

На правах рукописи



МУТАЛЛИБЗОДА Шерзодхон

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДУКТОВ И РАЦИОНОВ ДЛЯ ЛЮДЕЙ
С ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТЬЮ К НАРУШЕНИЮ
МЕТАБОЛИЗМА ВИТАМИНОВ ГРУППЫ В**

Специальность 4.3.3 – Пищевые системы

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва - 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»

Научный руководитель: **Никитин Игорь Алексеевич**
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Белявская Ирина Георгиевна**
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», профессор кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий)

Карамнова Наталья Станиславовна
кандидат медицинских наук
(ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, руководитель лаборатории эпидемиологии питания)

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» РАН, г. Москва

Защита состоится «21» сентября 2023 г. в 14⁰⁰ ч. на заседании диссертационного совета 24.2.355.01 при ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» по адресу: 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, ауд. 309

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат размещен в сети Интернет на сайтах ВАК Минобрнауки РФ по адресу: (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (<http://www.mgutm.ru>).

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к.т.н., доц.



Бычкова Т.С.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

1.1 Актуальность темы исследования. Классический подход (концепция сбалансированного питания) в области нутрициологии рассматривает питание как поток макро- и микронутриентов, определяя физиологические потребности в них и прогнозируя отрицательные последствия дефицита или избытка. Однако поступление в организм пищевых веществ на уровнях, которые предотвращают общие симптомы их дефицита, все еще может быть недостаточным для поддержания здоровья в долгосрочной перспективе. Большая часть исследований в области разработки новых пищевых продуктов на сегодняшний день подразумевает, что все люди имеют усредненно одинаковые нутриентные потребности. При этом с получением новых научных данных в области пищевой антропологии, нутригеномики, нутригенетики, метаболомики становится все более очевидным, что разнообразие пищевого фенотипа требует конкретизации норм потребления.

Благодаря появлению новых методов диагностики, в том числе связанных с определением генетических предрасположенностей, становится возможным систематизировать взаимосвязи между наличием полиморфизмов в определенных генах и нутрициологическим статусом организма. Это позволит заложить основу методологии персонализированного питания с точки зрения изучения влияния генов, вовлеченных в метаболические пути ассимиляции пищи, для создания продуктов, профилактических в отношении определенных видов заболеваний.

Витамины группы *B*, в том числе фолаты (термин относится к фолиевой кислоте (витамин *B*₉) и к ее производным – ди-, три-, полиглутаматам, которые обладают тем же биологическим эффектом) вносят значительный вклад в профилактику алиментарно-зависимых заболеваний (АЗЗ), таких как сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) и ожирение. Большинство людей не получает достаточно витаминов группы *B* со своим обычным рационом питания. При этом одной из причин развития витамин-дефицитного состояния является полиморфизм генов фолатного цикла. При генетических полиморфизмах в генах фолатного цикла *rs1801133 MTHFR 677C> T*, *rs1805087 MTR 2756A> G* и *rs1801394 MTRR 66A> G* снижается активность кодируемых ими ферментов, что может обуславливать повышенную потребность в витаминах, которые выступают их кофакторами. Люди, носители полиморфизмов генов фолатного цикла, могут недополучать витамины *B*₆, *B*₉, *B*₁₂ с диетой и, как следствие, подвергаться повышенному риску гипергомоцистеинемии (патологическое состояние, при котором уровень аминокислоты гомоцистеина в организме превышает 15 мкмоль/л, ассоциированное с риском ССЗ).

Конструирование продуктов и рационов с целевым нутриентным составом для потребителей на основе их генетических предрасположенностей является актуальной задачей, стоящей перед пищевой промышленностью в настоящее время. В связи с вышеизложенным обоснование подходов и разработка методов проектирования продуктов и рационов для потребителей, имеющих предрасположенность к нарушению фолатного цикла, является актуальным

направлением. Актуальность темы подтверждается также финансовой поддержкой гранта РФФИ №22-26-00242 «Обоснование подходов и разработка методологии проектирования продуктов и рационов персонализированного питания для потребителей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла» (<https://rscf.ru/project/22-26-00242/>).

1.2 Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории и практики специализированного и персонализированного питания, а также разработку пищевых продуктов и рационов с заданными свойствами внесли отечественные и зарубежные ученые: В.С. Баранов, А.К. Батулин, В.С. Иунихина, А.А. Кочеткова, А.П. Косован, В.И. Криштафович, Н.Д. Лукин, Г.О. Магомедов, А.П. Нечаев, Д.Б. Никитюк, М.А. Николаева, В.М. Позняковский, Ю.И. Сидоренко, С.В. Симоненко, А.А. Славянский, В.А. Тутельян, Б.А. Шендеров, Jose M. Ordovas, Lynnette R. Ferguson, Valter D. Longo и другие. Однако исследования по разработке пищевых продуктов и рационов, основанных на учете генетических предрасположенностей потребителей, пока носят разрозненный характер и требуют дополнительных исследований. Указанные причины послужили основанием для формулировки цели и задач диссертационного исследования.

1.3 Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является обоснование подходов и разработка технологий горького шоколада, сахарного печенья, фруктово-ягодных батончиков, а также рационов с их применением, предназначенных для людей, имеющих предрасположенность к возникновению заболеваний, связанных с нарушением метаболизма витаминов группы *B*.

В соответствии с поставленной целью решались **задачи**:

- провести анализ генетических, антропометрических и нутрициологических факторов риска развития патологических состояний, связанных с нарушением метаболизма витаминов группы *B* и развитием гипергомоцистеинемии;
- провести исследование среднесуточного потребления витаминов *B*₆, *B*₉, *B*₁₂, участвующих в поддержании активности ферментов фолатного цикла и необходимых для потребителей с предрасположенностью к его нарушению;
- определить конкретизированные нормы потребления нутриентов для людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы *B*;
- разработать технологии производства горького шоколада, сахарного печенья, фруктово-ягодных батончиков, обогащенных активными формами витаминов группы *B*, и спроектировать рационы с применением разработанных обогащенных продуктов;
- определить сохранность витаминов в разработанных продуктах;
- провести медико-биологические исследования по оценке безопасности разработанных продуктов;
- оценить влияние употребления активных форм фолатов, витамина *B*₁₂ и витамина *B*₆ в виде метилфолата, метилкобаламина и пиридоксина

гидрохлорида в составе разработанных пищевых продуктов на уровень гомоцистеина у людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы *B*;

- рассчитать социально-экономическую эффективность от производства шоколада, сахарного печенья и фруктово-ягодных батончиков;
- разработать техническую документацию на полученные продукты и провести их опытно-промышленную апробацию.

