П. Воронов.
66. Патент № 2181892 Российская Федерация, МПК G01N 33/68, G01N 33/15. Способ выявления веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, *in vitro* : № 2001115330/14 : заявл. 06.06.2001 : опубл. 27.04.2002 / В. А. Быков, В. А. Дубинская, М. Ф. Минеева [и др.].
67. Патент № 2186105 Российская Федерация, МПК A23L1/30. Способ микробиологического получения меланина : № 2000124690/13 : заявл. 02.10.2000 : опубл. 27.07.2002 / Е. А. Рубан.
68. Патент № 2210952 Российская Федерация РФ, МПК A23L2/00, A23L2/38,

- A23L2/52, A23L2/58. Безалкогольный напиток «Мелиссовый» : № 2000122469/13 : заявл. 25.08.2000 : опубл. 27.08.2003 / Б. Н. Огарков, Г. Р. Огаркова, Л. В. Самусенок [и др.].
69. Патент № 2215761 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. Способ получения пигмента-красителя из растительного сырья : № 2000116048/13 : заявл. 19.06.2000 : опубл. 10.11.2003 / Б. Н. Огарков, Л. В. Самусенок.
70. Патент № 2281779 Российская Федерация, МПК A61 K36/28. Способ получения природного меланоидного антиоксиданта : № 2004134636/15 : заявл. 26.11.2004 : опубл. 20.08.2006 / Л. А. Жорина, Р. Н. Кашеватская, А. Л. Иванов, В. А. Иванов.
71. Патент № 2523414 Российская Федерация, МПК A61 K36/07, B01 D11/02. Способ получения меланина из чаги: № 201329227/15 : заявл. 25.06.2013 : опубл. 20.07.2014 / М. А. Сысоева, В. Р. Хабибрахманова, С. А. Никитина.
72. Патент № 2528837 Российская Федерация, МПК A23L 1/304. Добавка из растительного сырья и способ ее получения : № 2013122490/13 : заявл. 15.05.2013 : опубл. 20.09.2014 / Д. В. Полубояров, А. В. Макаров, Н. М. Киреева.
73. Патент № 2545349 Российская Федерация РФ МПК A23J 1/12, 3/14, 3/32, 3/24. Способ получения гидролизата из шелухи гречихи в качестве замены какао-порошка для пряничных и кондитерских изделий : № 2013154812/10 : заявл. 10.12.2013 : опубл. 27.03.2015 / Л. В. Кушнарченко, Л. В. Левочкина.
74. Патент № 2546175 Российская Федерация, МПК A23G 1/30 (2006.01) Способ получения шоколадной глазури : № 2013154811/13 : заявл. 10.12.2013 : опубл. 10.04.2015 / Л. В. Кушнарченко, Л. В. Левочкина, А. Г. Клыков.
75. Патент № 2565178 Российская Федерация, МПК C09B 61/00. Способ получения пигмента-меланина из базидиоспор трутовых грибов : № 2013149501/05 : заявл. 06.11.2013 : опубл. 20.10.2015 / Б. Н. Огарков, Н. А. Шишкин, Г. Р. Огаркова, Л. В. Самусенок.
76. Патент № 2578037 Российская Федерация, МПК A61 K36/28, B01 D11/02. Способ получения меланоидного антиоксиданта из лузги подсолнечника :

