

На правах рукописи



Горобец Диана Васильевна

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ВИТАМИНИЗИРОВАННОЙ НАТУРАЛЬНОЙ ПАСТИЛЫ
СИНБИОТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

4.3.3 – Пищевые системы

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2024

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

Научный руководитель: **Петенко Александр Иванович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Красина Ирина Борисовна**
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», кафедра технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, профессор, заведующая

Причко Татьяна Григорьевна
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Северо-кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», лаборатория хранения и переработки плодов, заведующая

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»**

Защита состоится «26» сентября 2024 года в ____ часов на заседании диссертационного совета 35.2.019.03 при ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Кубанский ГАУ, корпус факультета энергетики, ауд. 110.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета на сайте ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» www.kubsau.ru и ВАК – <https://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент
Самурганов Евгений Ерманекосович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Особенностью современного развития пищевой промышленности, в частности кондитерской отрасли, является создание функциональных продуктов питания.

Частое потребление человеком большого количества кондитерских изделий повышает риск развития сахарного диабета и других алиментарно-зависимых заболеваний (атеросклероз, гипертоническая болезнь, ожирение и др.). Поэтому, в последнее время, одной из задач «Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года» является обеспечение качества пищевой продукции с целью сокращения доли легкоусвояемых сахаров и обогащением ее витаминами, пребиотиками, пробиотиками и другими биологически активными веществами путем создания условий для пищевых предприятий на изготовление и обращение таких продуктов.

Перспективным направлением усовершенствования продуктов питания, в том числе кондитерских изделий, полученных с использованием биотехнологий является использование фруктового, овощного сырья, зерновых культур, проростков и пробиотических микроорганизмов (молочнокислых, пропионовокислых и бифидобактерий).

Наиболее сбалансированными являются синбиотические продукты, обогащенные пробиотиками и пребиотиками. Примером такого изделия может стать витаминизированная натуральная пастила синбиотического назначения.

Разработка и освоение новых технологий и рецептур функциональных пищевых продуктов являются актуальными и требуют дальнейшей модификации и создания новых технологических решений.

Работа выполнена в соответствии с планами НИОКР Кубанского ГАУ на 2021–2025 гг. ГР № 121032300087-9, тема 20 и в рамках НИР по программе «УМНИК» «ФСИ» (договор № 16232ГУ/2021 от 11.05.2021 г.).

Степень разработанности темы. В области гидропонного проращивания зерновых культур вклад внесли Прянишников Д.Н., Алиев Э.А., Баулин Н.В., Улько Н.В., Bentley M., Beckett K. и др., но проращивание мелкосемянных культур недостаточно изучено.

Исследования, касающиеся культивирования и применения пропионовокислых бактерий в пищевых системах проведены Воробьевой Л.И., Хамагаевой И.С., Ходжаевым Е.Ю., Рыжковой Е.П., Волобуевой Е.С., El-Nezami H., Moussavi M., Vinicius de Rezende

Rodvalho и др. Однако недостаточно исследований, связанных с культивированием пропионовокислых бактерий с использованием фруктового, овощного и зернового сырья с максимальным накоплением жизнеспособных клеток и количеством продуцируемого витамина В₁₂.

Исследования по разработке функциональных витаминизированных продуктов проводились в ФГБУН «ФИЦ питания, ФГБОУ ВО «МГТУ», «КубГТУ», «СКФУ», ФГБНУ «СКФНЦСВВ». И занимались российские ученые – Тутельян В.А., Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Алексанян И.Ю., Кочетов В.К., Лабутина Н.В., Макарова Н.В., Мезенова О.Я., Пащенко Л.П., Причко Т.Г., Красина И.Б. и зарубежные ученые – Linko P., Seibel W., Williams M., но отсутствуют исследования влияния пробиотических бактерий на синбиотические свойства фруктового и овощного сырья.

Проблемная ситуация заключается в том, что отсутствуют технологии получения сбалансированных фруктово-овощных продуктов синбиотического назначения, содержащих витамин В₁₂, так как он содержится только в отдельных источниках сырья, и в продуктах, полученных в результате ферментации пропионовокислыми бактериями.

Научная гипотеза – одним из способов получения функционального продукта синбиотического назначения может быть модификация технологии витаминизированной пастилы на основе фруктового и овощного сырья путем внедрения технологических процессов проращивания семян амаранта и культивирования пропионовокислых бактерий.

Объекты исследования: семена и проростки амаранта, электроактивированные водные растворы, питательные среды, пропионовокислые бактерии и закваска на их основе, фруктовое, овощное сырье (яблоки, сливы, свекла и тыква), технологии производства функциональных продуктов.

Предмет исследования – технологические процессы в составе общей технологии получения пастилы: проращивание семян амаранта, ферментация путем жидкофазного культивирования пропионовокислых бактерий и изготовление пюре.

Цель исследования – разработать модифицированную технологию получения витаминизированной натуральной пастилы из фруктового, овощного сырья, проростков амаранта и закваски на основе пропионовокислых бактерий для создания функционального продукта синбиотического назначения.

Задачи исследований:

– установить зависимость физико-химических и

микробиологических показателей семян и проростков амаранта, полученных в системе гидропонного проращивания с использованием диафрагменного электролиза воды;

- исследовать влияние параметров в системе жидкофазного культивирования бактерий вида *Propionibacterium freudenreichii* van Niel 1928 (Approved Lists 1980) на различных питательных средах;

- определить основные показатели, комплексно характеризующие фруктовое и овощное сырье: яблок, слив, тыквы, свеклы и полученного пюре из них;

- модифицировать технологию получения витаминизированной натуральной пастилы на основе фруктово-овощного пюре из яблок, слив, свеклы, тыквы, проростков амаранта и закваски *Propionibacterium freudenreichii*;

- оценить физико-химические показатели качества и безопасности готового продукта, его функциональную направленность;

- обосновать структурно-технологические блок-схемы отдельных линий и всего производства пастилы (проращивания семян амаранта; жидкофазного культивирования пропионовоокислых бактерий, производства витаминизированной пастилы);

- подтвердить экономическую целесообразность и конкурентоспособность производства разработанных технологических решений.

Научная новизна.