1.4 Научная новизна. На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований:

- теоретически обоснована необходимость введения активных форм витаминов группы *B* в продукты питания и экспериментально подтверждена эффективность их применения для людей с генетической предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы *B*;
- установлено, что применение ксилита и стевиозида влияет на температуру кристаллизации (переход в стабильную β -форму масла какао) шоколадной массы и сроки жирового поседения шоколада; определена оптимальная температура кристаллизации шоколадной массы с полной заменой сахара на ксилит и стевиозид (31,4-31,6 °C);
- определена возможность сохранения стабильности метилфолата при воздействии высоких температур в технологии сахарного печенья благодаря внесению его в белково-углеводную среду с нейтральным значением pH.

1.5 Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в разработке методики создания продуктов и рационов для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке технологических решений производства горького шоколада, сахарного печенья, фруктово-ягодных батончиков с заданным нутриентным составом, а также рационов на их основе, направленных на снижение рисков возникновения заболеваний, связанных с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы *B*, обусловленному наличием полиморфизмов в генах *MTHFR*, *MTR*, *MTRR*.

На основе полученных технологических решений разработаны технологии производства продуктов персонализированного питания (горького шоколада, сахарного печенья и фруктово-ягодных батончиков), а также рационы на их основе, направленные на восполнение потребностей организма в активных формах витаминов группы *B* и сохранение стабильности витаминов в готовых продуктах на протяжении всего срока годности.

Определены показатели качества и безопасности разработанных продуктов, доказана безопасность разработанных продуктов для людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы *B*.

Рассчитана социально-экономическая эффективность от применения схемы профилактики нарушения метаболизма витаминов группы *B* с использованием

метода «анализа стоимости болезни».

Разработана и утверждена техническая документация на горький шоколад, сахарное печенье и фруктово-ягодные батончики. Полученные по результатам исследований продукты прошли апробацию в промышленных условиях и частично внедрены в производство, в том числе и в сервисы по составлению рационов питания, а также в учебный процесс на кафедре Биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья ФГБОУ ВО «МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ)», используются при реализации основных профессиональных образовательных программ по направлениям 19.03.02 и 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья».

1.6 Методология проведения исследований базируется на комплексном решении теоретических, экспериментальных и практических задач обоснования корректировки в потреблении ряда пищевых нутриентов (в том числе активных форм витаминов группы В) и создания продуктов и рационов персонализированного питания для предупреждения риска возникновения заболеваний, связанных с нарушением метаболизма витаминов группы В, обусловленного наличием полиморфизма в генах *MTHFR*, *MTR*, *MTRR*.

При выполнении работы использованы стандартные, общепринятые и специальные методы исследований.

1.7 Научные положения, выносимые на защиту:

– Технологические подходы к проектированию кондитерских изделий (горького шоколада, сахарного печенья, фруктово-ягодных батончиков), способствующие снижению рисков проявления и развития болезненных состояний, ассоциированных с нарушением метаболизма витаминов группы В.

– Эффективность снижения уровня гомоцистеина в крови с помощью практики потребления специально разработанных пищевых продуктов.

– Результаты исследования сохранности активных форм витаминов в разработанных пищевых продуктах в зависимости от способа их внесения.

– Результаты научного обоснования влияния вида сахарозаменителя на реологические свойства шоколадной массы и температуру ее кристаллизации.

1.8 Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечена и подтверждена теоретическими и экспериментальными исследованиями, выполненными с применением поверенных, аттестованных научных приборов, современных физико-химических методов анализа, статистической математической обработкой результатов эксперимента, совпадением результатов опытно-промышленной апробации с результатами лабораторных исследований и медико-биологическими исследованиями.

Основные результаты диссертационной работы были представлены на конкурсах, форумах и конференциях различного уровня: Всероссийском конкурсе научных работ студентов, аспирантов и молодых ученых «Технология продовольственных продуктов» (Краснодар, 2019 г.), Всероссийском конкурсе молодых предпринимателей Министерства науки и высшего образования РФ

(Москва, 2020 г.), V Всероссийском молодежном научном форуме «Наука будущего – наука молодых» (Сочи, 2020 г.), VII и IX Международной научно-практической конференции «Церевитиновские чтения» (Москва, 2020, 2023 г.), I Конгрессе молодых ученых (Сочи, 2021 г.), VI Форуме молодых ученых стран БРИКС (Бангалор, Индия, 2021 г.), VII Международной научно-технической конференции «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2021 г.), XIV Всероссийском форуме молодых ученых и студентов «Дни студенческой науки» (Москва, 2022 г.), Международной научно-практической конференции «Пищевая индустрия в современных условиях: тренды и инновации» (Орел, 2023 г.).

Результаты работы получили поддержку конкурса проектов ГК ЭФКО StartUP: Land HealthNet «Разработка технологии витаминизированного диетического шоколада» (Белгород, 2020 г.), Фонда поддержки молодых ученых имени Геннадия Комиссарова при содействии Фонда президентских грантов: грант №64478 на тему: «Разработка технологии витаминизированного диетического шоколада» (Москва, 2021 г.).

Разработанные продукты были представлены на XI Всероссийском форуме «Здоровье нации – основа процветания России (Москва, 2018 г.), 24-й Международной специализированной выставке хлебопекарного и кондитерского рынка Modern Bakery (Москва, 2019 г.), Ежегодной национальной выставке ВузПромЭкспо (Москва, 2019 г.).

1.9 Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 18 опубликованных научных работах, в том числе: в 4 статьях в журналах, рекомендуемых ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 1 статье в журнале, входящем в базу данных RSCI, 1 статье в журнале, входящем в международные базы данных WoS/Scopus. Получено 2 патента на изобретение РФ. Поданы 2 заявки на изобретения.

1.10 Объем работы. Диссертация состоит из введения и пяти глав, включающих обзор литературы, экспериментальную часть, выводы, список литературы, приложения. Основной текст работы изложен на 198 страницах, проиллюстрирован 54 таблицами и 33 рисунками. В список литературы входит 268 источников, в том числе 186 иностранных источников.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, охарактеризованы научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, степень разработанности, цели и задачи исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В главе 1 рассмотрены основные направления и перспективы развития рынка пищевых продуктов для персонализированного питания, особенности усвоения пищевых нутриентов в зависимости от генетических вариаций потребителя, изучены инновационные технологические подходы к обогащению пищевых продуктов витаминами, проведен анализ факторов риска

возникновения патологических состояний, связанных с нарушением метаболизма витаминов группы *B* (фолатного цикла) и развитием гипергомоцистеинемии, изучены специальные потребности в нутриентах для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла.

В главе 2 приведены стандартные и специальные методы, применяемые при проведении исследований.

Исследование состава и свойств сырья, полуфабрикатов и показателей качества готовой продукции проводили в научно-исследовательской лаборатории кафедры Биотехнологий продуктов питания из растительного и животного сырья при ФГБОУ ВО «МГУТУ имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»; научно-исследовательских лабораториях ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова»; ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» при ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Молекулярно-генетические лабораторные исследования и анализ физиологических параметров осуществляли на кафедре Медицинской генетики при ФГАОУ «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова», г. Москва.

Доклинические испытания проводили на лабораторных животных в инновационном научно-исследовательском центре коллективного пользования ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», г. Орел.