- № 2015113806/15 : заявл. 04.04.2015 : опубл. 20.03.2016 / Н. В. Грачева, Ю. Н. Кар-тушина, М. А. Данилова [и др.].
77. Патент № 2597160 Российская Федерация, МПК А61К 36/07, В01D 11/02. Способ получения меланина и сухого экстракта биологически активных веществ чаги : № 2015118737/15 : заявл. 2015.05.19 : опубл. 2016.09.10 / Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов, А. Б. Голованчиков.
78. Патент № 2637646 Российская Федерация, МПК А61 К36/28, В01 D11/02. Способ получения меланина из лузги подсолнечника : № 2017100103 : заявл. 09.01.2017 : опубл. 05.12.2017 / Н. В. Грачева, Ю. Н. Картушина, В. Ф. Желтобрюхов.
79. Патент № 2643932 Российская Федерация, МПК А61 К36/28, В01 D11/02. Способ получения меланина из лузги подсолнечника : № 2017119898 : заявл. 06.06.2017 : опубл. 06.02.2018 / Н. В. Грачева, Н. О. Сиволобова, В. Ф. Желтобрюхов, А. В. Сикорская.
80. Патент № 2657499 Российская Федерация, МПК С09В 61/00, А61 К36/28. Способ получения меланина из лузги подсолнечника : № 2017119908 : заявл. 06.06.2017 : опубл. 14.06.2018 / Н. В. Грачева, В. Ф. Желтобрюхов.
81. Патент № 2747688 Российская Федерация, МПК С09В 61/00, С09В 67/04. Пищевой пигмент-краситель из лузги гречихи и способ его получения : № 2020124806 : заявл. 27.07.2020 : опубл. 12.05.2021 / С. Ю. Абрамов, И. О. Ломовский, О. И. Ломовский.
82. Патент № 74630 Российская Федерация, МПК С09В 61/00. Линия производства красителя из лузги гречихи : № 2008108240/22 : заявл. 22.02.2028 : опубл. 17.07.2008 / М. В. Солуянова, В. Н. Шекуров.
83. Патент № 939446 СССР, МПК С07G 99/00. Способ получения водорастворимого меланина : № 2955282 : заявл. 11.07.1980 : опубл. 30.06.1982 / Р. В. Сендега, А. С. Венгер.
84. Позняковский, В. М. Мучные кондитерские изделия : практ. пособие / В. М. Позняковский, И. Ю. Резниченко. – Кемерово : КемТИПП, 1999. – 45 с. – ISBN 5-89289-035-X.

85. Порсев, И. Н. Значение сорта в повышении урожайности гречихи в фитосанитарной технологии Южного Зауралья / И. Н. Порсев, А. А. Сажин, И. А. Субботин, С. Я. Якимов // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 2. – С. 30–33.
86. Приходько, Е. Тенденции потребления на рынке печенья, особенности и перспективы влияния вируса COVID-19 на рынок / Е. Приходько // Кондитерская и хлебопекарная промышленность. – 2020. – № 3 (84). – С. 20–22.
87. Резниченко, И. Ю. Анализ конкурентных преимуществ функциональных мучных кондитерских изделий / И. Ю. Резниченко, А. М. Чистяков, М. С. Щеглов. – DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.020 // Ползуновский вестник. – 2021. – № 3. – С. 147–154.
88. Резниченко, И. Ю. Исследование качественных характеристик мучных кондитерских изделий специализированного назначения / И. Ю. Резниченко, А. А. Мельникова, М. С. Щеглов, А. М. Чистяков // АПК России. – 2021. – Т. 28, № 4. – С. 531–537.
89. Резниченко, И. Ю. Формирование ассортимента мучных кондитерских изделий функциональной направленности / И. Ю. Резниченко, Т. В. Рензяева, А. Н. Табаторович [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 2 (45). – С. 149–162.
90. Руденко, О. С. Взаимосвязь активности липазы и скорости влагопереноса в пряниках, глазированных кондитерской глазурью на основе жиров лауринового типа / О. С. Руденко, Н. Б. Кондратьев, М. А. Пестерев [и др.]. – DOI 10.20914/ 2310-1202-2019-4-62-70 // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 4 (82). – С. 62–70.
91. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств, часть первая / ФГБУ «НЦЭСМП» Минздравсоцразвития России. – Москва : Гриф и К, 2012. – 944 с. – ISBN 978-5-8125-1466-3.
92. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых

- фармакологических веществ / Е. В. Арзамасцев, Т. А. Гуськова, И. В. Березовская [и др.] ; под общ. ред. Р. У. Хабриева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицина, 2005. – 832 с. – ISBN 5-225-04219-8.
93. Рынок гречихи и гречневой крупы – тенденции и прогнозы / А. Плугов ; Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». – URL: <https://ab-centre.ru/news/rynok-grechih-i-grechnevoy-krupy---tendencii-i-prognozy> (дата обращения: 01.09.2025).
94. Саранов, И. А. Дифференциальная сканирующая калориметрия какао масла и шоколадной глазури / И. А. Саранов, О. Б. Рудаков, К. К. Полянский. – DOI 10.20914/2310-1202-2020-2-154-160 // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 18, № 2. – С. 154–160.
95. Сборник рецептов мучных кондитерских и булочных изделий для предприятий общественного питания : справочник. – Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2017. – 194 с.
96. Скорбина, Е. А. Разработка технологии получения и исследование биологической активности меланинсодержащих препаратов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.23 / Скорбина Елена Александровна. – Ставрополь, 2005. – 23 с.
97. Слепокурова, Ю. И. Оценка планируемой экономической эффективности производства мучных кондитерских изделий с тонкодисперсными растительными порошками / Ю. И. Слепокурова, И. М. Жаркова, В. Г. Густинovich // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2019. – № 1. – С. 139–151.
98. Сушинская, Н. В. Меланины трутовых грибов / Н. В. Сушинская, В. П. Курченко // Труды Белорусского государственного университета. Серия: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2006. – Т. 1, № 1. – С. 147–158.
99. Сысоева, М. А. Выделение штамма *Inonotus obliquus* и интенсификация роста культуры при твердофазном культивировании / М. А. Сысоева, Л. Н.

- Уразлина, В. Р. Хабибрахманова [и др.]. – DOI 10.21285/2227-2925-2020-10-1-95-106 // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Т. 10, № 1. – С. 95–106.
100. Сычева, О. В. Мучное кондитерское изделие с заменителем какао / О. В. Сычева, Е. А. Скорбина, Э. Д. Алтунян // Пищевая индустрия. – 2019. – № 4(42). – С. 38–40.
101. Тоноян, Л. Е. Влияние бактериального меланина (Btm) на культуру огурца в условиях *in vitro* и *in vivo* / Л. Е. Тоноян, М. Т. Петросян, К. Г. Азарян, Ю. Г. Попов // Ученые записки Ереванского государственного университета. – 2010. – № 1. – С. 50–55.
102. ТР ТС 015/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности зерна» : утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 874.
103. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» : утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880.
104. ТР ТС 024/2011. Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на масложировую продукцию» : утвержден решением комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 883.
105. Троценко, А. С. Проблемы и перспективы использования гречихи в пищевой биотехнологии / А. С. Троценко, Т. В. Танашкина, В. П. Корчагин, А. Г. Клыков // Вестник Тихоокеанского государственного экономического университета. – 2010. – № 2 (54). – С. 104–116.
106. Увелка : [сайт]. – URL: <https://uvelka.ru> (дата обращения: 01.09.2025).
107. Уразова, Я. В. Исследование полифенолов экстрактов лузги гречихи / Я. В. Уразова // 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 им. И. И. Ползунова, 2020. – С. 56–58.
108. Фролова, А. Е. Тенденции современного рынка кондитерских изделий / А.

- Е. Фролова, М. П. Щетинин // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств : материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 23–24 апреля 2020 г.). – Барнаул : АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2020. – С. 160–165.
109. Хаертдинова, З. М. Предпосевная подготовка и посев семян гречихи сорта Саулык в Среднем Предуралье : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Хаертдинова Зимфира Мударисовна. – Йошкар-Ола, 2005. – 20 с.
110. Хайменова, Т. Ю. Болезнь Вильсона – Коновалова: современные методы диагностики и лечения / Т. Ю. Хайменова, Е. В. Винницкая, И. Г. Бакулин [и др.] // Фарматека. – 2016. – № S5. – С. 81–85.
111. Цветовой конвертер онлайн со слайдерами CIE LCh (JavaScript) / CIELab.XYZ. – URL: <https://cielab.xyz/colorconv/> (дата обращения: 01.09.2025).
112. Чугунова, О. В. Использование сухого экстракта меланина в производстве мучных кондитерских изделий / О. В. Чугунова, Е. А. Кадрицкая // e-FORUM. – 2020. – № 4 (13). – URL: <http://eforum.usue.ru/ru/vypuski-2020?id=289> (дата обращения: 01.09.2025).
113. Чушкина, Е. С. Гречиха на Среднем Урале / Е. С. Чушкина, Г. В. Вяткина // Молодежь и наука. – 2019. – № 4. – URL: <http://min.usaca.ru/uploads/article/at-tachment/4501/Чушкина.pdf> (дата обращения: 01.09.2025).
114. Шекуров, В. Н. Углубленная переработка шелухи гречихи / В. Н. Шекуров, Б. И. Таренко, К. В. Шекуров // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 7. – С. 205–207.
115. Школьников, М. Н. Исследование состава лужги гречихи посевной / М. Н. Школьников, Е. А. Кадрицкая // Пища. Экология. Качество : труды XVII Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 18–19 ноября 2020 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2020. – С. 732–735.
116. Школьников, М. Н. О повышении стабильности кондитерских изделий / М. Н. Школьников // Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании : материалы VI Междунар.

