

НГУЕН БАО ТЪАУ

**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНОЛОГИИ НИЗКОЛАКТОЗНОЙ ТВОРОЖНОЙ
МАССЫ С ПЮРЕ ПАПАЙИ**

4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2024

Работа выполнена на кафедре «Технология молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (г. Москва, РФ).

- Научный руководитель:** **Тихомирова Наталья Александровна**
доктор технических наук, профессор кафедры «Физики и химии» ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет»
- Официальные оппоненты:** **Пасько Ольга Владимировна**
доктор технических наук, профессор ГАОУ ВО «Московский государственный университет спорта и туризма», профессор кафедры гостиничного и ресторанного дела
Антипова Татьяна Алексеевна
доктор биологических наук, доцент Научно-исследовательский институт детского питания-филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии», главный научный сотрудник отдела специализированных продуктов детского питания
- Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Защита состоится «__» _____ 2024 года в ____ часов на заседании совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук 24.2.334.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, корп. А.

Отзывы (в двух экземплярах) на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» по адресу: 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11. Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» <http://www.mgupp.ru>.

Автореферат размещен на официальных сайтах ВАК при Минобрнауки России (<https://vak.minobrnauki.gov.ru>) и ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (<http://www.mgupp.ru>).

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Кусова Ирина Урузмаговна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования.

Перспективным направлением развития пищевой биотехнологии является разработка и производство специализированных продуктов как для здорового населения с целью компенсации особенности генотипа и связанных с ним рисков развития заболеваний и удовлетворения всех физиологических потребностей в зависимости от его активности, возраста и других факторов, так и для различных узких категорий населения с особенностями, вызванными как генетическими данными, так и уже имеющимися заболеваниями или особенностями среды обитания. При этом в мировой практике большую популярность приобрели синбиотические продукты, включающие использование пробиотиков и пребиотиков в молочно-растительных продуктах сложного состава. Приоритетным направлением пищевой биотехнологии является производство специализированных продуктов с адекватными потребительскими свойствами на основе комплексного использования биопотенциала сырья. Поэтому разработка биотехнологии низколактозной синбиотической творожной массы с папайей является актуальной и представляет научную и практическую значимость как в производстве специализированного питания, так и в реализации биотехнологических основ современного агропромышленного производства.

Непереносимость лактозы у современного населения связана со снижением содержания и/или активности фермента лактазы и зависит от этнической группы, факторов питания и образа жизни, имеет высокую распространенность в Юго-Восточной Азии, включая Вьетнам. Значительная доля фермента лактазы в организме человека (около 80 %) вырабатывается бактериями нормальной микрофлоры кишечника (преимущественно бифидо- и лактобактериями), поэтому при вторичной лактазной недостаточности использование пробиотиков является клинически обоснованным вариантом лечения. Пробиотики способствуют толерантности к лактозе за счет увеличения общего гидролиза в тонкой кишке и повышения ферментации лактозы в толстой кишке. Таким образом для людей с первичной и вторичной неперевариваемостью лактозы (молочных продуктов) рекомендуются кисломолочные продукты с пробиотиками, такими как лакто- и бифидобактерии, а также с пребиотиками – факторами роста пробиотиков. Синбиотический продукт – низколактозная творожная масса с пюре папайи и бифидобактериями соответствует выше перечисленным требованиям.

Степень разработанности темы исследования. Исследования выполнены на основе научно-теоретических и экспериментальных работ российских и зарубежных ученых: Т. А. Антиповой, Н. Б. Гавриловой, В. И. Ганиной, Г. А. Донской, Н. Н. Липатова (младшего и старшего), А. Н. Пономарева, Л. В. Голубевой, О. В. Пасько, Е. И. Мельниковой, В. В. Колпаковой, И. А. Рогова, С. А. Рябцевой, С. В. Симоненко, Е. И. Титова, Н. А. Тихомировой, О. И. Долматовой, И. С. Хамагаевой, Т. А. Кадиева, О. В. Бессоновой, Е. Д. Калининой, Т. Duangrutai, Т. Getenesh, Р. Rajasekhar, К. Zolnere, Z. Mlichova и других, работающих над этим вопросом. Однако разработка низколактозного творожного продукта с растительным компонентом, помогающего в решении проблем здравоохранения в развивающихся странах, в том числе во Вьетнаме до конца не изучена и не описана, вследствие чего остается актуальной и перспективной задачей.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является на основе нутритивного статуса населения Вьетнама и анализа производственных и сырьевых ресурсов разработать биотехнологию низколактозной творожной массы с пюре папайи для специализированного питания с непереносимостью лактозы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1) На основе анализа ассортимента и производственной базы молочной промышленности, сырьевых ресурсов плодоовощной промышленности Вьетнама, нутритивного статуса, изучения потребительских предпочтений различных возрастных групп населения сформулировать требования к специализированному синбиотическому продукту – низколактозному

высокобелковому молочному продукту с растительным компонентом;

2) Обоснование выбора сырья и рецептурных компонентов для разработки технологии низколактозной творожной массы с пюре папайи на основе анализа органолептических, физико-химических характеристик, антиоксидантной активности готового продукта;

3) Обоснование способа снижения массовой доли лактозы в молочной основе и подбор ферментного препарата для гидролиза лактозы в биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи;

4) Изучие и обоснование вида, дозы и соотношения заквасочных культур для получения низколактозного творога, а также внесения бифидобактерий в низколактозную творожную массу для получения пробиотического продукта;

5) Разработка биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи и её апробация в производственных условиях. Определение в продукте физико-химических, органолептических, микробиологических показателей, пищевой и биологической ценности;

6) Разработка комплекта нормативной и технической документации: расчёт экономической эффективности производства продукта.

Научная новизна.