- зависимость влияния электроактивированных водных растворов анолита и католита при обработке семян амаранта, позволяющей снизить бактериальную обсемененность (КМАФАнМ с $4,8 \cdot 10^3$ до $4,4 \cdot 10^1$ КОЕ/см³ и плесневых грибов с 38 до 11 КОЕ/см³), стимулировать рост семян (увеличение энергии прорастания на 7,3 % и всхожести на 10,7 %), повысить содержание витамина С на 2,05 мг/100 г и каротина на 0,008 мг/100 г, сократить продолжительность проращивания с 7 до 5 суток;

- параметры культивирования бактерий вида *Propionibacterium freudenreichii* в зависимости от вносимой засевной культуры и продолжительности культивирования на различных питательных средах для достижения жизнеспособности клеток пропионовоокислых бактерий с $9,5 \cdot 10^{11}$ КОЕ/см³ до $2,4 \cdot 10^{12}$ КОЕ/см³ и увеличения содержания витамина В₁₂ на 26,11 мкг/см³;

- модифицированная технология получения витаминизированной натуральной пастилы синбиотического назначения в результате введения в рецептуру проростков амаранта и закваски пропионовоокислых бактерий, что позволит обогатить

продукт витаминами, пищевыми волокнами, пробиотическими бактериями, и обуславливает ее функциональную направленность за счет увеличения содержания каротина на 0,24 мг/100 г, витамина В₁₂ на 0,62 мкг/100 г, пищевых волокон на 0,44 мг/100 г и пропионовокислых бактерий в количестве $3,7 \cdot 10^8$ КОЕ/см³;

– структурно-технологические блок-схемы процессов и всего производства: проращивания семян амаранта; жидкофазного культивирования пропионовокислых бактерий; получения пюре из яблок, слив, свеклы и тыквы; производства витаминизированной пастилы на основе проростков амаранта, закваски пропионовокислых бактерий, фруктового и овощного сырья. Общей удельной энергоемкостью 1664 кВт·ч/т.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– способ обработки семян анолитом и католитом, который применяется для обеззараживания и стимуляции роста семян амаранта, выращиваемого гидропонным способом для обогащения пастилы, и может быть использован для выращивания других мелкосемянных культур в сельском хозяйстве и пищевой промышленности;

– технологические параметры процесса культивирования бактерий вида *Propionibacterium freudenreichii* для получения закваски, которая используется при производстве продуктов питания растительного и животного происхождения, что позволяет использовать другие штаммы и виды пропионовокислых бактерий для разработки аналогичных пробиотических заквасок;

– рецептура, с помощью которой можно создать технологию получения фруктово-овощной витаминизированной натуральной пастилы с добавлением проростков амаранта и закваской пропионовокислых бактерий, позволяющая разрабатывать новые витаминизированные продукты питания синбиотического назначения;

– техническая новизна подтверждается патентами на изобретения № 2802376 от 28.08.2023 г и № 2808723 от 04.12.2023 г.;

– структурно-технологические схемы процессов и всего производства, необходимые для модификации и создания новых технологических решений.

Методология и методы исследования. При решении поставленных задач и проведении испытаний использовали органолептические, физико-химические, микробиологические, статистические и математические методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

– зависимости влияния электроактивированных водных растворов анолита и католита при обработке семян амаранта;

– технологические параметры в системе жидкофазного культивирования бактерий вида *Propionibacterium freudenreichii* на различных питательных средах;

– модифицированная технология получения пастилы синбиотического назначения в результате обогащения проростками амаранта и закваской пропионовокислых бактерий;

– структурно-технологические схемы процессов и всего производства: проращивания семян амаранта; ферментации глубинного культивирования пропионовокислых бактерий; получения пюре из яблок, слив, свеклы и тыквы; производства витаминизированной натуральной пастилы на основе фруктово-овощного сырья и пропионовокислых бактерий.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность диссертационного исследования подтверждается результатами обработки экспериментальных данных математическими методами с помощью ПО STATISTICA и использованием современного лабораторного оборудования, а также апробацией в ООО «БИОПРОД».

Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс как фактор развития современного общества» (Оренбург, 2018), VI Международной конференции «Инновационные разработки молодых ученых – развитию АПК» (Ставрополь, 2018), Международной научно-практической конференции «Наука и инновации: векторы развития» (Барнаул, 2018), V Международной научно-практической конференции «Наука, образование и инновации для АПК: Состояние, проблемы и перспективы» (Майкоп, 2018), XII всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (Краснодар, 2019), XXV международной научно-практической конференции «Advances in science and technology» (Москва, 2019), национальной научно-практической конференции молодых ученых «Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки» (Ижевск, 2020), V Международной конференции «Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов» (Краснодар, 2020), Всероссийской конференции с международным участием «Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции» (Краснодар, 2021). Материалы исследований отмечены дипломами за 1 место краевого конкурса «Кубанская школа инноваторов» (Краснодар, 2020 и 2022) и 2 место краевого конкурса «IQ года» (Краснодар, 2022).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 научных публикаций, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных перечнем ВАК РФ; 9 в прочих изданиях; получено 2 патента РФ на изобретения.

Объем и структура работы. Работа изложена на 185 страницах, иллюстрирована 49 рисунками и 48 таблицами. Список использованной литературы включает 123 источника.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, представлены ее цель, задачи, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан аналитический обзор научно-технической литературы существующих технологий получения продуктов функционального питания. Также в данной главе приведена биологическая роль витаминов и других важнейших микронутриентов в организме человека и их основные источники, пищевая ценность исследуемого фруктового и овощного сырья, состояние и перспективы производства функциональных натуральных продуктов синбиотического назначения, способы первичной переработки витаминного сырья для получения функциональных продуктов и инновационные способы витаминизации пастилы и организация ее промышленного производства. Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе приведено описание объектов исследования; методы и методики их проведения и схема исследования.

Объектами исследования являлись: семена и проростки амаранта, электроактивированные водные растворы, питательные среды, пропионовокислые бактерии и закваска на их основе, фруктовое и овощное сырье (яблоки, сливы, свекла и тыква), как составные части витаминизированной пастилы.