Опытно-промышленную апробацию проводили в условиях лабораторий и производства: ООО «Царский вкус», г. Москва, ООО «Арида», г. Смоленск.

Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

В главе 3 проведено исследование по выявлению среднесуточного потребления витаминов *B₆*, *B₉*, *B₁₂*, являющихся кофакторами ферментов фолатного цикла и необходимых для потребителей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла, с помощью клинически валидированного полуколичественного опросника по частоте приема пищи *FFQ* (food frequency questionnaire).

Из полученных данных следует, что дефицит фолатов наблюдался у 56,6% опрошенных. Следует отметить, что в группе людей с недостаточным потреблением фолатов больше половины также испытывали нехватку витамина *B₆* в диете (60%). Коэффициент корреляции между дефицитом фолатов и дефицитом витамина *B₆* составил 0,89. Дефицит потребления витамина *B₁₂* наблюдался значительно реже – у 8,5% опрошенных. Полученные данные показали высокую распространенность дефицита фолатов и витамина *B₆*, что может являться предрасполагающим фактором для развития гипергомоцистеинемии и ассоциированных с ней неблагоприятных состояний.

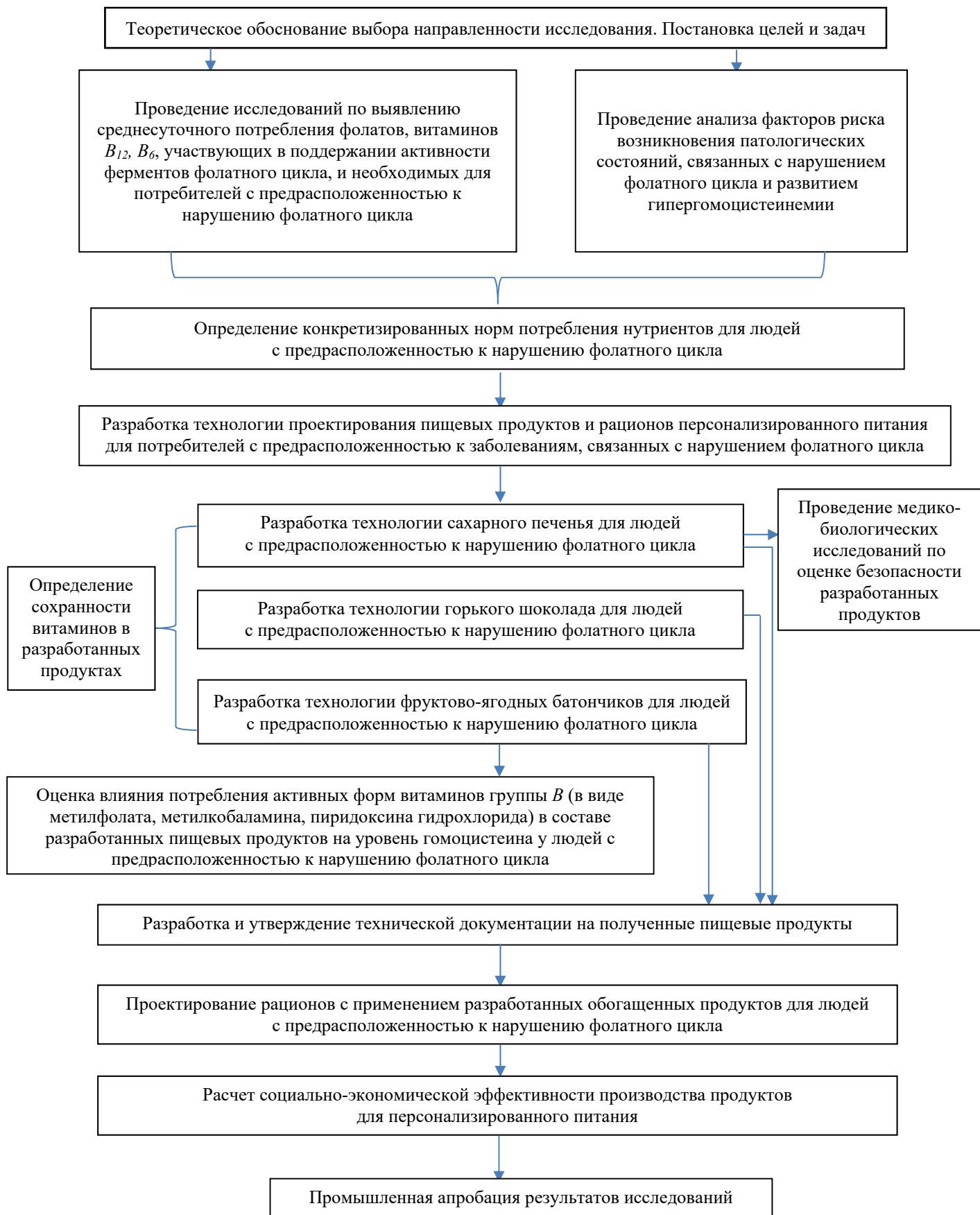


Рисунок 1 – Схема проведения исследований

В главе 4 представлены результаты разработки рецептур и технологий пищевых продуктов, а также рационов для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла. Установлено, что ключевыми нутриентами, необходимыми для снижения рисков возникновения нарушения фолатного цикла, являются активные формы фолатов, витаминов B_{12} и B_6 – метилфолат, метилкобаламин, пиридоксина гидрохлорид. Конкретизированные нормы потребления этих нутриентов при выявлении предрасположенности к нарушению фолатного цикла были установлены на основании полученной информации по результатам проведенных литературных исследований и опроса по частоте приема пищи FFQ согласно рекомендациям ФГАОУ «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» и составляют 400 мкг по метилфолату, 3 мкг по метилкобаламину и 2 мг по пиридоксина гидрохлориду.

Помимо употребления активных форм витаминов группы B людям с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла необходимо употреблять продукты с пониженной энергетической ценностью, что обусловливается наличием статистически значимой ассоциации T -аллеля гена $MTHFR$ с низким уровнем фолатов у людей с избыточным весом и ожирением.

Использование ксилита в качестве эмульгатора позволило отказаться от использования соевого лецитина и дополнительного количества масла какао в технологии производства горького шоколада. В качестве обогащающей добавки была использована смесь метилфолата, метилкобаламина, пиридоксина гидрохлорида в количестве 20% от суточной потребности в этих витаминах на 1 порцию шоколада в день (20 г).

С целью равномерного распределения витаминов их вносили за 1 час до окончания стадии конширования.

Для получения необходимого значения вязкости горького шоколада было подобрано разное соотношение рецептурных компонентов с применением центрального композиционного ротатабельного униформ-планирования.

Сырьевыми факторами, влияющими на вязкость горького шоколада, являются тертое какао (X_1), масло какао (X_2), ксилит (X_3).

Критерием оценки влияния факторов на вязкость горького шоколада был выбран динамический коэффициент вязкости μ (Y).