- Изучен процесс гидролиза лактозы в молоке коров, наиболее широко распространенной во Вьетнаме породы F2 HF, под действием ферментных препаратов лактазы торговых марок: «Lacta-free» («Biochem SRL», Италия), «Maxilact-2000» («DSM Food Specialties», Нидерланды), «Na-Lactase-2100» и «NOLA Fit-2800» («Chr. Hansen», Дания). На основе полученных экспериментальных данных научно обосновано использование в биотехнологии низколактозного творога препарата «Na-Lactase-2100».

- Изучен видовой состав закваски из молочнокислой микрофлоры для низколактозного творога и бифидобактерий для обогащения пробиотиками низколактозной творожной массы.

- Изучены свойства пюре из вьетнамской папайи с желтой мякотью вида *Carica papaya L.* как компонента для производства низколактозного высокобелкового молочного продукта.

- Установлены математические зависимости органолептических, физико-химических характеристик низколактозной творожной массы с пюре папайи от массовой доли папайи и сахарозы в пюре, на основе которых разработана рациональная рецептура продукта.

- Установлено положительное влияние пюре папайи на антиоксидантные свойства, структурно-механические и органолептические показатели низколактозной творожной массы, а также подтверждены ее пребиотические свойства для бифидобактерий штамм *Bifidobacterium bifidum* BGN4.

- Получены новые фактические данные о пищевой и биологической ценности разработанного низколактозного творожного синбиотического продукта и рассчитан его суточный интегральный скор для разных возрастных групп населения Вьетнама.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Для персонифицированного питания населения Вьетнама с непереносимостью лактозы предложен синбиотический низколактозный высокобелковый молочный продукт – низколактозная творожная масса с пюре папайи, позволяющая скорректировать белково-энергетическую недостаточность при дефиците витамина А и фермента лактазы.

На основании полученных результатов исследований разработаны рецептуры низколактозной творожной массы с пастеризованным пюре папайи и биотехнология продукта. Определена стадия внесения пюре папайи с сахарозой и бифидобактерий (в творожный сгусток) в биотехнологическом процессе.

Разработана и утверждена техническая документация ТУ 10.51.56-013-02068634-2023 «Низколактозная творожная масса. Технические условия», ТИ 10.51.56-013-02068634-2023 «Низколактозная творожная масса. Технологическая инструкция». Технология низколактозной творожной массы с пюре папайи апробирована в условиях производства АО «Khaparco» г.

Ньячанг, Вьетнам. Определена экономическая эффективность от реализации выработанного продукта, которая составила 66,81 тыс. руб на 1 т, что соответствует 17,33 млн. донгов (VND).

Результаты работы внедрены в учебный процесс на кафедре «Технология молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» г. Москва и используются при подготовке бакалавров и магистрантов по направлениям подготовки 19.03.03 и 19.04.03. «Продукты питания животного происхождения». Разработаны в соавторстве методические указания к лабораторным и практическим занятиям по дисциплине «Высокотехнологичные процессы в производстве детских продуктов на молочной основе» для студентов магистратуры по направлению 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения».

Методология и методы исследования.

В основе организации и проведения исследований лежат работы ученых России, Вьетнама и других стран. Методологическую основу диссертации составляют законы классического научного познания, современные методы исследования. Для определения состава и характеристик разработанного продукта использовались стандартные физико-химические и органолептические методы оценки качества. Математическая обработка результатов исследования производилась с применением компьютерных программ Table Curve и Microsoft Excel.

Основные положения, выносимые на защиту:

1) Биотехнология низколактозной творожной массы с пюре папайи с использованием для сквашивания молока закваски из штаммов *Lactococcus lactis subsp. lactis* VNC1, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* VNC53, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* 17 M-AD в соотношении 2:2:1; для обогащения творожной массы пробиотиками - бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4.

2) Результаты определения рациональных режимов гидролиза лактозы в молоке с применением ферментных препаратов β -галактозидазы: «Lacta-free», продуцент *Aspergillus oryzae*; «Maxilact», продуцент *Kluyveromyces lactis*; «Ha-Lactase», продуцент *Kluyveromyces fragilis* и «NOLA Fit», продуцент *Bacillus licheniformis*.

3) Результаты изучения мирового рынка низколактозных молочных продуктов и потребительских предпочтений вьетнамского населения к низколактозным молочным продуктам.

4) Обоснование выбора ингредиентов и рецептуры для синбиотического низколактозного высокобелкового молочного продукта с растительными компонентами для питания людей с непереносимостью лактозы, белково-энергетической недостаточностью, дисбактериозом во Вьетнаме.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует пунктам 15, 16, 25 паспорта специальности 4.3.5. «Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ».

Степень достоверности результатов. Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждена большим объемом исследований, проведенных с использованием стандартных и современных методов исследований. Полученные данные достоверны, выводы и практические предложения научно-обоснованы и соответствуют представленным в диссертации материалам, что подтверждается публикациями в открытой печати.

Личный вклад диссертанта заключается в подборе и анализе отечественной и зарубежной научно-технической литературы по теме диссертации; в формулировании цели и задач исследования; постановке и выполнении эксперимента; активном участии в интерпретации результатов; написании статей, тезисов, методических указаний к лабораторным и практическим работам; подготовке докладов и выступлений на конференциях; разработке технологической документации; лабораторно-производственной апробации результатов.

Апробация результатов работы. Результаты исследований были представлены на: Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цифровизация экономики: проблемы и перспективы» (г. Коломна, 2020 г.); I Международной научно-

практической конференции «Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (г. Саратов, 2020 г.); 3-й международной конференции «Агробизнес, экологический инжиниринг и биотехнологии - AGRITECH III-2020» (г. Волгоград, 2020 г.); Всероссийской с международным участием онлайн-конференции «Современная биотехнология: актуальные вопросы, инновации и достижения» (г. Кемерово, 2020 г.); Национальной научно-практической конференции «Экономическая безопасность агропромышленного комплекса: проблемы и направления обеспечения» (г. Киров, 2021 г.), IX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» (г. Кемерово, 2021 г.); Международном круглом столе «Цифровая нутрициология: технологические инновации персонализированных продуктов питания» (г. Москва, 2021 г.), научно-практической конференции с международным участием «Функциональные мясные и молочные продукты: наука, образование, карьера» (г. Москва, 2021 г.); VIII международной научно-практической конференции «Церевитиновские чтения-2022» (г. Москва, 2022 г.); Международном круглом столе «Торговля будущего: вызовы времени, концепции, стратегии и модели развития» (г. Москва, 2022 г.), Научно-практической конференции с международным участием «Роговские чтения» (г. Москва, 2022 г.).