- науч.-практ. конф. (Екатеринбург, 16 апреля 2019 г.). – Екатеринбург : УрГЭУ, 2019. – С. 148–151.
117. Школьников, М. Н. Обоснование использования лузги гречихи для получения функциональных пищевых красителей / М. Н. Школьников, 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.
118. Шкорина, Е. Д. Состав и комплексная переработка отходов производства гречихи : дис. ... канд. хим. наук : 03.00.16 / Шкорина Екатерина Дмитриевна. – Владивосток, 2007. – 157 с.
119. Юмаева, Л. Р. Состав и свойства экстрактов из шрота чаги : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 15.00.02 / Юмаева Ляйсан Рифгатовна. – Казань, 2009. – 16 с.
120. Язев, С. Г. Использование лузги гречихи в пищевом производстве / С. Г. Язев // Наука и современность. – 2014. – № 34. – С. 102–105.
121. Adler, P. The key to acetate: metabolic fluxes of acetic acid bacteria under cocoa pulp fermentation simulating conditions / P. Adler, L. J. Frey, A. Berger [et al.]. – DOI 10.1128/AEM.01048-14 // Applied and environmental microbiology. – 2014. – Vol. 80, iss. 15. – P. 4702–4716.
122. Aghajanyan, A. E. Isolation, purification and physicochemical characterization of water-soluble *Bacillus thuringiensis* melanin / A. E. Aghajanyan, A. A. Hambardzumyan, A. S. Hovsepyan [et al.]. – DOI 10.1111/j.1600-0749.2005.00211.x // Cell research. – 2005. – Vol. 18. – P. 130–135.
123. Bonvehí, J. S. Factors affecting the formation of alkylpyrazines during roast-ing treatment in natural and alkalized cocoa powder / J. S. Bonvehí, F. V. Coll. – DOI 10.1021/jf011597k // Journal of agricultural and food chemistry. – 2002. – Vol. 50, iss. 13. – P. 3743–3750.
124. Bonvehí, J. S. Investigation of aromatic compounds in roasted cocoa powder / J. S. Bonvehí. – DOI 10.1007/s00217-005-1147-y // European food research and technology. – 2005. – Vol. 221. – P. 19–29.