Для гидропонного выращивания семян амаранта и полученных проростках определяли: массу 1000 семян, примесь черных семян, массовую долю влаги, белка, жира, каротина, витамина С, рН, содержание пищевых волокон, зольность, общую кислотность, количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), плесневых грибов и дрожжей, бактерий группы кишечной палочки (БГКП), всхожесть и энергию прорастания, длину корней и ростков.

В электроактивированных водных растворах определяли рН и окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), концентрацию хлорид-ионов, солесодержание, содержание калия, кальция, магния,

натрия, общего железа, нитрит-ионов, гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов и фторид-ионов.

В закваске оценивали количество жизнеспособных клеток, pH, титруемую кислотность, содержание растворимых сухих веществ, витамина В₁₂, морфологические характеристики, количество дрожжей и плесневых грибов, БГКП и *Staphylococcus aureus* (Rosenbach, 1884).

В фруктовом и овощном сырье из физико-химических показателей оценивали массовую долю влаги, сахаров, витамина С, титруемых кислот, золы, pH, содержание пищевых волокон и каротина.

В пастиле определяли массовую долю влаги, золы, сахаров, титруемых кислот, белка, жира, pH, содержание витамина С и В₁₂, пищевых волокон, каротина, пропионовокислых бактерий, КМАФАнМ, БГКП, дрожжей и плесневых грибов и *S.aureus*.

Схема исследований согласно поставленным задачам представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема исследований

В третьей главе определяли физико-химические показатели

амаранта сорта «Воронежский» и «Кинес», в результате чего показатели сорта «Воронежский» преобладали над показателями сорта «Кинес» по содержанию белка на 0,55 %, витамина С на 0,35 мг/100 г и пищевых волокон 0,12 %.

Были определены зависимости посевных качеств (по энергии прорастания и всхожести) семян амаранта при различных температурах. В результате получены графики зависимости показателей энергии прорастания и всхожести от температуры проращивания в семенах амаранта (рисунки 2 и 3).

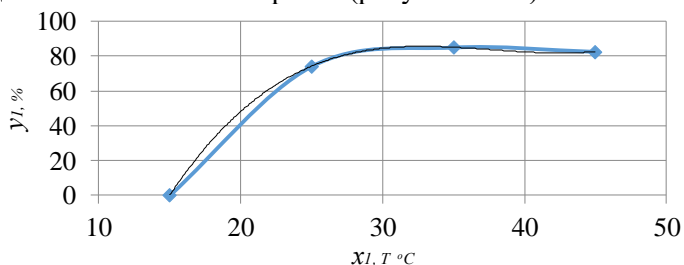


Рисунок 2 – График зависимости энергии прорастания, % (y_1) от температуры проращивания, °C (x_1)

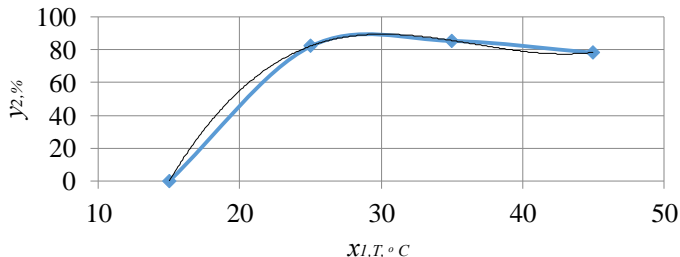


Рисунок 3 – График зависимости всхожести, % (y_2) от температуры проращивания, °C (x_1)

По полученным графическим зависимостям определены уравнения аппроксимации (рисунки 2 и 3):

$$y_1 = 0,0083x^3 - 0,942x^2 + 34,902x - 339,7 \quad (1)$$

$$y_2 = 0,0114x^3 - 1,2448x^2 + 44,096x - 419,68 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации R^2 составил 0,98, что говорит о хорошем качестве полученного регрессионного уравнения.

В результате проращивания семян амаранта при температуре +15 °C корень появился только на 4 сутки. При 25 °C наблюдался

оптимальный рост и минимальное поражение плесневыми грибами. Однако необходимо отметить, что при +35–45 °С семена частично покрывались плесневыми грибами, поэтому потребовалось проводить обработку семян обеззараживающими растворами.

Обработку проводили раствором анолита, полученного при прохождении постоянного тока 5, 10 и 35 А, продолжительностью от 15 до 60 минут при температуре окружающей среды 25 °С. В результате получены графики поверхности по показателям КМАФАнМ и плесневых грибов в семенах амаранта, обработанных раствором анолита в зависимости от силы тока и продолжительности обработки (рисунки 4 и 5).

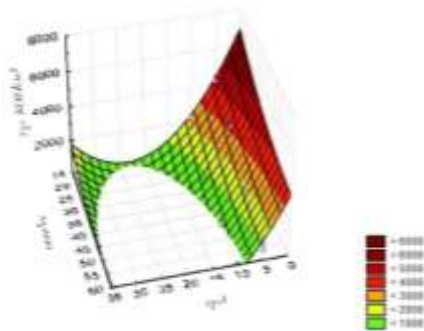


Рисунок 4 – График поверхности описывающий зависимость количества КМАФАнМ, КОЕ/мл (y_3) от силы тока, А (x_2) и продолжительности обработки анолитом, мин (x_3)

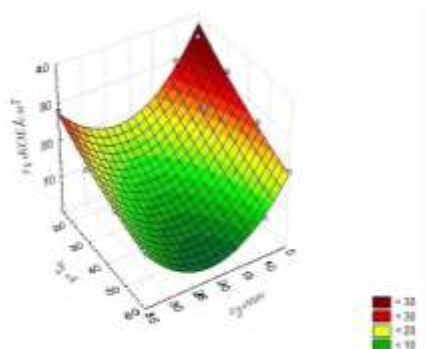


Рисунок 5 – График поверхности описывающий зависимость количества плесневых грибов, КОЕ/мл (y_4) от силы тока, А (x_2) и продолжительности обработки анолитом, мин (x_3)

По полученным графическим зависимостям определены уравнения регрессии (рисунки 4 и 5):

$$y_3 = 8970,95 - 596,51 \cdot x_2 - 154,1644 \cdot x_3 + 12,4057 \cdot x_2^2 + 0,994 \cdot x_2 \cdot x_3 + 1,0793 \cdot x_3^2 \quad (3)$$

$$y_4 = 58,9328 - 2,871 \cdot x_2 - 0,6293 \cdot x_3 + 0,0617 \cdot x_2^2 + 0,0039 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,003 \cdot x_3^2 \quad (4)$$

Расчетное значение критерия Фишера больше его табличного при уровне значимости $p = 0,05$. Оно составило 4,3, а его расчетные значения 15,4 и 11,4, что говорит об адекватности полученного регрессионного уравнения.