Публикации. Основные положения диссертационной работы изложены в 15 опубликованных печатных работах, в том числе в 3 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 4 статьях в изданиях РИНЦ, 1 статье в журнале, индексируемом в международной базе данных Scopus и 7 в материалах конференций. Изданы методические указания к лабораторным и практическим занятиям для студентов магистратуры по направлению 19.04.03 - Продукты питания животного происхождения.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит на 115 страниц основного текста, 24 таблицы и 49 рисунков. Список литературы включает 173 источника (из них 82 – иностранных).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи темы, указана научная новизна и практическая значимость диссертации.

ГЛАВА 1 Обзор научно-технической литературы

Проанализированы медико-биологические аспекты рациона питания населения Вьетнама, в результате чего выявлены: непереносимость лактозы, дефицит витамина А; белково-энергетическая недостаточность, особенно в горных и сельских районах страны. Дефицит витаминов и минеральных веществ, животного белка связан с традиционной национальной с диетой для всех возрастных групп населения, особенно детского и пожилого. Анализ молочного рынка и сырьевых ресурсов Вьетнама показал потенциал развития низколактозных творожных продуктов с добавлением пюре папайи во Вьетнаме. Рассмотрены потенциальные виды растительного сырья для производства низколактозной творожной массы и обосновано использование папайи *Carica papaya L.* с желтой мякотью. При выборе пюре папайи учитывались её химический состав, органолептические показатели и совместимость с сырым молоком, а также доступность и стоимость.

Перечислены современные известные способы снижения содержания лактозы в молоке; для производственных условий Вьетнама оптимальный способ снижения лактозы в промышленном производстве - ферментный гидролиз с использованием лактазы (β -галактозидазы).

ГЛАВА 2 Организация работы, объекты и методы исследований

В данной главе представлены методы исследования, описаны объекты исследования, указаны исследуемые показатели и описаны методы их определения.

Исследования были проведены на кафедре «Технология молока, пробиотических молочных продуктов и сыроделия» ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)» (г. Москва, РФ) по схеме, представленной на рисунке 1. Объектами исследования служили молоко до и после гидролиза лактозы; ферментные препараты β -галактозидазы «Lacta-free», продуцент *Aspergillus oryzae*; «Maxilact-2000», продуцент *Kluyveromyces lactis*; «Ha-Lactase-2100», продуцент *Kluyveromyces fragilis* и «NOLA Fit-2800», продуцент *Bacillus licheniformis*; заквасочная культура, приготовленная на чистых культурах мезофильных молочнокислых лактококков (*Lactococcus lactis subsp. cremoris* VNC53; *Lactococcus lactis subsp. lactis* VNC1; *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*. 17 M-AD); сквашенное молоко; низколактозный творожный сгусток; вьетнамская папайя с желтой мякотью *Carica papaya L.* и пюре из папайи; препараты, содержащие пробиотические штаммы бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4; образцы низколактозной творожной массы с пюре папайи и без пюре папайи; свежеработанные и в процессе хранения.



Рисунок 1- Схема проведения исследований

Исследование покупательских предпочтений проводилось с помощью опроса в сети Интернет, а именно одномоментным анкетированием жителей различных регионов Вьетнама, в том числе мужчин и женщин всех возрастов. В опросе приняли участие 317 респондентов.

При выполнении работы использовали стандартные методы исследований: определение массовой доли сухих веществ и влаги – методом высушивания навески исследуемого продукта при постоянной температуре на приборе «Эвлас-2М»; изучение структурно-механических свойств на приборе ротационного вискозиметра «Реотест-2» (Mettingen, Германия); пищевой и энергетической ценности – расчётным методом. Титруемая кислотность определялась титриметрическим методом, активная кислотности и окислительно-восстановительный потенциал определялись потенциометрическим методом. Влагоудерживающая способность определялась методом центрифугирования. Общая антиоксидантная активность определялась по

спектрофотометрическим методом с 2,2-дифенил-1-пикрилгидразилом (DPPH) с использованием спектрофотометра UV/VIS (Mettler-Toledo GmbH, Швейцария).

Массовую долю компонентов в опытных образцах низколактозной творожной массы определяли: жира – методом Гербера; белка - методом формольного титрования; углеводов (лактозы, глюкозы, фруктозы) – методом Бертрана. Определение массовой доли лактозы проводили йодометрическим методом и с помощью тестовой системы Lactosens (Chr. Hansen, Дания). Определение содержания витамина А - методом эффективной жидкостной хроматографии на приборе YL9100 Plus (YL Instruments, Южная Корея), витаминов В1, В2 - методом жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрии (ЖХ-МС/МС) на приборе Agilent 6460 (Agilent Technologies, США). Определение минеральных веществ, жирнокислотного состава и других витаминов - расчётным путём. Определение количества дрожжей, плесени, КМАФАнМ, молочнокислых бактерий, бифидобактерий методом посева в агаризованные питательные среды по стандартам России и Вьетнама.

Пищевая и биологическая ценность низколактозной творожной массы с пюре папайи оценивалась по аминокислотному и интегральному скору.

Органолептические показатели разработанного продукта определялись дегустационной комиссией балльной оценкой по следующим основным показателям: внешний вид, вкус, запах, консистенция, цвет. Результаты экспериментов подвергали статистической обработке. Количество повторов эксперимента и анализа составляло 3-5 раз, результаты обрабатывали с помощью программы Table Curve и Microsoft Excel.