125. Chu, M. Melanin nanoparticles derived from a homology of medicine and food for sentinel lymph node mapping and photothermal *in vivo* cancer therapy / M. Chu, W. Hai, Z. Zhang [et al.]. – DOI 10.1016/j.biomaterials.2016.03.018 // Biomaterials. – 2016. – Vol. 91. – P. 182–199.
126. Copetti, M. V. Fungi and mycotoxins in cocoa: from farm to chocolate / M. V. Copetti, B. T. Iamanaka, J. I. Pitt, M. H. Taniwaki. – DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2014.02.023 // International journal of food microbiology. – 2014. – Vol. 178. – P. 13–20.
127. De Clercq, N. Detection and identification of xerophilic fungi in Belgian chocolate confectionery factories / N. De Clercq, E. Van Coillie, E. Van Pamel [et al.]. – DOI 10.1016/j.fm.2014.08.012 // Food microbiology. – 2015. – Vol. 46. – P. 322–328.
128. El-Obeid, A. Effect of herbal melanin on IL-8: a possible role of Toll-like receptor 4 (TLR4) / A. El-Obeid, A. Hassib, F. Pontén, B. Westermarck. – DOI 10.1016/j.bbrc.2006.04.035 // Biochemical and biophysical research communications. – 2006. – Vol. 344, iss. 4. – P. 1200–1206.
129. El-Obeid, A. Herbal melanin modulates tumor necrosis factor alpha (TNF-alpha), interleukin 6 (IL-6) and vascular endothelial growth factor (VEGF) production / A. El-Obeid, S. Al-Harbi, N. Al-Jomah, A. Hassib. – DOI 10.1016/j.phymed.2005.03.007 // Phytomedicine. – 2006. – Vol. 13, iss. 5. – P. 324–333.
130. Glories, Y. La couleur des vins rouges / Y. Glories // Connaissance vigne vin. – 1984. – Vol. 4, iss. 18. – P. 253–271.
131. Gorodyska, O. Influence of grape seeds powder on preservation of fats in confectionary glaze / O. Gorodyska, N. Grevtseva, O. Samokhvalov [et al.]. – DOI 10.15587/1729-4061.2018.147760 // Eastern-European journal of enterprise technologies. – 2018. – Vol. 6/11, iss. 96. – P. 36–43.
132. Gorodyska, O. Investigation of the safety grapeseed powder as an alternative to cocoa-powder in a confectionery glaze / O. Gorodyska, N. Grevtseva, O. Samokhvalova [et al.]. – DOI 10.15673/fst.v12i3.1041 // Food science and technology. –

2018. – Vol. 12, iss. 3. – P. 64–72.
133. Gutiérrez, T. J. State-of-the-Art chocolate manufacture: a review / T. J. Gu-tiérrez. – DOI 10.1111/1541-4337.12301 // Comprehensive reviews in food science and food safety. – 2017. – Vol. 16, iss. 6. – P. 1313–1344.
134. Hill, H. The function of melanin or six blind people examine an elephant / H. Hill. – DOI 10.1002/bies.950140111 // BioEssays. – 1992. – Vol. 14, no. 1. – P. 49–56.
135. Im, H. J. Production and characterisation of alcohol-insoluble dietary fibre as a potential source for functional carbohydrates produced by enzymatic depolymerisation of buckwheat hulls / H. J. Im, K. Y. Yoon. – DOI 10.17221/200/2015-CJFS // Czech journal of food sciences. – 2016. – Vol. 33, no. 5. – P. 449–457.
136. ImageColorPicker : [сайт]. – URL: <https://imagecolorpicker.online/ru/> (дата обращения: 01.09.2025).
137. ISO/CIE 11664-4:2019. Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space. – 8 p.
138. Jensen, J. S. Prediction of wine color from phenolic profiles of red grapes : PhD thesis / J. S. Jensen. – Copenhagen, 2008. – 71 p. – ISBN 978-87-91435-76-5.
139. Kasajima, I. Plotting colors on color circle: interconversion between XYZ values and RGB color system / I. Kasajima. – DOI 10.36959/525/433 // Current trends in analytical and bioanalytical chemistry. – 2017. – Vol. 1, iss. 1. – P. 1–8.
140. Kim, D. J. The synthetic melanin nanoparticles having an excellent binding capacity of heavy metal ions / D. J. Kim, K.-Y. Ju, J.-K. Lee. – DOI 10.5012/BKCS. 2012.33.11.3788 // Bulletin of the Korean Chemical Society. – 2012. – Vol. 33, iss. 11. – P. 3788–3792.
141. Kiran, G. Melanin-templated rapid synthesis of silver nanostructures / G. Kiran, A. Dhasayan, A. Lipton [et al.]. – DOI 10.1186/1477-3155-12-18 // Journal of nano-biotechnology. – 2014. – Vol. 12, iss. 1. – P. 18–30.
142. 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 Confer-ences. – 2021. – Vol. 296. – Art. no. 07007.
143. Kunwar, A. Melanin, a promising radioprotector: mechanisms of actions in a mice model / A. Kunwar, B. Adhihary, S. Jayakumar [et al.]. – DOI 10.1016/j.taap.2012.08.002 // Toxicology and applied pharmacology. – 2012. – Vol. 264, iss. 2. – P. 202–211.
144. Kurian, N. K. Food, cosmetic and biological applications of characterized DOPA-melanin from *Vibrio alginolyticus* strain BTKKS3 / N. K. Kurian, S. G. Bhat. – DOI 10.1007/s13765-018-0343-y // Applied biological chemistry. – 2018. – Vol. 61. – P. 163–171.
145. Lagunas-Muñoz, V. H. Optimum melanin production using recombinant *Escherichia coli* / V. H. Lagunas-Muñoz, N. Cabrera-Valladares, F. Bolívar [et al.]. – DOI 10.1111/j.1365-2672.2006.03013.x // Journal of applied microbiology. – 2006. – Vol. 101, iss. 5. – P. 1002–1008.
146. Li, X. Antioxidative properties of hydrated ethanol extracts from tartary buckwheat grains as affected by the changes of rutin and quercetin during preparations / X. Li, D. Li, J. Shmidt [et al.] // Journal of medicinal plants research. – 2011. – Vol. 5, iss. 4. – P. 572–578.
147. Łopusiewicz, Ł. Whey protein concentrate/isolate biofunctional films modified with melanin from watermelon (*Citrullus lanatus*) seeds / Ł. Łopusiewicz, E. Drozłowska, P. Trocer [et al.]. – DOI 10.3390/ma13173876 // Materials. – 2020. – Vol. 13, iss. 17. – Art. 3876.
148. Marshall, H. Y. Buckwheat: description breeding production and utilization / H. Y. Marshall, Y. Pomeranz // Advances in cereal sciences and technology, vol. 5 / ed. by Y. Pomeranz. – St. Paul : AACC, 1983. – P. 157–210.
149. Mason, H. S. The chemistry of melanin; mechanism of the oxidation of dihydroxyphenylalanine by tyrosinase / H. S. Mason // The journal of biological chemistry. – 1948. – Vol. 172. – P. 83–99.
150. Meza, B. E. Effect of temperature and composition on rheological behaviour and