Установлено, что при обработке семян амаранта наиболее оптимальным является замачивание в анолите при силе тока 10 А в

течение 45 минут по минимальным показателям микробной обсемененности (КМАФАнМ= $4,4 \cdot 10^1$ КОЕ/мл, плесневых грибов=11 КОЕ/мл).

Для повышения посевных качеств проводили обработку семян католитом для стимуляции роста. В результате получены графики поверхности по показателям энергии прорастания и всхожести в семенах амаранта, обработанных раствором католита в зависимости от силы тока и продолжительности обработки (рисунки 6 и 7).

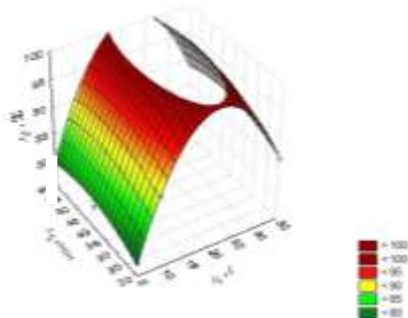


Рисунок 6 – График поверхности описывающий зависимость энергии прорастания, % (y_5) от силы тока, А (x_4) и продолжительности обработки католитом, мин (x_5)

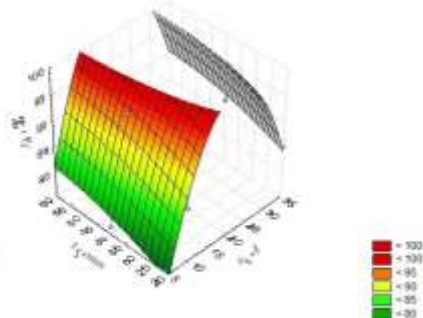


Рисунок 7 – График поверхности описывающий зависимость всхожести, % (y_6) от силы тока, А (x_4) и продолжительности обработки католитом, мин (x_5)

По полученным графическим зависимостям определены уравнения регрессии (рисунки 6 и 7):

$$y_5 = 53,9209 + 3,4295 \cdot x_4 + 0,5148 \cdot x_5 - 0,0775 \cdot x_4^2 - 0,0003 \cdot x_4 \cdot x_5 - 0,0057 \cdot x_5^2 \quad (5)$$

$$y_6 = 47,278 + 4,3597 \cdot x_4 + 0,426 \cdot x_5 - 0,0999 \cdot x_4^2 - 0,0007 \cdot x_4 \cdot x_5 - 0,003 \cdot x_5^2 \quad (6)$$

Расчетное значение критерия Фишера больше его табличного при уровне значимости $p = 0,05$. Оно составило 5,1, а его расчетные значения 41,03 и 7,94, что говорит об адекватности полученного регрессионного уравнения.

Обработка католитом 10 А в течение 40 минут являлась наилучшей, так как по сравнению с контролем увеличивалась энергия прорастания на 18,2 %, всхожесть на 14,1 %, длина ростков на 12,0 мм и длина корней на 12,5 мм.

В результате проращивания произошло увеличение витамина С на 2,05 мг/100 г и каротина на 0,008 мг/100 г.

Следующим этапом было получение бактериальной закваски путем культивирования пропионовокислых бактерий на питательной среде Эллингера в количествах 1, 2, 3, 4, 5 и 7 г/л засевной культуры с продолжительностью культивирования 24–96 часов при шаге культивирования каждые 24 часа и при температуре 30 °С. В результате получены графики поверхности по показателям жизнеспособности бактерий и количества витамина В₁₂ в зависимости от засевной дозы и продолжительности культивирования пропионовокислых бактерий (рисунки 8 и 9).

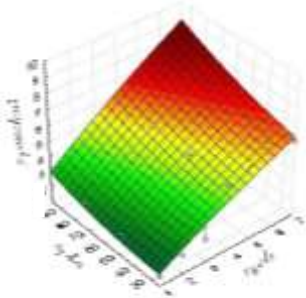


Рисунок 8 – График поверхности описывающий зависимость количества витамина В₁₂, мкг/см³ (y_7) от засевной дозы пропионовокислых бактерий, г/л (x_6) и продолжительности культивирования, ч (x_7)

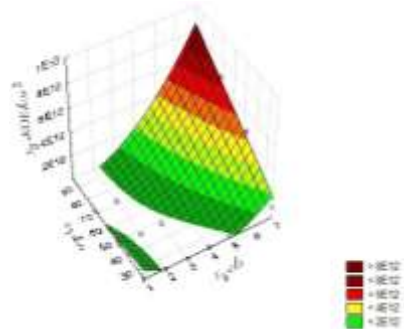


Рисунок 9 – График поверхности описывающий зависимость жизнеспособности бактерий (y_8) от засевной дозы пропионовокислых бактерий, г/л (x_6) и продолжительности культивирования, ч (x_7)

В результате анализа были получены следующие уравнения регрессии (рисунки 8 и 9):

$$y_7 = 1,0835 + 0,8187 \cdot x_6 - 0,013 \cdot x_7 - 0,0234 \cdot x_6^2 + 0,0037 \cdot x_6 \cdot x_7 + 0,0002 \cdot x_7^2 \quad (7)$$

$$y_8 = 3,0964 \cdot 10^{12} - 2,0204 \cdot 10^{12} \cdot x_6 - 4,0148 \cdot 10^{10} \cdot x_7 + 2,2046 \cdot 10^{11} \cdot x_6^2 + 1,8643 \cdot 10^{10} \cdot x_6 \cdot x_7 + 1,3339 \cdot 10^7 \cdot x_7^2 \quad (8)$$

Расчетное значение критерия Фишера больше его табличного при уровне значимости $p = 0,05$. Оно составило 3,5, а его расчетные значения 41,1 и 42,6, что говорит об адекватности полученного регрессионного уравнения.