ГЛАВА 3 Исследования рынка низколактозных молочных продуктов

Представлены результаты исследования современного рынка низколактозной продукции и проанализировано общее состояние непереносимости лактозы в мире и во Вьетнаме, представлены результаты маркетинговых исследований мирового рынка низколактозных молочных продуктов.

Рынок низколактозных молочных продуктов оценивался в 12,1 млрд долларов США в 2020 году и, как ожидается, достигнет 18,4 млрд долларов США к 2025 году. Доминируют на мировом рынке низколактозных молочных продуктов США и Канада. В Азиатско-Тихоокеанском регионе прогнозируются самые высокие темпы роста рынка низко- и безлактозных молочных продуктов.

Изучение потребительских предпочтений низколактозных продуктов вьетнамских населений проводилось анкетированием онлайн среди респондентов. Анализ анкет потребительских предпочтений респондентов (68,8 % женщин и 31,2 % мужчин, из них 74,2 % проживали в городах и 25,8 % - в сельской местности Вьетнама) по отношению к низколактозным молочным продуктам позволил определить потребности людей в низколактозном продукте (творожной массе) и подтвердить актуальность диссертационных исследований. Число респондентов, регулярно употребляющих низколактозные молочные продукты, составляет всего 7,3 %, они относятся к группе стабильных потребителей. Это взрослые в возрасте от 30 до 55 лет. Результаты показывают, что как мужчины, так и женщины среди потребителей во Вьетнаме хотят потреблять новые низколактозные ферментированные молочные продукты, реализуемые на вьетнамском рынке.

Анализ потребительских предпочтений респондентов Вьетнама разных возрастных групп и мест проживания показал целесообразность разработки и производства белкового синбиотического молочного продукта с учетом этнических особенностей – низколактозной творожной массы, отсутствующей на современном вьетнамском на рынке низколактозных продуктов. Для повышения диетических свойств ее целесообразно обогатить пребиотиком – пюре папайи и пробиотическими бактериями – бифидобактериями.

ГЛАВА 4 Разработка биотехнологии низколактозной творожной массы

Было проведено исследование определения оптимальных параметров процесса ферментативного гидролиза лактозы в молоке четырьмя коммерческими ферментными препаратами β-галактозидазы от 3-х крупных компаний, широко реализуемых на мировом рынке, в

том числе в России и во Вьетнаме. В исследовании использованные ферментные препараты «Lacta-free», «Maxilact», «Chr. Hansen» и «NOLA Fit».

Исследования проводили в три этапа. На первом этапе исследовано влияние дозировки ферментных препаратов (%) и температуры гидролиза (°C) на степень гидролиза лактозы. На втором этапе изучено влияние дозировки ферментных препаратов (%) и продолжительности гидролиза (ч) на степень гидролиза лактозы. На третьем этапе исследовано влияние дозировки ферментных препаратов (%) и активной кислотности (ед. pH) на степень гидролиза лактозы.

В экспериментах использовали сборное молоко для промышленной переработки во Вьетнаме. В настоящее время во Вьетнаме 90,0 % сырого молока дают коровы-гибриды поколения F2 HF, скрещенные с 3 породами коров (75,0 % коров голштинской породы, 25,0 % коров вьетнамской золотой породы и коров красного Синдхи). Она подходит для жаркого и влажного климата Вьетнама и имеет годовые удои около 3000-3800 кг молока с жирностью 3,2-3,8 %, содержанием лактозы ($4,567 \pm 0,13$) %, белка ($2,933 \pm 0,12$) %. Для гидролиза лактозы использовали нормализованное молоко жирностью ($1,5 \pm 0,07$) %; pH молока равно ($6,55 \pm 0,05$) ед. pH, содержание лактозы ($4,567 \pm 0,13$) % соответствовало среднему значению для нормализованного коровьего молока во Вьетнаме. В молоко вносили от 0,1 % до 0,20 % от массы сырья того и иного ферментного препарата с шагом 0,05 %. Основные результаты первого этапа исследований представлены на рисунке 2.