В результате статистической обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии (1), адекватно описывающее влияние сырьевых факторов на вязкость горького шоколада:

$$Y = 1721,6234 + 3,5165X_1 - 6,2861X_2 - 14,9449X_3. \quad (1)$$

Воспроизводимость опытов, значимость регрессионных коэффициентов и адекватность уравнений подтверждена статистическими критериями Кохрена, Стьюдента, Фишера.

С использованием уравнения регрессии были подобраны количественные значения рецептурных компонентов, обеспечивающих необходимую вязкость продукта, которые были положены в основу разработки рецептуры горького шоколада.

Для исследования вязкости разработанного горького шоколада были использованы три образца горького шоколада на основе традиционного сахара и один образец горького шоколада на сахарозаменителях, приобретенные в торговых сетях, в сравнении с разработанным образцом горького шоколада с использованием ксилита и стевииозиды.

Результаты исследований представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

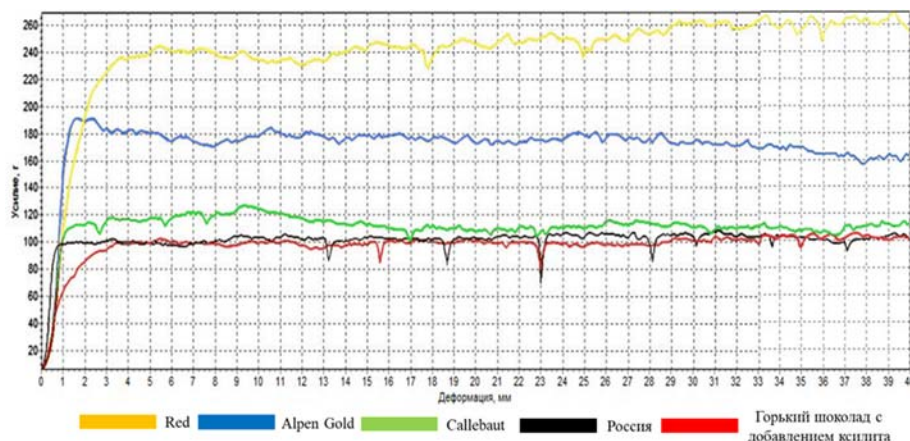


Рисунок 2 - Динамика изменения усилия нагружения на инденторе «Шарик Ø15» при его погружении в шоколадную массу при скорости движения (погружения) 1,0 мм/с.

Показания усилия нагружения использовали для расчета вязкости шоколада μ , Па·с, по формуле

$$\mu = K * \frac{F}{F_{\text{ГЛ}}}, \quad (2)$$

где K – калибровочный коэффициент;

$F_{\text{ГЛ}}$ – усилие нагружения глицерина, г;

F – усилие нагружения шоколадной массы, г.

Таблица 1 – Вязкость образцов шоколадных масс

Наименование образцов	Предельное усилие нагружения, г	Вязкость, Па·с
«Red» 60% (Латвия)	269,2	4065,47
«Alpen Gold» 70% (США)	191,0	2884,49
«Callebaut» 75% (Россия)	127,0	1917,96
«Россия» 70% (Россия)	108,4	1637,06
Разработанный образец горького шоколада	105,5	1593,27

Из таблицы 1 видно, что благодаря эмульгирующим свойствам ксилита вязкость шоколадной массы разрабатываемого образца снижалась без внесения соевого лецитина и дополнительного количества масла какао в сравнении с образцами, приобретенными в торговых сетях (на 2,7% в сравнении с «Россия», на 17,0% в сравнении с «Callebaut», на 45,0% в сравнении с «Alpen Gold», на 61,0% в сравнении с «Red»).

Для нахождения оптимальной температуры кристаллизации шоколадной массы после введения ксилита и стевииозиды с целью предотвращения жирового поседения при хранении разработанные образцы шоколада были протемперированы с шагом температуры 0,2 °С. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние температуры кристаллизации опытных образцов шоколадных масс с ксилитом и стевиозидом на устойчивость к жировому поседению

Температура кристаллизации, °С	Срок хранения, мес.	Наличие жирового поседения
31,2	1	Жировое поседение наблюдалось через 15 дней
31,4	1	Жировое поседение не наблюдалось
31,6	1	Жировое поседение не наблюдалось
31,8	1	Жировое поседение наблюдалось через 2 дня

Как видно из таблицы 2, оптимальной температурой для кристаллизации и перехода масла какао в стабильную β -форму для разработанного горького шоколада с добавлением ксилита и стевиозида является температура 31,4-31,6 °С.

С целью определения содержания в опытном образце шоколада остаточного количества сахаров было проведено определение их массовой доли поляриметрическим методом, в результате которого было установлено, что в разработанном шоколаде массовая доля сахара составляет 1,16%. Полученное значение подтверждает минимальное содержание сахара в шоколаде.

Полная замена сахара на сахарозаменитель ксилит и подсластитель стевиозид позволила снизить энергетическую ценность (ЭЦ) в горьком шоколаде с 539 ккал до 487 ккал (на 9,2%).

На полученный горький шоколад разработаны и утверждены технические условия (шоколад «Фолатик» ТУ 10.82.22-001-02068812-2023) и проведена производственная выработка, показавшая возможность реализации разработанной технологии.

В качестве основного сырья при разработке технологии сахарного печенья были использованы мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, сахарная пудра, пудра ксилита, масло сливочное традиционное, меланж, разрыхлитель. Сахарозаменитель ксилит был использован для снижения энергетической ценности готового продукта. В качестве обогащающей добавки была использована смесь метилфолата, метилкобаламина, пиридоксина гидрохлорида в количестве 80% от суточной потребности в этих витаминах.

Было исследовано влияние нескольких сахарозаменителей (ксилит, эритритол, мальтитол) в различных дозировках на прочность печенья. Важную роль играет способ обогащения сахарного печенья витаминами с целью сохранения их в продукте после выпечки. Как известно, метилкобаламин и пиридоксина гидрохлорид являются термостабильными и не разрушаются при высоких температурах, в отличие от метилфолата. Однако исследования по определению температуры, необходимой для разрушения фолатов, показали, что в нейтральной или слабощелочной среде с $\text{pH} = 6 \dots 8$ при отсутствии света фолаты разрушаются при температуре выше 180 °С. Взаимодействие фолатов с углеводами и белковыми компонентами пищи способствует созданию устойчивых к тепловой обработке связей фолатов с этими полимерами. Это исследование позволило разработать технологическое решение для сохранения стабильности метилфолата, сущность которого заключается во внесении витаминов в эмульсию, состоящую из меланжа, сахарной пудры и пудры ксилита,

которые создали необходимую белково-углеводную среду, а также нейтральное значение pH, необходимое для сохранения стабильности витаминов при воздействии высоких температур.

Внешний вид образцов печенья и результаты дегустационной оценки представлены на рисунках 3 и 4.