В результате культивирования пропионовокислых бактерий обнаружено, что при увеличении вносимой засевной культуры и

продолжительности культивирования возрастает количество биомассы бактерий и содержание витамина В₁₂. При внесении засевной культуры в количестве 7 г/л достигалось максимальное содержание витамина В₁₂ (9,62 мкг/см³) и жизнеспособность клеток пропионовокислых бактерий ($8,4 \cdot 10^{12}$ КОЕ/см³).

Для накопления жизнеспособности клеток и витамина В₁₂ проводили культивирование и на других питательных средах, таких как «Бифидум», «ГМК-1», по ГОСТ 34372-2017 и кукурузно-лактозная в количестве 7 г/л (таблица 1).

Таблица 1 – Исследование культивирования пропионовокислых бактерий на различных питательных средах

Наименование питательной среды	Наименование показателей	
	Содержание витамина В ₁₂ , мкг/см ³	Титр ПКБ, КОЕ/см ³
Бульон Эллингера	5,54±0,15	1,5·10 ¹¹
Бифидум	8,8±0,09	2,0·10 ¹¹
ГМК-1	6,24±0,2	3,5·10 ¹¹
Кукурузно-лактозная	31,93±0,11	2,4·10 ¹²
Среда по ГОСТ 34372-2017	12,75±0,17	1,0·10 ¹¹

В результате микробной конверсии субстратов, было обнаружено, что при культивировании на кукурузно-лактозной питательной среде достигалось продуцирование витамина В₁₂ в количестве 31,91 мкг/см³ и жизнеспособность клеток пропионовокислых бактерий в количестве $2,4 \cdot 10^{12}$ КОЕ/см³.

Также осуществляли процесс получения фруктово-овощного пюре для пастилы с использованием традиционной технологии и ГОСТа 32742-2014 «Полуфабрикаты. Пюре фруктовые и овощные консервированные асептическим способом. Технические условия» и определяли его показатели и исходного сырья (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели сырья и пюре

Наименование сырья	Наименование показателей		
	Пищевые волокна, %	Массовая доля витамина С, мг на 100 г	Содержание каротина, мг на 100 г
1	2	3	4
Яблоко	1,92±0,15	9,62±1,81	0,022±0,003
Яблочное пюре	1,72±0,15	5,18±0,77	0,018±0,002
Слива	2,03±0,20	9,50±1,3	0,17±0,01

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Сливовое пюре	1,93±0,20	5,93±0,42	0,14±0,01
Тыква	1,68±0,10	7,13±1,5	1,72±0,31
Тыквенное пюре	1,54±0,10	4,69±0,95	1,18±0,23
Свекла	2,30±0,36	8,20±1,77	0,016±0,002
Свекольное пюре	2,18±0,36	7,65±0,88	0,009±0,002

Согласно данным, полученным из таблицы 2 было выявлено, что витамин С больше подвержен деградации при температурной обработке – его содержание снизилось на 2,44 мг в тыквенном пюре, на 0,65 мг в свекольном пюре, в яблочном пюре на 4,44 мг, в сливовом пюре на 3,57 мг. Каротин также не устойчив к температурной обработке, поэтому его содержание снизилось на 0,54 мг. Содержание пищевых волокон снизилось не значительно, в пределах 0,1–0,2 %.

На основании разработанных технологических процессов модифицировали технологию получения витаминизированной натуральной пастилы. Для этого в качестве основного ингредиента использовали пюре из пектинсодержащего сырья в количестве 80–90 % для сохранения структуры пастилы. При компоновке рецептуры учитывали гармоничное сочетание фруктово-овощного пюре с проростками амаранта и закваской пропионовокислых бактерий и внешний вид полученного продукта.

При компоновке рецептуры учитывали гармоничное сочетание фруктово-овощного пюре с проростками и внешний вид полученного продукта (таблица 3).

Таблица 3 – Рецептурная компоновка пастилы

№ варианта	Дозировка компонентов, %			
	яблочное пюре	сливовое пюре	тыквенное пюре	свекольное пюре
1	70	10	10	10
2	65	15	10	10
3	60	20	10	10
4	50	30	10	10
5	55	25	10	10

На кафедре биотехнологии, биохимии и биофизики была проведена дегустация образцов пастилы. Членами дегустационной комиссии были сотрудники кафедры в составе 7 человек.

Усредненные показатели дегустационных образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Бальная оценка качества образцов 1–5

Наименование показателя	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
Вкус	4,43	4,14	3,86	4,43	3,57
Запах	4,43	4,43	4,14	4,57	3,71
Цвет	4,43	4,14	4,14	4,57	4,0
Консистенция	4,43	4,28	4,43	4,43	4,0
Форма	4,29	4,43	4,14	4,57	3,28
Поверхность	4,71	4,14	4,43	4,71	3,71
Итого	26,72	25,56	25,44	27,28	22,27

По результатам проведенной дегустации был выбран образец пастилы под номером 4 с наивысшей оценкой и наилучшими вкусовыми и внешними свойствами.

Для разработки рецептуры необходим состав компонентов: яблочное пюре 40 %, сливовое пюре 27 %, тыквенное пюре 10 %, свекольное пюре 10 %, проростки амаранта 10 %, закваска ПКБ 3,0 %.

Для доказательства функциональных свойств натуральной витаминизированной пастилы синбиотического назначения сопоставляли экспериментально полученные данные с рекомендованными нормами физиологической потребности в биологически активных веществах для всех групп населения (таблица 5).

Таблица 5 – Сопоставление экспериментально полученных данных натуральной витаминизированной пастилы с рекомендованными нормами физиологической потребности в биологически активных веществах

Определяемые показатели	Фактическое содержание	Норма потребления в сутки	15 % от нормы
Пищевые волокна, % (мг)	9,86±0,09	20-25*	3,0-3,75
Содержание каротина, мг на 100 г	2,38±0,03	5*	0,75
Содержание витамина В ₁₂ , мкг на 100 г	0,62±0,02	3*	0,45
Количество пропионовокислых бактерий, КОЕ/см ³	3,7·10 ⁸	не менее 5·10 ⁷ **	–

* – МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»

** – Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01

В разработанном продукте в 100 г, при учете требования ГОСТ Р 52349-2005 (компоненты функционального продукта должны обеспечивать не менее 15 % нутриентов от суточной физиологической потребности человека), обеспечивалось 47,1 % пищевых волокон, 47,6 % каротина, 20, 7 % витамина В₁₂ и $3,7 \cdot 10^8$ КОЕ/см³ пробиотических бактерий.