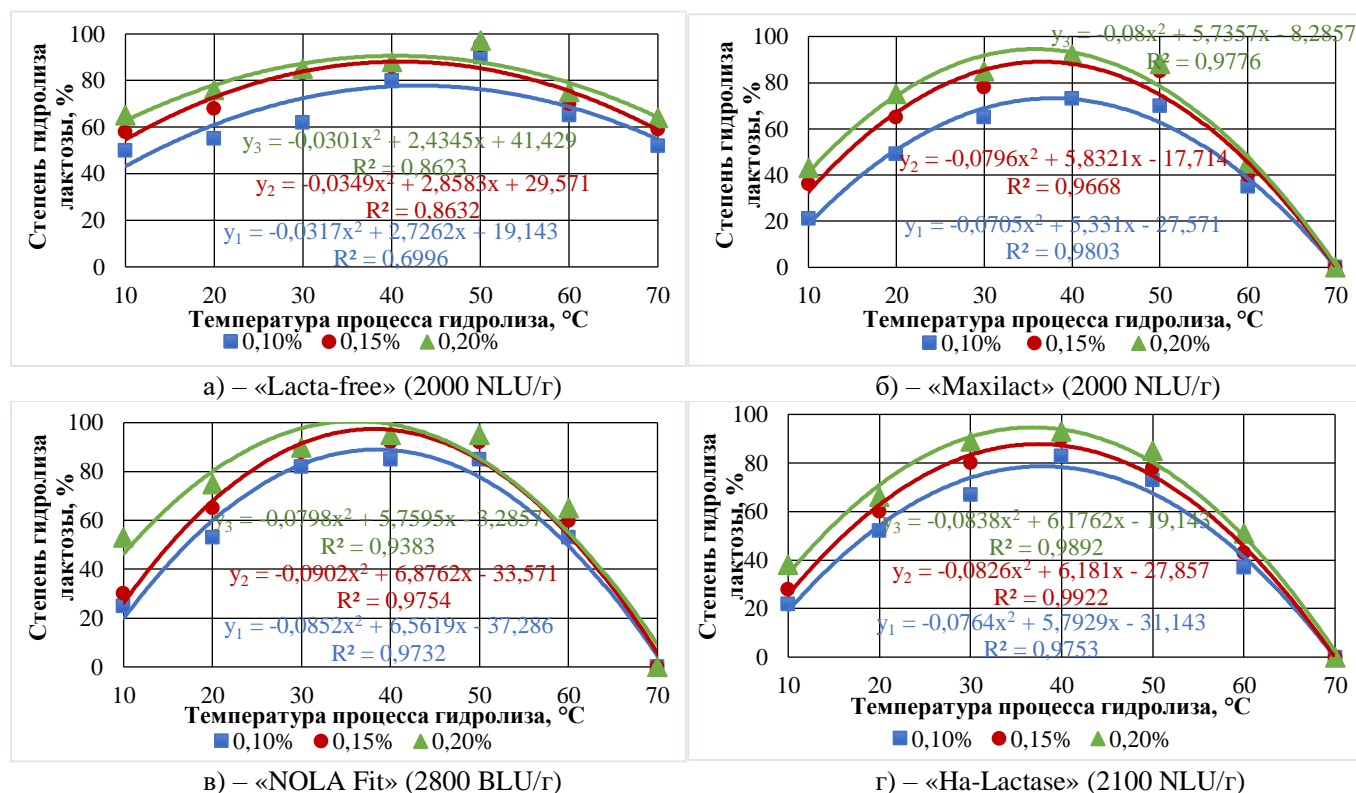


Рисунок 2 – Зависимость степени гидролиза лактозы в молоке (%) от температуры (°C) и дозировки ферментного препарата (%)

Из полученных данных, представленных на рисунке 2, видна следующая зависимость: степень гидролиза лактозы всеми 4-мя ферментами увеличивался с повышением температуры от 10,0 °C до 40,0 °C. Результаты экспериментов показывали, что оптимальная температура гидролиза различных ферментов различна: для фермента «Lacta-free» («Biochem SRL», Италия) находилась в пределах ($50,0 \pm 2,0$) °C; для фермента «Maxilact» («DSM Food Specialties», Нидерланды) - ($40,0 \pm 2,0$) °C; для фермента «NOLA Fit» («Chr. Hansen», Дания) - ($45,0 \pm 2,0$) °C; для фермента «Ha-Lactase» («Chr. Hansen», Дания) - ($40,0 \pm 2,0$) °C.

После достижения оптимального температурного диапазона последующее повышение температуры приводило к снижению активности ферментов. Увеличение дозировки вводимого препарата приводило к увеличению степени гидролиза лактозы. При 70,0 °С, кроме ферментного препарата «Lacta-free», все остальные 3 препарата полностью инактивировались.

На рисунке 3 представлены результаты исследования влияния дозировки ферментных препаратов (%) и продолжительности гидролиза (ч) на степень гидролиза лактозы при интервале варьирования продолжительности процесса гидролиза от 1,0 до 6,0 ч, при температуре (40,0±0,5) °С, активной кислотности (6,55±0,05) ед. рН.

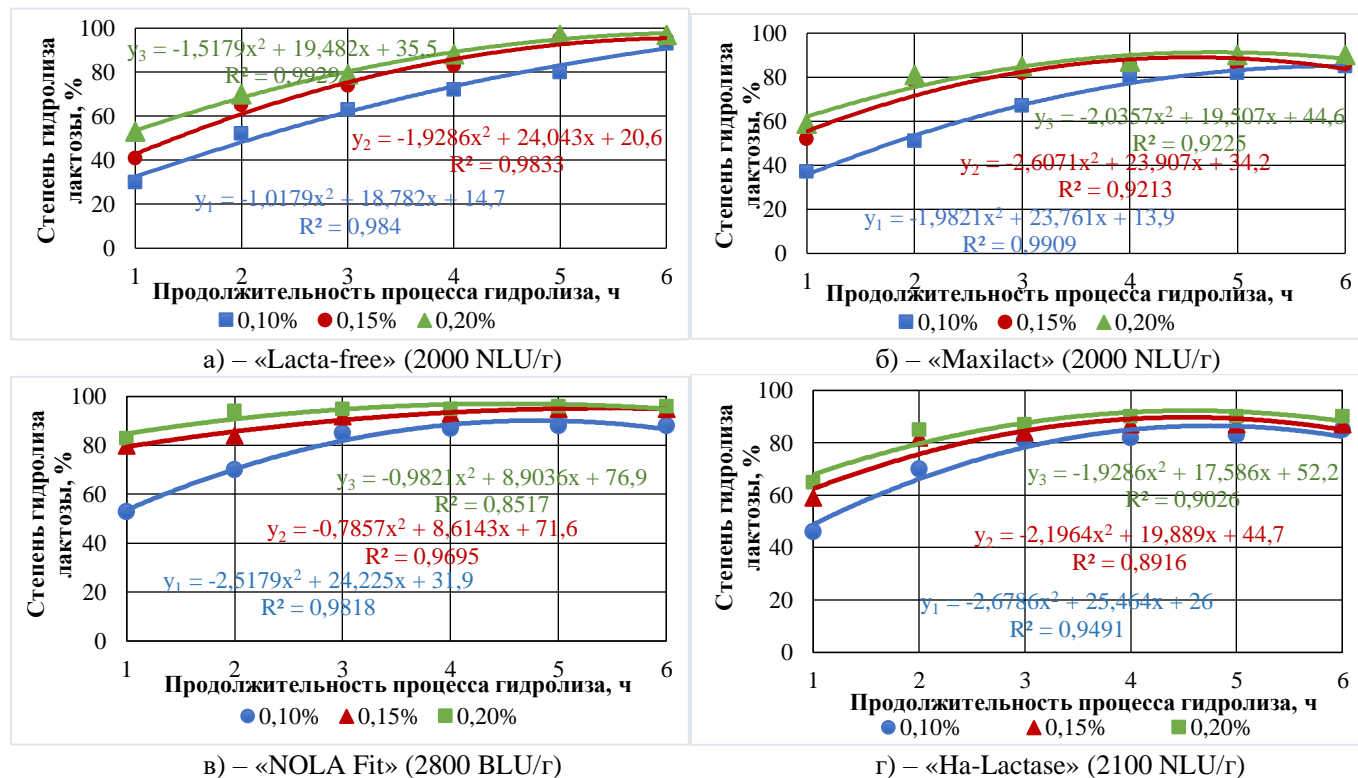


Рисунок 3 – Зависимость степени гидролиза лактозы в молоке (%) от продолжительности процесса (ч) и дозировки ферментного препарата (%)