Рисунок 3 – Внешний образцов различных видов сахарного печенья



Рисунок 4 – Результаты дегустационной оценки контрольного и опытных образцов сахарного печенья

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наилучшими органолептическими показателями обладал образец 2 с заменой 50% сахара на ксилит.

Для оценки влияния различных сахарозаменителей на реологические свойства готового продукта была исследована прочность четырех образцов сахарного печенья с заменой 50% сахара на сахарозаменители.

Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние соотношения сахара и различных сахарозаменителей на прочность готового продукта

Наименование образца	Предельное усилие нагружения $F_{пр}, Н$
Образец 1 Контроль, 100% сахара в рецептуре	35,4
Образец 2, с заменой 50% сахара на ксилит	22,3
Образец 3, с заменой 50% сахара на эритритол	19,8
Образец 4, с заменой 50% сахара на мальтитол	16,6

Проведенные исследования показали, что контрольный образец 1 имел самый высокий показатель прочности. Образцы 2 и 3 с заменой 50% сахара на ксилит и эритритол были максимально приближены по реологическим свойствам к эталону, при этом имели слегка шероховатую поверхность. Образец 4 с заменой сахара на мальтитол имел самый низкий показатель прочности. Таким образом, наиболее оптимальным сахарозаменителем для замены сахара в печенье является ксилит.

С целью определения необходимого значения прочности сахарного печенья с заменой 50% сахара на ксилит было подобрано разное соотношение рецептурных компонентов с применением центрального композиционного ротатабельного униформ-планирования.

Сырьевыми факторами, влияющими на структурные свойства (прочность) сахарного печенья являются мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта (X_1), сахарная пудра (X_2), пудра ксилита (X_3), масло сливочное традиционное (X_4).

Критерием оценки влияния факторов на прочность сахарного печенья было выбрано предельное усилие нагружения $F_{пр}$ (Y).

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (3), адекватно описывающее влияние сырьевых факторов на прочность сахарного печенья:

$$Y = 19,1951 + 0,145X_1 + 0,04832X_2 - 0,385X_3 - 0,08637X_4. \quad (3)$$

Используя уравнение регрессии были подобраны количественные значения рецептурных компонентов, обеспечивающих необходимую прочность продукта, которые были положены в основу разработки сахарного печенья.

Частичная замена сахара на сахарозаменитель ксилит позволила снизить ЭЦ в сахарном печенье с 417 ккал до 389 ккал (на 6,7%).

На полученное сахарное печенье разработаны и утверждены технические условия (печенье сахарное «Активное» ТУ 10.72.12-002-02068812-2023) и проведена производственная выработка, показавшая возможность реализации разработанной технологии.

При разработке фруктово-ягодных батончиков решали задачу нахождения способа внесения в их рецептуру смеси витаминов для равномерного распределения по всей массе, а также получение фруктово-ягодного батончика заданной прочности, близкой к эталонному образцу. Этот показатель влияет на способность фруктово-ягодных батончиков подвергаться резке на пласти и формовке.

В качестве основного сырья в рецептуре батончиков использовали абрикос сушеный, яблоко сушеное, ядра миндаля, мед, семена льна, клюкву сушеную, ванилин, корицу, гвоздику. Выбор данного сырья обусловлен тем, что оно обладает антиоксидантными свойствами, содержит ряд витаминов и минеральных веществ. Кроме того, эти ягоды характеризуются повышенным содержанием бензойной и сорбиновой кислот, которые являются природными консервантами. Этот факт позволил произвести продукцию, более устойчивую к хранению, и увеличить срок годности готовых изделий.

В качестве обогащающей добавки была использована смесь метилфолата, метилкобаламина, пиридоксина гидрохлорида в количестве 100% от суточной потребности в этих витаминах на 1 порцию в день (35 г батончика).

Для выявления оптимального соотношения фруктово-ягодного сырья в рецептуре и получения однородной структуры фруктово-ягодной массы с необходимой прочностью осуществляли подбор соотношения ингредиентов в рецептуре с применением центрального композиционного ротатабельного

униформ-планирования.

Сырьевыми факторами, влияющими на структурные свойства (прочность) фруктово-ягодных батончиков, являются абрикос сушеный (X_1), яблоко сушеное (X_2), ядра миндаля (X_3), клюква сушеная (X_4).

Критерием оценки влияния факторов на прочность фруктово-ягодных батончиков было выбрано предельное усилие нагружения $F_{пр}$ (Y).

В результате статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (4), адекватно описывающее влияние сырьевых факторов на прочность фруктово-ягодных батончиков:

$$Y = 24,0436 + 0,00943X_1 - 0,09976X_2 + 0,03125X_3 - 0,04749X_4. \quad (4)$$

Используя уравнение регрессии были подобраны количественные значения рецептурных компонентов, обеспечивающих необходимую прочность продукта, которые были положены в основу разработки фруктово-ягодного батончика.

Для оценки способности разработанных фруктово-ягодных батончиков подвергаться разделке и формовке на технологической линии было проведено исследование по определению прочности. Результаты представлены на рисунке 5 и в таблице 4.

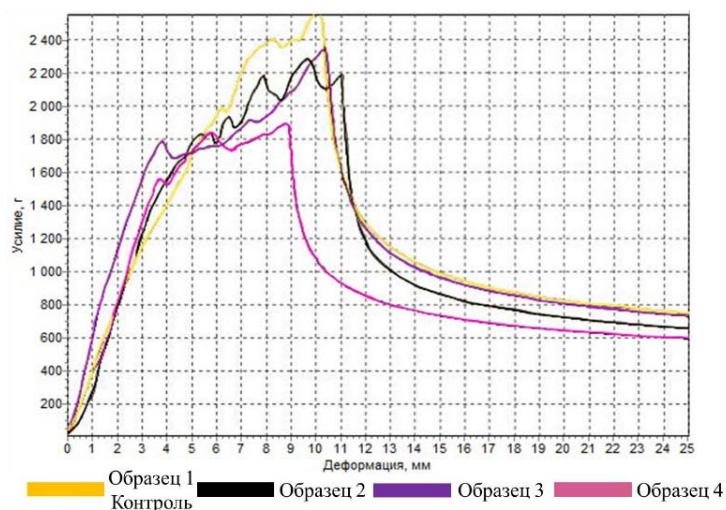


Рисунок 5 – Динамика изменения усилия нагружения на инденторе «Цилиндр Ø2» при его внедрении в корпус фруктово-ягодных батончиков

Таблица 4 – Влияние различного соотношения компонентов фруктово-ягодных батончиков на прочность

Наименование образца	Предельное усилие нагружения $F_{пр}$, Н
Образец 1 Контроль	25,0
Образец 2	22,4
Образец 3	23,0
Образец 4	18,6

Полученные результаты показали, что контрольный образец имел самый высокий показатель прочности (25,0 Н). Образец 2 характеризовался достаточно высокой прочностью (22,4 Н). Образец 4 имел самый низкий показатель прочности (18,6 Н). Образец 3 (23,0 Н) был наиболее приближен к контролю по показателю прочности и, соответственно, являлся наиболее подходящим для производства.