Показатели безопасности полученной витаминизированной пастилы были определены в условиях аккредитованной лаборатории ФГБУ «Краснодарская межобластная ветеринарная лаборатория», и выявлено, что пастила является безопасной по микробиологическим показателям, содержанию токсических элементов, микотоксинов и пестицидов.

На основании рецептуры и существующих подобных производств разработана блок-схема общей технологии производства пастилы, производительностью 1000 кг за производственный цикл и представлена на рисунке 10.

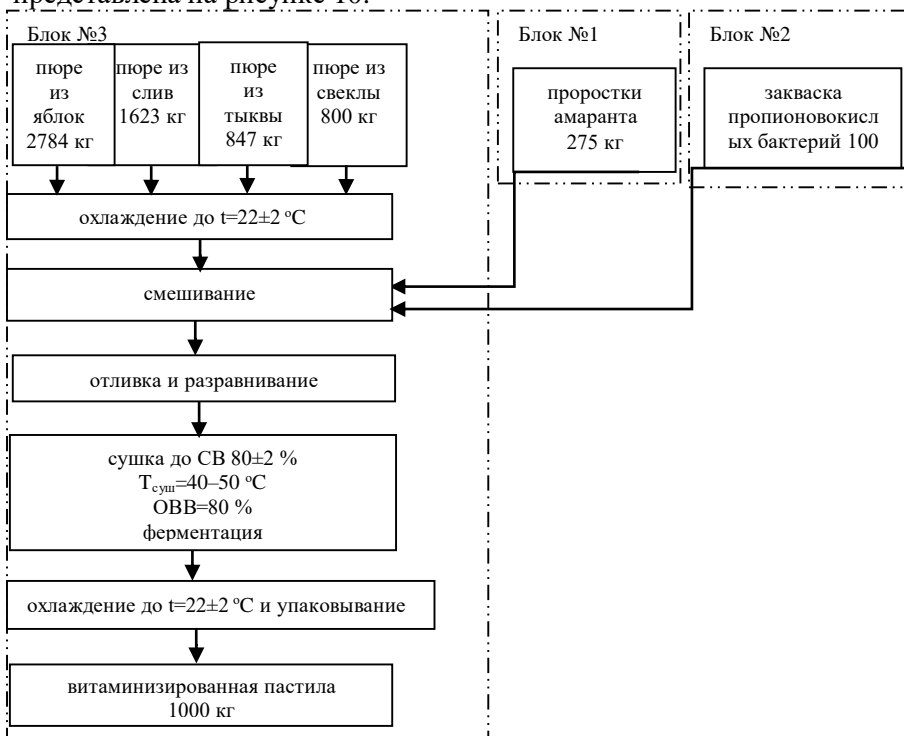
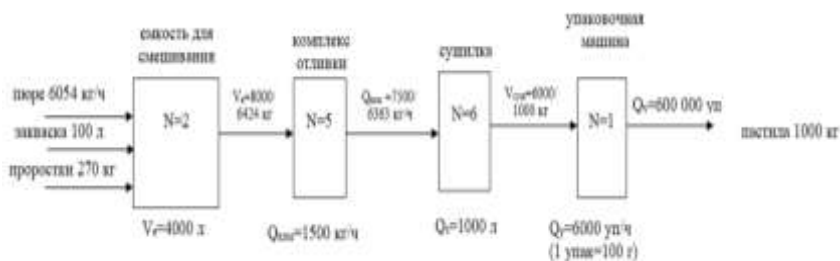


Рисунок 10 – Блок-схема общей технологии производства пастилы

На основе составленной структурно-технологической схемы производства витаминизированной пастилы произведен продуктовый расчет, который показал, что для получения пюре необходимо 3175 кг яблок, 1889 кг слив, 1026 кг тыквы и 1086 кг свеклы. При этом для производства пастилы потребуется 6054 кг пюре, 270 кг проростков амаранта и 100 л закваски пропионовокислых бактерий для того чтобы получить 1000 кг пастилы. На рисунке 11 представлена структурная блок-схемы технологической линии получения витаминизированной натуральной пастилы синбиотического назначения.



N – количество оборудования, Q – фактическая производительность, Q_p – расчетная производительность.

Рисунок 11 – Структурная блок-схема технологической линии получения витаминизированной натуральной пастилы синбиотического назначения

Составлены графики электрических нагрузок на вводе производственного объекта при изготовлении пастилы (рисунки 12 и 13).

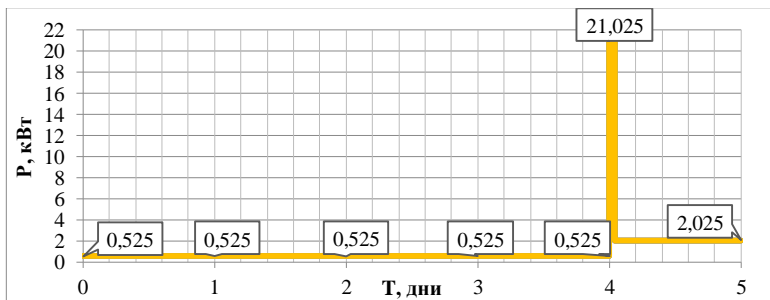


Рисунок 12 – График электрических нагрузок 1-го этапа приготовления пастилы включающего процессы получения проростков амаранта и закваски пропионовокислых бактерий