Из представленных графиков видно, что при дозировке ферментного препарата «NOLA Fit» (0,1±0,01) % через 2,0 часа гидролизуеться только (70,0±3,0) % исходной лактозы, при увеличении количества фермента до (0,2±0,02) % за это же время гидролизуеться (94,0±3,0) % лактозы. По полученным данным установлено, что для достижения степени гидролиза лактозы до (85,0±3,0) % при количестве фермента (0,15±0,02) % время гидролиза составляет для ферментного препарата: «Lacta-free» - (5,0±0,1) ч; «Maxilact» - (4,0±0,1) ч; «NOLA Fit» - (2,5±0,1) ч; «Ha-Lactase» - (3,0±0,1) ч.

На рисунке 4 представлены результаты исследования зависимости степени гидролиза лактозы (%) от активной кислотности нормализованного молока (субстрата) (ед. рН) при интервале активной кислотности от 4,0 до 7,5 ед. рН; продолжительности процесса (4,5±0,1) ч; температуре (40,0±0,5) °С. На этом этапе в молоко вносили 4 Н раствор КОН для регулирования кислотности.

Из результатов, представленных на рисунке 4, видно, что ферментные препараты «Maxilact» и «Ha-Lactase» при значении активной кислотности рН=(6,5±0,05) ед. наиболее активны (90,0±3,0 %), при активной кислотности (рН=5,0±0,05 ед.) они неактивны. Это можно объяснить тем, что оба эти ферменты получены из дрожжей. Для фермента «NOLA Fit» максимальная степень гидролиза лактозы (92,0±3,0 %) достигалась при значении рН=(6,0±0,05) ед.; снижение рН ниже значения (5,0±0,05) ед. приводило к инактивации фермента. Напротив, фермент «Lacta-free» имел

оптимальную активную кислотность при значении $pH=(5,5\pm 0,05)$ ед., и она снижалась по мере увеличения значения активной кислотности.

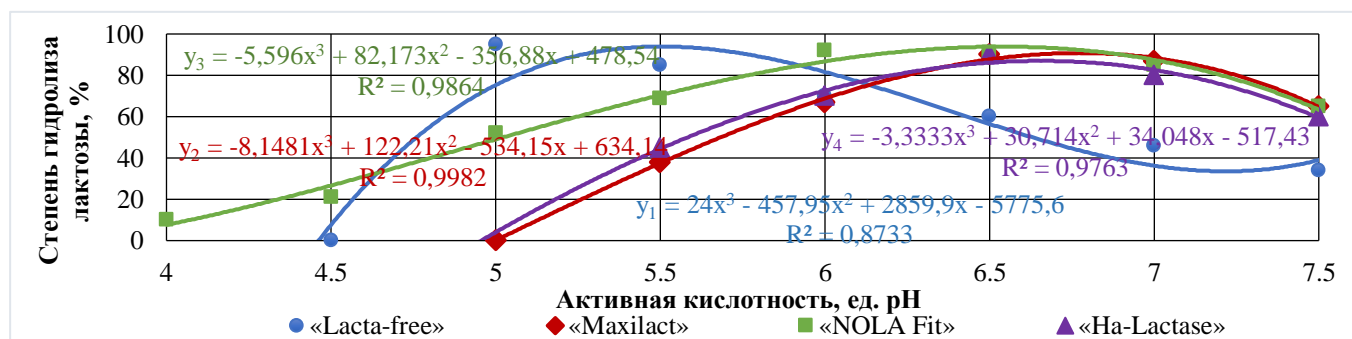


Рисунок 4 – Зависимость степени гидролиза лактозы (%) от активной кислотности нормализованного молока (субстрата) (ед. pH)

Из представленных экспериментальных данных следует, что степень гидролиза лактозы в нормализованном коровьем молоке вьетнамского происхождения зависит от температуры, концентрации ферментного препарата, длительности гидролиза и активной кислотности среды. Установлено, что действие различных коммерческих препаратов лактазы на процесс гидролиза лактозы имеет различные оптимальные параметры. Результаты их оптимальных параметров для гидролиза лактозы в нормализованном коровьем молоке вьетнамского происхождения представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальные параметры процесса гидролиза лактозы коммерческих ферментных препаратов β -галактозидазы

Параметр	Коммерческие ферментные препараты β -галактозидазы			
	«Lacta-free»	«Maxilact»	«NOLA Fit»	«Ha-Lactase»
Температура, °C	50,0 \pm 2,0	40,0 \pm 2,0	45,0 \pm 2,0	40,0 \pm 2,0
Продолжительность, ч	5,0 \pm 0,1	4,0 \pm 0,1	2,5 \pm 0,1	3,0 \pm 0,1
Активная кислотность, ед. pH	5,0 \pm 0,05	6,5 \pm 0,05	6,5 \pm 0,05	6,5 \pm 0,05
Дозировка препарата, %	0,2 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02	0,2 \pm 0,02	0,15 \pm 0,02

По результатам экспериментальных исследований установлено, что использование фермента «Ha-Lactase-2100» более выгодно для молочного сырья и производственной базы Вьетнама, так как требует меньших времени и дозы для достижения необходимого гидролиза лактозы в молоке.