На полученный фруктово-ягодный батончик разработаны и утверждены технические условия (батончик фруктово-ягодный «Фолат+» ТУ 10.89.19-003-02068812-2023), и проведена производственная выработка, показавшая возможность реализации разработанной технологии.

По показателям качества и безопасности разработанные продукты соответствовали требованиям ГОСТ 31721-2012, ГОСТ 24901-2014, ТР ТС 021/2011.

С целью подтверждения эффективности разработанной технологии обогащения были проведены исследования по определению сохранности витаминов в готовых продуктах с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель-105М». Было проанализировано два образца продуктов – контроль (без добавления витаминов) и разработанные продукты, обогащенные витаминами. Далее полученные данные сравнивали с расчетным количеством добавленных витаминов по рецептуре и определяли процент потерь. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования по определению сохранности витаминов в разработанных пищевых продуктах

Наименование продукта	Содержание витаминов в продукте	Наименование витаминов		
		Витамин B ₉ , мкг/100г (метилфолат)	Витамин B ₁₂ , мкг/100г (метилкобаламин)	Витамин B ₆ , мг/100г (пиридоксина гидрохлорид)
Горький шоколад	Контроль (без добавления витаминов)	не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
	Разработанный горький шоколад	402,0±0,3	3,0±0,2	2,0±0,1
	Расчетное количество по рецептуре	435±10	3,50±0,05	2,5±0,1
	Потери витаминов, %	7,59	14,3	12
Сахарное печенье	Контроль (без добавления витаминов)	70±3	0.110±0,004	0,150±0,004
	Разработанное печенье	1608,1±0,1	11,9±0,1	8,3±0,1
	Расчетное количество по рецептуре	1700±10	12,5±0,2	9,0±0,2
	Потери витаминов, %	5,4	4,8	7,7
Фруктово-ягодный батончик	Контроль (без добавления витаминов)	21,18±0,30	2,5±0,1	2,3±0,1
	Разработанный фруктово-ягодный батончик	1171,18±10,00	8,58±0,10	8,2±0,2
	Расчетное количество	1200±10	9,0±0,1	8,5±0,1
	Потери витаминов, %	2,4	4,6	3,5

Процент потерь по метилфолату, метилкобаламину и пиридоксина гидрохлориду в разработанном горьком шоколаде составил 7,6%, 14,3% и 12% соответственно. Потери витаминов в сахарном печенье составили 5,4%, 4,8%, и 7,7%. Во фруктово-ягодном батончике потери составили 2,4%, 4,6%, и 3,5% соответственно. Данные значения подтверждают эффективность разработанных приемов для сохранения стабильности витаминов в продуктах.

Для оценки безопасности разработанных пищевых продуктов было

проведено медико-биологическое исследование. Изучали биохимические показатели сыворотки крови мышей при введении в их ежедневный рацион сахарного печенья (таблица 6).

Таблица 6 – Средние показатели биохимического анализа крови

Показатель	Группа/пол			
	1 контроль, самцы	2 эксперимент, самцы	1 контроль, самки	2 эксперимент, самки
Белок общий, г/л	67,17±2,34	69,50±3,60	65,50±3,27	68,83±4,51
Глюкоза (гексокиназный метод), ммоль/л	4,39±0,31	4,37±0,33	5,07±0,32	4,75±0,27
АЛТ, ед./л	45,83±3,95	40,00±8,99	27,50±1,84	31,50±3,87
АСТ, ед./л	20,33±2,48	19,67±2,47	18,17±2,41	21,17±2,95
Креатинин, мкмоль/л	18,5±1,2	18,17±1,42	19,17±1,42	19,00±1,91
Билирубин общий, мкмоль/л	4,49±0,59	4,55±0,34	4,31±0,48	3,57±0,84
Амилаза, ед./л	1185,8±81,5	1171,3±27,3	1183,3±49,8	1124,5±52,7

У исследуемых групп мышей отмечалось незначительное снижение содержания уровня глюкозы после потребления сахарного печенья (6,5%), что объясняется заменой части сахара на ксилит в продукте. Не выявлено значительных изменений активности ферментов АЛТ и АСТ у опытных групп в сравнении с контрольной, что говорит о том, что сахарное печенье является безопасным для здоровья внутренних органов. Не было выявлено повышения уровня креатинина в крови как среди самок, так и среди самцов мышей, что свидетельствует о том, что потребление сахарного печенья не нарушает функцию почек.

Проведена оценка влияния потребления активных форм фолатов, витаминов B_{12} и B_6 в составе разработанного фруктово-ягодного батончика на уровень гомоцистеина у людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла (рисунок 6,7).



Рисунок 6 – Краткая схема проведения исследований

В исследовании приняли участие 20 человек (14 женщин и 6 мужчин) в возрасте от 24 до 68 лет. Средний возраст составил 41,5 год.



Рисунок 7 – Значения гомоцистеина до и после проведения исследования

Из рисунка 7 следует, что средний уровень гомоцистеина среди исследуемых составил 11,1 мкмоль/л. Гипергомоцистеинемия (уровень гомоцистеина выше 15 мкмоль/л) была выявлена у двух женщин (№7 – 19,7 мкмоль/л, №13 – 24,2 мкмоль/л) и одного мужчины (№20 – 17,1 мкмоль/л). После употребления ими продукта, обогащенного витаминами, наблюдалось снижение уровня гомоцистеина в крови на 27,4% у №7, на 41,7% у №13, на 9,3 у №20. В среднем среди всех исследуемых наблюдалась нормализация уровня гомоцистеина в пределах референсных значений (от 5 до 15 мкмоль/л). У участника №4 уровень гомоцистеина повысился с 13,9 до 18 мкмоль/л. В период проведения исследования участник перенес инфекционное заболевание мононуклеоз до повторного определения уровня гомоцистеина, что может объяснить временную гипергомоцистеинемия.

В соответствии с конкретизированными суточными нормами потребления пищевых веществ были составлены два семидневных корректирующих рациона для мужчин и женщин I группы физической активности. Фрагмент недельного типового рациона (на два приема пищи и два дня) представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Фрагмент типового рациона (на два приема пищи и два дня) с включением горького шоколада (завтрак), сахарного печенья (полдник) и фруктово-ягодного батончика (полдник)

Прием пищи	Понедельник		Вторник	
	Блюдо	Размер порции, г	Блюдо	Размер порции, г
Завтрак	Каша с персиками	220	Гречневая каша с семенами льна и инжиром	230
	Хлеб ржаной	30	Хлеб ржаной	20
	Масло сливочное	10	Цикорий (растворенный в воде)	300
	Чай с молоком	200	Курага (абрикосы сушеные)	20
	Шоколад «Фолатик»	20	-	-
Полдник	Мягкий творог 5 %	130	Фруктово-ягодный батончик «Фолат +»	35

	Груша	130	Йогурт 3,2% жирности, натуральный	260
	Печенье сахарное «Активное»	20	Хлебцы рисовые	20
	Морс из клюквы	190	-	-

Как видно из таблицы 7, в рацион включены разработанные продукты: горький шоколад (в одной порции 20% от суточной потребности в метилфолате, метилкобаламине, пиридоксина гидрохлориде) совместно с сахарным печеньем (в одной порции 80% от суточной потребности данных витаминов) в первый день. Фруктово-ягодный батончик (в одной порции 100% суточной потребности в витаминах) – во второй день.