- sagging capacity of glaze materials for foods / B. E. Meza, J. M. Peralta, S. E. Zorrilla. – DOI 10.1016/j.foodhyd.2021.106689 // Food hydrocolloids. – 2021. – Vol. 117. – Art. ID 106689.
151. Meza, B. E. Rheological properties of a commercial food glaze material and their effect on the film thickness obtained by dip coating / B. E. Meza, J. M. Peralta, S. E. Zorrilla. – DOI 10.1111/jfpe.12181// Journal of food process engineering. – 2015. – Vol. 38, iss. 5. – P.510–516.
152. Meza, B. E. Water adsorption and rheological properties of full-fat and low-fat cocoa-based confectionery coatings / B. E. Meza, A. D. Carboni, J. M. Peralta. – DOI 10.1016/j.fbp.2018.04.005// Food and bioproducts processing. – 2018. – Vol. 110. – P. 16–25.
153. Oberg, F. Herbal melanin activates TLR 4/NF-kappa B signaling pathway / F. Oberg, A. Hassib, M. Ahnfelt [et al.]. – DOI 10.1016/j.phymed.2008.10.008 // Phytomedicine. – 2009. – Vol. 16, iss. 5. – P. 477–484.
154. Patent CA2829614A1 Canada, IPC C07D 401/12. Process for producing melanin using cultures of the genus *Nigella* : SE2012/125091 : appl. 2011-03-15 : publ. 2012-09-20 / A. Haseeb, H. Elhag.
155. Patent CN100562543C China, IPC C09B 61/00. Extraction of natural melanin from myrtillin leaves : № 200510104210.6 : appl. 2005-09-30 : publ. 2009-11-25 / Fujian Agriculture and Forestry University.
156. Patent CN102732048A China, IPC C09B 61/00, C09B 61/14, C12P 1/02, C12R 1/645. Extraction method for melanin of *Aureobasidium pullulans* : № 21210170513.8 : appl. 2012-05-29 : publ. 2012-10-17 / Tianjin Peiyang Biotrans Bi-otech Co Ltd.
157. Patent CN11110941A China, IPC A23F 3/34, C12N 1/14, C12R 1/645. Method for producing tartary buckwheat fungus tea by using phellinus igniarius : № 201911374703.X.: appl. 2019-12-27 : publ. 2020-05-08 / Gao Jiancheng, Li Hang, Shan Wenqi.
158. Patent EP1104446A1 European Patent Office. Biologisch aktive fraktion pflanzlichen melanins, seine herstellung sowie seine verwendung : appl. 1999-08-