Таким образом, для разработки низколактозной творожной массы с пюре папайи выбран ферментный препарат β -галактозидазы «Ha-Lactase-2100» из дрожжей *Kluyveromyces fragilis*, производимый «Chr. Hansen» (Дания), дозировка препарата (0,15 \pm 0,02) %; активная кислотность среды – (6,5 \pm 0,05) ед. pH; длительность процесса гидролиза (3,0 \pm 0,1) ч; температура гидролиза (40,0 \pm 2,0) °C.

На основе анализа научной литературы и с учетом используемых в промышленности Вьетнама штаммов заквасочных бактерий были отобраны 3 штамма, для заквашивания и сквашивания нормализованного молока в производстве низколактозной творожной массы, это штаммы - *Lactococcus lactis subsp. lactis* VNC1, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* VNC53, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* 17 M-AD в соотношении 2:2:1 по объему суспензии. Для придания пробиотических свойств готовому продукту предусмотрено дополнительное использование бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4.

Следующим шагом было определение параметров сквашивания низколактозного молока с учетом качества сборного молока (коровы-гибриды поколения F2 HF - 3 породы коров: 75,0 % от коров голштинской породы; 25,0 % от коров вьетнамской золотой породы и коров красного Синдхи), а также климатических условий Вьетнама.

Определена зависимость температуры сквашивания на изменение активной кислотности при сквашивании молока при интервале варьирования температур от 22,0°C до 38,0°C с шагом 8,0°C, продолжительность процесса (12,0±0,1) ч. Доза закваски в жидком виде составляла (5,0±0,2) % или в виде лиофилизированного порошка (DVS, закваски прямого внесения) составляла с расчетом не менее (1,0±0,05)·10⁹ КОЕ/г. Результаты представлены на рисунке 5.

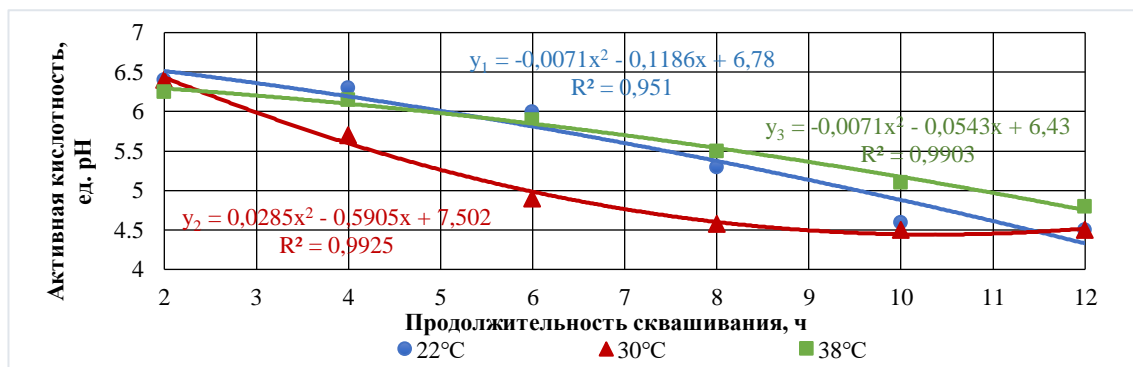


Рисунок 5 – Зависимость активной кислотности (ед. рН) в процессе сквашивания низколактозного молока от температуры (°C) и продолжительности сквашивания (ч)

Из рисунка 5 видно, что при температуре (30,0±2,0) °C активная кислотность уменьшалась быстрее всего и значение рН около (4,5±0,05) ед. достигалось через (8,0±0,1) часов ферментации. При (22,0±2,0) °C активная кислотность уменьшалась медленнее, чем при температуре (30,0±2,0) °C, и молоко свертывалось через (12,0±0,1) часов. При (38,0±2,0) °C в первые (2,0±0,1) часа активная кислотность уменьшалась быстрее, чем при других 2-х температурах, однако в последующие часы активная кислотность уменьшалась медленнее, и через (12,0±0,1) ч образовавшийся сгусток был не таким плотным, как при двух других температурах. Объясняется это тем, что лактококки в закваске имеют оптимальную температуру (30,0±2,0) °C, а *Lactococcus lactis subsp. cremoris* при 38,0-40,0 °C перестает работать. Таким образом, можно сделать вывод, что температура (30,0±2,0) °C является оптимальной температурой для подобранной закваски.

Далее было проведено исследование зависимости активной кислотности в процессе сквашивания низколактозного молока от массовой доли закваски и продолжительности сквашивания. Используемые 3 дозы закваски составляли 1,0 %; 3,0 %; 5,0 %, ферментацию вели в течение (12,0±0,1) часов при температуре (30,0±2,0) °C. Результаты представлены на рисунке 6.

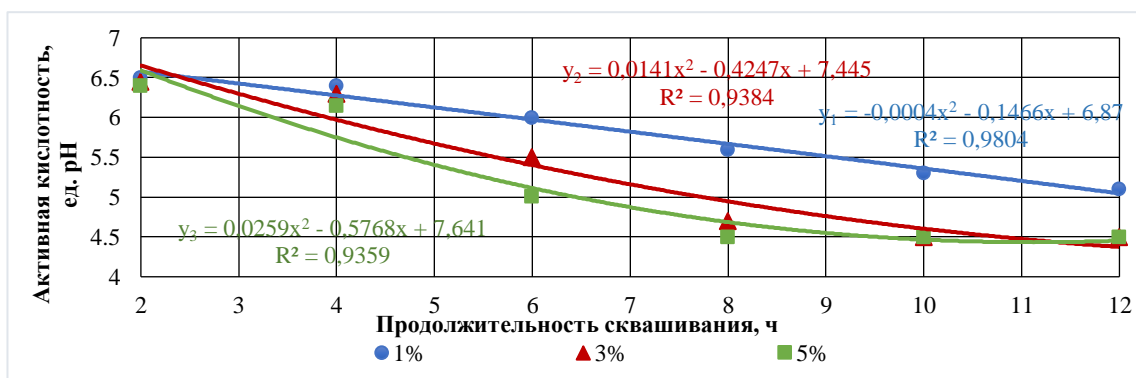


Рисунок 6 – Зависимость активной кислотности в процессе сквашивания низколактозного молока от массовой доли закваски и продолжительности сквашивания