Было рассчитано среднеедневное содержание нутриентов в рационах и проведена оценка их способности удовлетворять потребности в необходимых нутриентах для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла (таблица 8).

Таблица 8 – Среднеедневное содержание нутриентов в рационах питания с включением разработанных продуктов

Нутриенты	Рацион 1 (мужчины 30-39 лет, 1 группа интенсивности труда)			Рацион 2 (женщины 30-39 лет, 1 группа интенсивности труда)		
	Норма	Факт	% отклонения от нормы	Норма	Факт	% отклонения от нормы
Энергетическая ценность, ккал	2249,0	2217,0	-1,0	1720,0	1752,0	+0,2
Белки, г	84,0	88,0	+4,0	64,5	65,0	0,0
Жиры, г	75,0	75,0	0,0	57,0	58,0	+0,2
Углеводы, г	309,0	287,0	-7,0	236,5	215,0	-9,0
Пиридоксина гидрохлорид, мг	2,0	2,5	+25,0	2,0	2,5	+25,0
Фолаты, мкг	400,0	205,9	-48,6	400	168,9	-57,8
Метилфолат, мкг	400,0	406,0	+1,5	400,0	406,0	+1,5
Витамин B_{12}	3,0	2,9	+3,4	3,0	2,7	10,0
Метилкобаламин, мкг	3,0	3,0	0,0	3,0	3,0	0,0
Витамин B_6	2,0	2,4	+20,0	2,0	1,7	-15,0

Как видно из таблицы 8, обеспечиваются потребности организма в необходимых количествах метилфолата, метилкобаламина и пиридоксина гидрохлорида для купирования состояния гипергомоцистеинемии, и, как следствие, профилактики возникновения заболеваний, ассоциированных с предрасположенностью организма к нарушению фолатного цикла. В разработанном рационе уменьшено количество углеводов (на 7%), что важно для людей с высоким ИМТ и выявленным полиморфизмом rs1801133 гена *MTHFR*.

В главе 5 рассчитана социально-экономическая эффективность при введении схемы профилактики нарушения фолатного цикла с использованием метода «анализа стоимости болезни» на примере профилактики и лечения дефекта нервной трубки плода (ДНТ) – патологического состояния, связанного с дефицитом витаминов группы *B* у женщин во время беременности.

Затраты государственных средств, необходимых для лечения ДНТ, составят 927 963,54 тыс. руб./год. При этом профилактика заболевания обойдется государству в 639 633,80 тыс. руб./год. Таким образом, при внедрении процедуры профилактики ДНТ государство сможет снизить затраты как минимум на 232 602,0 тыс. руб. или на 31% ежегодно.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Выявлена необходимость создания пищевых продуктов, обогащенных активными формами витаминов B_6 , B_9 , B_{12} – пиридоксина гидрохлоридом, метилфолатом, метилкобаламином для профилактики развития АЗЗ у людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы B .

2. Установлено, что у 56,6% исследуемых людей наблюдался недостаток потребления фолатов, у 35,8% – недостаток потребления витамина B_6 ; у 8,5% – витамина B_{12} . Полученные данные показали высокую распространенность дефицита фолатов и витамина B_6 , что может являться предрасполагающим фактором для развития гипергомоцистеинемии и ассоциированных с ней неблагоприятных состояний.

3. Теоретически обоснована и рассчитана среднесуточная норма потребления нутриентов для людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы B . Она составила по метилфолату 400 мкг, по метилкобаламину – 3 мкг, по пиридоксина гидрохлориду – 2 мкг.

4. Разработаны технологии производства горького шоколада, сахарного печенья, фруктово-ягодных батончиков для людей с предрасположенностью к нарушению метаболизма витаминов группы B , а также спроектированы рационы для данной группы потребителей.

4.1 Полная замена сахара на сахарозаменитель ксилит и подсластитель стевиозид снизила ЭЦ в горьком шоколаде на 9,7%. Благодаря эмульгирующим свойствам ксилита удалось снизить вязкость шоколадной массы без внесения соевого лецитина и дополнительного количества масла какао на 2,7-61,0%. Выявлена оптимальная температура кристаллизации (переход в стабильную β - форму масла какао) шоколадной массы с применением ксилита и стевиозида (31,4-31,6 °C). Массовая доля сахара в разработанном шоколаде составила 1,16 %.

4.2 Замена 50% сахара на ксилит снизила ЭЦ в сахарном печенье на 6,7%. Образец сахарного печенья с ксилитом был максимально приближен по показателю прочности к контрольному в сравнении с опытными образцами печенья с внесением других сахарозаменителей.

4.3 Спроектированные рационы с применением разработанных обогащенных продуктов обеспечивают полное удовлетворение потребности организма в метилфолате, метилкобаламине и пиридоксине гидрохлориде.

5. Проведено определение сохранности витаминов в разработанных продуктах. Процент потерь по метилфолату, метилкобаламину и пиридоксина гидрохлориду в разработанном горьком шоколаде составил 7,59%, 14,3% и 12%

соответственно, в сахарном печенье – 5,4%, 4,8%, 7,7%, во фруктово-ягодном батончике – 2,4%, 4,6%, 3,5%.

6. Проведены медико-биологические исследования по оценке безопасности разработанных продуктов и рационов. У исследуемых групп мышей отмечалось снижение содержания уровня глюкозы на 6,5%. Значительных изменений активности ферментов АЛТ и АСТ у опытных групп в сравнении с контрольной выявлено не было, что говорит о том, что сахарное печенье является безопасным для здоровья внутренних органов. Также не было выявлено повышения уровня креатинина в крови мышей, что свидетельствует о том, что потребление сахарного печенья не нарушает функцию почек.

7. Установлено положительное влияние употребления метилфолата, метилкобаламина и пиридоксина гидрохлорида в составе разработанных пищевых продуктов на уровень гомоцистеина у людей. По итогам трехмесячного приема пищевого продукта, обогащенного активными формами витаминов группы В, наблюдалась нормализация уровня гомоцистеина в крови у испытуемых в пределах референсных значений (от 5 до 15 мкмоль/л).

8. Рассчитана социально-экономическая эффективность производства шоколада, сахарного печенья и фруктово-ягодных батончиков методом «анализа стоимости болезни». Ожидаемый результат в денежном эквиваленте составил 232 602 тыс. руб.