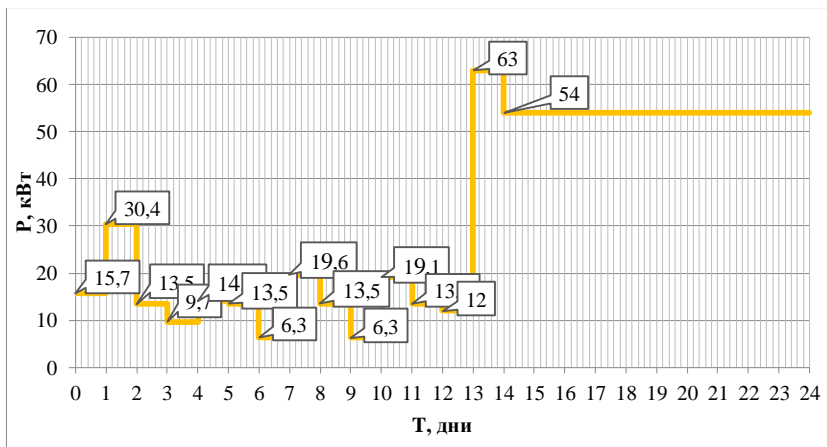


Рисунок 13 – Суточный график электрических нагрузок 2-го этапа приготовления пастилы

При этом энергоемкость всего производства составляет 1664 кВт·ч/т.

В четвертой главе произведена оценка эффективности производства пастилы с учетом затрат на его организацию, в которую входит приобретение оборудования, сырья и материалов, оплата труда, расчет стоимости электроэнергии, потребления воды и амортизационные отчисления.

Себестоимость пастилы с учетом работы предприятия 3 месяца составит 989 руб/кг, а с учетом работы предприятия 12 месяцев 662 руб/кг.

Отпускная цена 1 кг пастилы с учетом работы предприятия 3 месяца составит 1237 руб/кг, с учетом работы предприятия 12 месяцев 828 руб/кг.

При расчете ЧДД при организации производства 13 т/год при равномерном снижении уровня инфляции с 11 % до 5 % составило – 16 млн. 259 тыс. руб., а при организации производства 52 т/год составило 7 млн. 857 тыс. руб.

Срок окупаемости пастилы с учетом работы предприятия в течение 3 месяцев составит 8,9 лет, а в течение 12 месяцев 4 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Установлены зависимости физико-химических и микробиологических показателей семян и проростков амаранта, полученных в системе гидропонного проращивания с использованием диафрагменного электролиза воды согласно патентам РФ № 2802376 и № 2808723:

– показатели семян амаранта сорта «Воронежский» преобладали по сравнению с сортом «Кинес» по содержанию белка на 0,55 %, витамина С на 0,35 мг/100 г и пищевых волокон 0,12 %;

– для обеззараживания семян амаранта оптимальными технологическими режимами являются: проведение процесса замачивания в анолите с $\text{pH}=3,75$ в течение 45 минут, которые обуславливают достижение минимальных показателей микробной обсемененности (КМАФАнМ с $4,8 \cdot 10^3$ до $4,4 \cdot 10^1$ КОЕ/см³ и плесневых грибов с 38 до 11 КОЕ/см³);

– для стимуляции роста семян амаранта рекомендуется обработка католитом с $\text{pH}=9,9$ в течение 40 минут, что позволяет достичь увеличение энергии прорастания на 7,3 % и всхожести на 10,7;

– предложенная технология процесса проращивания семян амаранта обуславливает увеличение содержание витамина С на 2,05 мг/100 г и каротина на 0,008 мг/100 г, сокращение продолжительности проращивания с 7 до 5 суток.

2. Исследовано влияние параметров в системе жидкофазного культивирования бактерий вида *Propionibacterium freudenreichii* на различных питательных средах и подтверждено, что в результате микробной конверсии количество жизнеспособных бактерий увеличилось с $9,5 \cdot 10^{11}$ КОЕ/см³ до $2,4 \cdot 10^{12}$ КОЕ/см³ и увеличилось содержание витамина В₁₂ на 26,11 мкг/см³. Процесс культивирования следует проводить на кукурузно-лактозной питательной среде при их дозировке 7 г/л в течение 24 ч.

3. Определены основные показатели фруктового и овощного сырья: яблок, слив, тыквы, свеклы и пюре из них. Содержание пищевых волокон варьирует от 1,92 % (в сравнении с средним справочным значением 3,0) в яблоках и до 2,3 % (в сравнении с средним справочным значением 2,0) в свекле, что обеспечивает необходимую стабильность и загущение пастилы; содержание сахаров в плодах и овощах находилось в пределах 4,53–7,82 %, что обеспечит меньшее внесение дополнительных источников сахара; витаминный

состав представлен витамином С от 7,13 мг на 100 г в тыкве (в сравнении с средним справочным значением 8,0) и до 9,5 мг на 100 г в сливе (в сравнении с средним справочным значением 10,0) и провитамином А (каротином) тыквы 1,72 мг на 100 г (в сравнении с средним справочным значением 1,5).

4. Модифицирована технология получения витаминизированной пастилы на основе фруктово-овощного пюре из яблок, слив, свеклы и тыквы, проростков амаранта и закваски *Propionibacterium freudenreichii* в результате введения в рецептуру проростков амаранта и закваски пропионовокислых бактерий, что позволит обогатить продукт витаминами, пищевыми волокнами, пробиотическими бактериями.

5. Оценены физико-химические показатели качества и безопасности пастилы: добавление закваски ПКБ в количестве 3,0 % в рецептуру пастилы на стадии смешивания перед отливкой и сушкой способствовало увеличению количества витаминов: каротина до 10,08 %, витамина С до 6,38 % а также обогащению пробиотиком в количестве $3,7 \cdot 10^8$ КОЕ/см³ и витамином В₁₂ на 0,62 мкг на 100 г.

6. Установлено, что для достижения в пастиле функциональных свойств содержание пищевых волокон в пюре должно быть, не менее, %: яблочном – 1,7, столовой свеклы – 2,0, сливы – 1,8, тыквы – 1,5; витамина С – в диапазоне не менее 1,4 – 8,5 мг/100 г, и каротина – не менее 0,9 мг/100 г.

7. Показатели безопасности полученной витаминизированной пастилы были определены в условиях аккредитованной лаборатории ФГБУ «Краснодарская межобластная ветеринарная лаборатория», и выявлено, что пастила является безопасной по микробиологическим показателям, содержанию токсических элементов, микотоксинов и пестицидов.