- 10 : publ. 2001-06-06 / J. Kereste Jr., J. Kereste, L. A. Venger.
159. Patent WO2020132555A1 WIPO (PCT), IPC A01N 43/56, 43/58, 43/60. Isolation of fungal melanin and uses in external radiation shielding and heat capture : PCT/US2019/068034 : appl. 2019-12-20 : publ. 2020-06-25 / R. Cordero, A. Casadevall, R. Vij.
160. Poiană, M.-A. Establishing of chromatic and antioxidant characteristics of some red wines from minis vineyard / M.-A. Poiană, I. Gergen, E. Alexa // Scientific Study & Research – Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2007. – Vol. 8, iss. 3. – P. 319–328.
161. Puchol-Miquel, M. Effect of the type and degree of alkalization of cocoa powder on the physico-chemical and sensory properties of sponge cakes / M. Puchol-Miquel, C. Palomares, I. Fernández-Segovia [et al.]. – DOI 10.1016/j.lwt.2021.112241 // LWT. – 2021. – Vol. 152. – Art. ID 112241.
162. Pugh, N. D. Melanin: dietary mucosal immune modulator from *Echinacea* and other botanical supplements / N. D. Pugh, H. Balachandran, H. Lata [et al.]. – DOI 10.1016/j.intimp.2004.12.011 // International immunopharmacology. – 2005. – Vol. 5, iss. 4. – P. 637–647.
163. Rassabina, A. E. Melanin from the lichens *Cetraria islandica* and *Pseudevernia furfuracea*: structural features and physicochemical properties / A. E. Rassabina, O. P. Gurjanov, R. P. Beckett, F. V. Minibayeva. – DOI 10.1134/S0006297920050119 // Biochemistry (Moscow). – 2020. – Vol. 85, iss. 5. – P. 623–628.
164. Red cell metabolism / ed. by E. Beutler. – Edinburgh : Churchill Livingstone, 1986. – 126 p. – ISBN 0-443-03310-2.
165. Roura, E. The effects of milk as a food matrix for polyphenols on the excretion profile of cocoa (–)-epicatechin metabolites in healthy human subjects / E. Roura, C. Andrés-Lacueva, R. Estruch [et al.]. – DOI 10.1017/s0007114508922534 // British journal of nutrition. – 2008. – Vol. 100, iss. 4. – P. 846–851.
166. Roy, S. Melanin-mediated synthesis of silver nanoparticle and its use for the

- preparation of carrageenan-based antibacterial films / S. Roy, S. Shankar, J. Rhim. – DOI 10.1016/j.foodhyd.2018.10.013 // Food hydrocolloids. – 2019. – Vol. 88. – P. 237–246.
167. Schweitzer, A. D. Melanin-covered nanoparticles for protection of bone marrow during radiation therapy of cancer / A. D. Schweitzer, E. Revskaya, P. Chu [et al.]. – DOI 10.1016/j.ijrobp.2010.02.020 // International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics. – 2010. – Vol. 78, iss. 5. – P. 1494–1502.
168. Shankar, S. Effect of melanin nanoparticles on the mechanical, water vapor barrier, and antioxidant properties of gelatin-based films for food packaging application / S. Shankar, L. Wang, J. Rhim. – DOI 10.1016/j.fpsl.2019.100363 // Food packaging and shelf life. – 2019. – Vol. 21. – Art. ID 100363.
169. Stankov, S. Rheological and sensory properties of glazes prepared with carob and cocoa powders / S. Stankov, M. Dzhivoderova-Zarcheva, E. Dimitrova [et al.]. – DOI 10.1111/jfpp.14580 // Journal of food processing and preservation. – 2020. – Vol. 44, iss. 8. – Art. ID e14580.
170. Stauffer, C. E. Chocolate and confectionery coatings / C. E. Stauffer. – DOI 10.1094/9780913250907.007 // Fats and Oils / C. E. Stauffer. – St. Paul : American Association of Cereal Chemists, 1996. – P. 91–100.
171. Sudraud, P. Interprétation des courbes d'absorption des vins rouges / P. Sudraud // Annales de technologie agricole. – 1958. – Vol. 7. – P. 203–208.
172. Tkeshelashvili, M. E. Quality improvement and shelf life of sweets of the Assorty type / M. E. Tkeshelashvili, G. A. Bobozhonova, A. B. Sorokina, G. O. Magomedov. – DOI 10.1088/1755-1315/640/5/052015 // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 640. – Art. ID. 052015.
173. Ushakova, N. Antioxidative Properties of melanins and ommochromes from black soldier fly *Hermetia illucens* / N. Ushakova, A. Dontsov, N. Sakina [et al.]. – DOI 10.3390/biom9090408 // Biomolecules. – 2019. – Vol. 9, iss. 9. – Art. ID. 408.
174. Wan, X. Isolation of a novel strain of *Aeromonas media* producing high levels of dopa-melanin and assessment of the photoprotective role of the melanin in bio-insecticide applications / X. Wan, H. M. Liu, Y. Liao [et al.]. – DOI