9. Разработана и утверждена техническая документация на полученные продукты (шоколад «Фолатик» ТУ 10.82.22-001-02068812-2023, печенье сахарное «Активное» ТУ 10.72.12-002-02068812-2023, батончик фруктово-ягодный «Фолат+» ТУ 10.89.19-003-02068812-2023) и проведены их производственные выработки, показавшие возможность реализации обоснованных параметров технологии.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Статьи в журналах, рецензируемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Никитин, И.А. Совершенствование рецептуры и технологии диетического витаминизированного шоколада для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла / И.А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, М.В. Клоконос, Д.А. Велина // Журнал «Научные труды КубГТУ». – Краснодар: Кубанский государственный технологический. – 2019. – С. 378-385.

2. Никитин, И.А. Разработка технологии диетического шоколада для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла / И.А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, Д.А. Велина, М.В. Клоконос, Н.А. Березина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2020. - №1 (60). – С.45-51.

3. Никитин, И.А. Разработка технологии диетического шоколада / И.А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, Д.А. Велина, М.С. Балашова, О.Ю. Орлова, Е.И. Пономарева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2022. - №3. – С. 151-159 (DOI: [10.24412/2311-6447-2022-3-151-159](https://doi.org/10.24412/2311-6447-2022-3-151-159)).

4. Балашова, М.С. Потребление фолатов: обзор литературы и результаты анкетирования с помощью адаптированного опросника Food Frequency Questionnaire / М.С. Балашова, И.А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, М.М. Ширяева, В.И. Семейкина, Н.А.

2. Публикации в журналах международных баз WoS и Scopus

5. Nikitin, I. A. Development of sugar cookies with a predisposition to disrupt the folate cycle / I. A. Nikitin, **S. Mutallibzoda**, D.A Velina, N.N. Lebedeva // European Proceedings of Life Sciences Biotechnology. – 2022. – Vol.1, P. 167-175 (DOI: <https://doi.org/10.15405/epl.22011.38>).

3. Публикации в других изданиях и материалах конференций

6. Никитин, И. А. Совершенствование технологии и рецептуры диетического шоколада на натуральных сахарозаменителях / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, В. А. Богатырев // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Материалы VII Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки РФ, профессора Зубченко А. В., Воронеж, 13–15 июня 2018 года. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 2018. – С. 183-187.

7. Никитин, И. А. Разработка и анализ качества витаминизированного диетического шоколада, обогащенного активными формами витаминов группы В / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, Д. А. Велина // Товаровед продовольственных товаров. – 2019. – № 10. – С. 62-65.

8. Никитин, И. А. Разработка рецептуры и технологии производства диетического шоколада для людей, с генетической предрасположенностью к нарушению фолатного цикла / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, В. А. Богатырев // Кондитерские изделия XXI века: Материалы докладов XII Международной конференции, Москва, 25–27 февраля 2019 года. – Москва: МПА, 2019. – С. 84-87.

9. Никитин, И. А. Разработка модели персонализированного питания, основанной на учете генетических предрасположенностей организма потребителя / И. А. Никитин, В. А. Богатырев, **Ш. Муталлибзода** // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию кафедры технологии хранения и переработки животноводческой продукции Кубанского ГАУ, Краснодар, 29 марта 2019 года – Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2019. – С. 633-638.

10. Никитин, И. А. Зависимость нутриентных потребностей от наличия генетических полиморфизмов как основа разработки персонализированных продуктов питания / И. А. Никитин, В. А. Богатырев, **Ш. Муталлибзода** // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Сборник статей VIII Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета ВГУИТ, Воронеж, 28–29 марта 2019 года. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 2019. – С. 405-409.

11. **Муталлибзода, Ш.** Изучение влияния различных сахарозаменителей на температуру кристаллизации масла какао и сроки годности шоколада / Ш. Муталлибзода, М. В. Клоконос // XI Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство": Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2019 года. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2019.

12. Никитин, И.А. Разработка технологии и дизайна упаковки диетического шоколада, для людей, имеющих предрасположенность к заболеванию сахарным

диабетом II типа / И. А. Никитин, В. А. Богатырев, **Ш. Муталлибзода**, М. А. Хелемеля // Пищевые технологии будущего: инновационные идеи, научный поиск, креативные решения: Сборник материалов научно-практической молодежной конференции, посвященной памяти Р.Д. Поландовой, Москва, 05 июня 2019 года. – Москва: Буки-Веди, 2019. – С. 152-159.

13. Никитин, И. А. Разработка технологии и оценка показателей качества и безопасности диетического шоколада для людей с предрасположенностью к нарушению фолатного цикла / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода** // Цереветиновские чтения - 2020: Материалы VII Международной научно-практической конференции, Москва, 09 октября 2020 года. – Москва: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2020. – С. 67-70.

14. Никитин, И. А. Нутригеномика как научный базис разработки продуктов персонализированного питания / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, Ю. Н. Труфанова // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов VII Международной научно-практической конференции, Воронеж, 10 декабря 2020 года / ВГУИТ. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 2021. – С. 162-165.

15. Никитин, И.А. Высокий уровень гомоцистеина как фактор риска нарушения фолатного цикла / И. А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, М. С. Балашова, О.Ю. Орлова, М.В. Клоконос, Д.А. Велина // Эффективный менеджмент здравоохранения: стратегии инноваций: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Саратов, 29–30 сентября 2022 года – Саратов: СГМУ им. В.И. Разумовского, 2022. – С. 234-237.

16. Никитин, И.А. Влияние полиморфизмов генов фолатного цикла на уровень гомоцистеина в организме / И.А. Никитин, **Ш. Муталлибзода**, М.С. Балашова, Д.А. Велина // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Сборник научных статей и докладов X Международной научно-технической конференции, Воронеж, 01–02 июля 2022 года – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 2022. – С. 147-152.

4. Патенты на изобретения

17. Пат. 2749833 Российская Федерация, МПК А23G 1/42. Способ производства диетического витаминизированного шоколада / Никитин И.А., **Муталлибзода Ш.**, Иванова Н.Г., Богатырев В.А.; патентообладатель: ФГБОУ ВО «МГУТУ им К.Г. Разумовского (ПКУ)» - №2749833; заявл. 11.08.2020; опубл. 17.06.2021, Бюл. №17. – 6 с.

18. Пат. 2795056 Российская Федерация МПК А23G 1/32. Способ производства диетического шоколада / Никитин И.А., Славянский А.А., Майорова В.Р., **Муталлибзода Ш.**, Иванова Н.Г., Велина Д.А., Карпеченкова О.Д., Твердохлеб А.О., Юрченко М.В., Мелихова В.И.

Список сокращений

АЗЗ – алиментарно-зависимые заболевания; АЛТ – аланинаминотрансфераза; АСТ – аспартатаминотрансфераза; ДНТ – дефект нервной трубки; ИМТ – индекс массы тела; ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания; ЭЦ – энергетическая ценность; *FFQ* - полуколичественный опросник по частоте приема пищи; *MTHFR* - метилентетрагидрофолатредуктаза; *MTR* – метионин-синтаза; *MTRR* – метионин-синтаза-редуктаза.