8. Обоснованы структурно-технологические схемы процессов и всего производства: проращивания семян амаранта; жидкофазного культивирования пропионовокислых бактерий; получения пюре из яблок, слив, свеклы и тыквы; производства витаминизированной пастилы на основе проростков амаранта, закваски пропионовокислых бактерий и фруктового и овощного сырья. Общей удельной энергоемкостью 1664 кВт·ч/т.

9. Реализация витаминизированной натуральной пастилы синбиотического назначения позволит получить экономический эффект в размере – 16 млн. 259 тыс. руб. с учетом работы предприятия 3 месяца в году, и 7 млн. 857 тыс. руб. с учетом работы предприятия

12 месяцев в году. Срок окупаемости пастилы с учетом работы предприятия в течение 3 месяцев составит 8,9 лет, а в течение 12 месяцев – 4 года.

Рекомендации производству

Результаты исследований могут быть рекомендованы предприятиям, вырабатывающим пищевую продукцию, в частности, для производства пастилы с заданными свойствами. Производить закупку сырья, холодильников и асептических емкостей при постоянной работе линии, с последующим хранением полученного пюре в асептических условиях для бесперебойной работы предприятия в течение всего календарного года, что позволит получить большую прибыль с наименьшими затратами.

Предприятиям, которые вырабатывают фруктово-овощные консервированные продукты, в период простоя линий предусмотреть возможность изготовления предлагаемой пастилы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Допускается полученную модифицированную технологию пастилы применять для другого аналогичного фруктово-овощного, зернового и микробиологического сырья с незначительной корректировкой технологических процессов, а также увеличивать их производительность.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

– в изданиях из перечня ВАК:

1. Горобец, Д. В. Повышение качества пищевых проростков путем стимуляции роста амаранта электроактивированным раствором католита / Д. В. Горобец, А. И. Петенко, Д. С. Цокур [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 3(129). – С. 1–5. – DOI : 10.23670/IRJ.2023.129.72.

2. Горобец, Д. В. Влияние обработки анолита для обеззараживания мелкосемянной культуры амарант / Д. В. Горобец, С. В. Оськин, Д. С. Цокур [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 4(130). – С. 1–4. – DOI : 10.23670/IRJ.2023.130.33.

3. Горобец, Д. В. Свойства растворов анолита и католита, полученных с помощью диафрагменных электролизеров воды /

Д. С. Цокур, Д. В. Горобец, С. А. Смолин, А. А. Свистунов // Сельский механизатор. – 2023. – № 1–2. – С. 32–33. – DOI: 10.47336/0131-7393-2023-1-2-32-33.

– в прочих изданиях:

4. Горобец, Д. В. Определение биохимических показателей в плодовоовощном сырье Краснодарского края / Д. В. Горобец, М. В. Анискина, М. С. Алимов. // Научно-технический прогресс как фактор развития современного общества: сборник статей Международной научно-практической конференции – Уфа: ч.3 АЭТЕРНА, 2018. – С. 88–91.

5. Горобец, Д. В. Оптимизация рецептур клеевой резной пастилы / Д. В. Горобец, М. В. Анискина, А. Н. Гнеуш. // Новости науки в АПК: научно-практический журнал: в 2 т. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2018. – № 2(11). – Т. 1. – С. 182–185.

6. Горобец, Д. В. Разработка рецептуры пастилы на основе пектинсодержащего сырья / Д. В. Горобец, А. Н. Гнеуш, М. В. Анискина. // Наука и инновации: векторы развития: сборник научных статей в 2 кн.: Международная научно-практическая конференция молодых ученых. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – Кн. 2. – С. 96–98.

7. Горобец, Д. В. Функциональная плодовоовощная пастила / Д. В. Горобец, М. В. Анискина, Т. В. Ведовская. // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию образования Майкопского государственного технологического университета. – Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.», 2018. – С. 295–296.

8. Горобец, Д. В. Обоснование функциональности плодовоовощных пастильных изделий / Д. В. Горобец, М. В. Анискина, Е. С. Волобуева. // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию образования Майкопского государственного технологического университета. – Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.», 2018. – С. 296–297.

9. Горобец, Д. В. Разработка функционального биопродукта на основе плодовоовощного сырья / Д. В. Горобец, Е. Р. Шульженко. // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам XII Всерос. конф. молодых ученых. – Краснодар: КубГАУ,

2019. – С. 370–371.

10. Горобец, Д. В. Исследование различных схем гидропонного выращивания мелкосемянных культур в питании животных и птиц / А. И. Петенко, С. А. Смолин, Д. В. Горобец. // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения. Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2020. – С. 46–47.

11. Горобец, Д. В. Функциональные биопродукты на основе каротинсодержащего растительного сырья / А. И. Петенко, Д. В. Горобец // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов. Сборник тезисов по материалам V Международной конференции. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2020. – С.47.

12. Горобец, Д. В. Исследование экстрагирующих свойств различных органических растворителей при определении каротина / Д. В. Горобец, А. И. Петенко, А. Н. Гнеуш, С. А. Смолин. // Здоровьесберегающие технологии, качество и безопасность пищевой продукции: сборник статей по материалам Всероссийской конференции с международным участием. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 13–16.

Патенты:

13. Пат. № 2802376 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/06. Способ обработки семян амаранта для гидропонного проращивания / Д. В. Горобец, С. В. Оськин, Д. С. Цокур [и др.] ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – №2022110489; заявлено 18.04.2022; опубликовано 28.08.2023.

14. Пат. № 2808723 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А01G 31/00. Способ стимуляции роста семян амаранта для гидропонного проращивания / А. И. Петенко, С. В. Оськин, Д. С. Цокур [и др.] ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». – №2022133282; заявлено 16.12.2022; опубликовано 04.12.2023.

Научное издание

Горобец Диана Васильевна

МОДИФИЦИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ВИТАМИНИЗИРОВАННОЙ НАТУРАЛЬНОЙ ПАСТИЛЫ
СИНБИОТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Подписано в печать _____ Формат 60 x 84 ^{1/16}

Усл. печ. л. – 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № _____

Издательство «ЭДВИ»

Россия, 350012, г. Краснодар, ул. Лукьяненко, 95/3,

тел./факс: (861)222-01-02, 222-75-55, 220-12-56,

e-mail: info@edvi.ru