- 10.1111/j.1365-2672.2007.03502.x // J Appl Microbiol. – 2007. – Vol. 103, iss. 6. – P. 2533–2541.
175. Wang, H. Isolation and characterization of melanin from *Osmanthus fragrans* seeds / H. Wang, Y. Pan, X. Tang, Z. Huang. – DOI 10.1016/j.lwt.2005.04.001 // LWT – Food Science and Technology. – 2006. – Vol. 39, iss. 5. – P. 496–502.
176. Wollgast, J. Polyphenols in chocolate: is there a contribution to human health / J. Wollgast, E. Anklam. – DOI 10.1016/S0963-9969(00)00069-7 // Food research inter-national. – 2000. – Vol. 33, iss. 6. – P. 449–459.
177. Yang, M. High performance of alginate/polyvinyl alcohol composite film based on natural original melanin nanoparticles used as food thermal insulating and UV-vis block / M. Yang, L. Li, S. Yu [et al.]. – DOI 10.1016/j.carbpol.2020.115884 // Car-bohydrate polymers. – 2020. – Vol. 233. – Art. ID 115884.
178. Zhou, Y. Integrated metabolomics and transcriptomics reveal the anti-aging effect of melanin from *Sepiella maindroni* ink (MSMI) on D-galactose-induced aging mice / Y. Zhou, W. Song, C. Wang [et al.]. – DOI 10.18632/aging.202890 // Aging. – 2021. – Vol. 13, iss. 8. – P. 11889–11906.
179. Zou, Y. Optimization of culture medium for production of melanin by *Auricularia auricula* / Y. Zou, X. Hou. – DOI 10.1590/1678-457X.18016 // Food science and technology international. – 2017. – Vol. 37. – P. 153–157.
180. Zou, Y. Optimization of ultrasound-assisted extraction of melanin from *Auricularia auricula* fruit bodies / Y. Zou, C. Xie, G. Fan [et al.]. – DOI 10.1016/j.ifset. 2010.07.002 // Innovative food science and emerging technologies. – 2010. – Vol. 11, iss. 4. – P. 611–615.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Монография

**МЕЛАНИН ИЗ ЛУЗГИ ГРЕЧИХИ:
ВЫДЕЛЕНИЕ, СВОЙСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Авторы:

Школьников М.Н., Рожнов Е.Д., Уразова Я.В., Кадрицкая Е.А.

Формат 60х84/16. Усл. печ. лист. 7,15
Тираж 500 экз. Зак. №mru01-2025.
Подписано в печать: 12.09.2025

Издано:
ООО Альпен-Принт,
125476, г. Москва, ул. Маршала Бирюзова, 18-25

Издано в авторской редакции.

Отпечатано с готового оригинал-макета
ООО Алпен-Принт. Москва, ул. Маршала Бирюзова, 18-25

ISBN 978-5-6054139-1-2