Из рисунка 6 видно, что чем выше массовая доля закваски, тем быстрее снижалась активная кислотность, что соответствует более короткому времени сквашивания и образования сгустка. При использовании (1,0±0,05) % закваски активная кислотность уменьшалась медленно, время образования сгустка было продолжительным, а через (12,0±0,1) часов сквашивания полученный

сгусток имел неплотную консистенцию. При использовании (5,0±0,2) % закваски сгусток образовался через (8,0±0,1) часов ферментации; а при (3,0±0,15) % закваски - через (10,0±0,1) часов. Полученный сгусток плотный, ровный, консистенция вязкая. Таким образом, для получения хорошей консистенции низколактозной творожной массы время сквашивания составляет (8,0±0,1) часов, а рекомендуемое количество вносимой закваски в жидком виде составляет (5,0±0,05) % или в виде лиофилизированного порошка (DVS) - не менее (1,0±0,05)·10⁹ КОЕ/г.

Далее заквасочные штаммы культивировали в нормализованном низколактозном молоке с массовой долей жира (1,5±0,05) % и определяли количество жизнеспособных клеток (КОЕ/г) при температуре (30,0±2,0) °С; продолжительности – (8,0±0,1) ч; доза закваски – (1,0±0,05)·10⁹ КОЕ/г. На основании полученных результатов установлено, что через 36 ч его сквашивания количество жизнеспособных клеток увеличилось и достигло (1,81±0,3)·10⁹ КОЕ/г. На 5-е сутки в низколактозном твороге количество жизнеспособных клеток составляло (4,1±0,3)·10⁸ КОЕ/г.

После определения оптимальных параметров сквашивания нормализованного низколактозного молока были отобраны заквасочные штаммы, в состав которых входят *Lactococcus lactis subsp. lactis* VNC1, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* VNC53, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* 17 M-AD, которые образуют сгусток с активной кислотностью (4,5±0,05) ед. рН через (8,0±0,1) часов сквашивания, при температуре (30,0±2,0) °С и с массовой долей закваски (5,0±0,2) % или лиофилизированного порошка (DVS) с расчетом не менее (1,0±0,05)·10⁹ КОЕ/г.

Для определения пребиотических свойств наполнителя из папайи был проведен эксперимент, демонстрирующий положительное влияние папайи на активность и выживаемость бифидобактерий. Для эксперимента использовали лиофилизированный препарат бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4 (Корея), из которого перед началом исследования готовили суспензию (10,0 см³ стерилизованной воды на пробирку), затем помещали пробирки в термостат при (37,0±1,0) °С на (1,0±0,1) ч. Количество бифидобактерий в продукте определяли согласно МУК 4.2.999-00 (Россия) или TCVN 9635:2013 (ISO 29981:2010) (Вьетнам), путем посева продуктов в 2-х, 3-х и 6-кратных разведениях на пропионатный агар, селективно дополненный мупироцином лития для бифидобактерий в молочных продуктах – TOS (Propionate Agar Base) в чашках Петри.

В эксперименте, использовали вьетнамскую желтую папайю рода *Carica papaya L.* в виде пюре. Для приготовления пюре папайю промывали, очищали от кожуры, удаляли семена, измельчали до пюреобразного состояния и пастеризовали при (85,0...90,0) °С в течение (12,0±3,0) мин, охлаждали до температуры (20,0±1,0) °С.

Приготовили 4 образца с разной массовой долей пюре папайи: 0 % (контроль), 5,0 %; 7,0 %; 9,0 % пюре папайи, затем в каждый образец добавили бифидобактерии из расчёта (5,0±0,2)·10⁷ КОЕ/г. Количество бифидобактерий определяли через 3 и 15 сут (таблица 2).

Таблица 2 – Количество бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4 образца в процессе хранения, КОЕ/г

Образцы	Количество бифидобактерий в процессе хранения образцов, КОЕ/г	
	3-е сутки	15-е сутки
0 % пюре папайи (контроль)	(2,4±0,1) · 10 ⁶	(2,2±0,1) · 10 ⁶
5,0 % пюре папайи	(2,57±0,1) · 10 ⁷	(2,55±0,1) · 10 ⁷
7,0 % пюре папайи	(2,6±0,1) · 10 ⁷	(2,57±0,1) · 10 ⁷
9,0 % пюре папайи	(2,7±0,1) · 10 ⁷	(2,66±0,1) · 10 ⁷

Из таблицы 2 видно, что чем больше количество пюре папайи в образце, тем выше сохранялась жизнеспособность бифидобактерий; все образцы с пюре папайи имели большее количество бифидобактерий, чем контрольный образец без добавления пюре папайи. Можно сделать вывод, что пюре папайи в количестве (7,0±2,0) % оказывает положительное влияние на поддержание жизнеспособности бифидобактерий на примере бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* BGN4 и

пюре папайи рода *Carica papaya L.* может рассматриваться как пребиотик в составе низколактозной творожной массы с пюре папайи.

С целью выбора рациональной рецептуры для выработки низколактозной творожной массы с пюре папайи была проведена выработка образцов с разным содержанием рецептурных компонентов и проведена оценка их органолептических и физико-химических показателей. Эксперимент выполнен по плану двухфакторного трехуровневого эксперимента, где первый фактор (X_1) — доза пюре папайи в низколактозной творожной массе (варьируется от 5,0 % до 9,0 % с шагом 2,0 %), а второй фактор (X_2) – доза сахарозы в низколактозной творожной массе (варьируется от 3,0 % до 7,0 % с шагом 2,0 %). Исследование проведено с 9-ми экспериментальными образцами и контрольным – без пюре папайи и сахарозы. Результаты оценки сенсорных показателей лабораторных и производственных образцов творожной массы с пюре папайи в процессе хранения при температуре $(4,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$ представлены на рисунке 7.

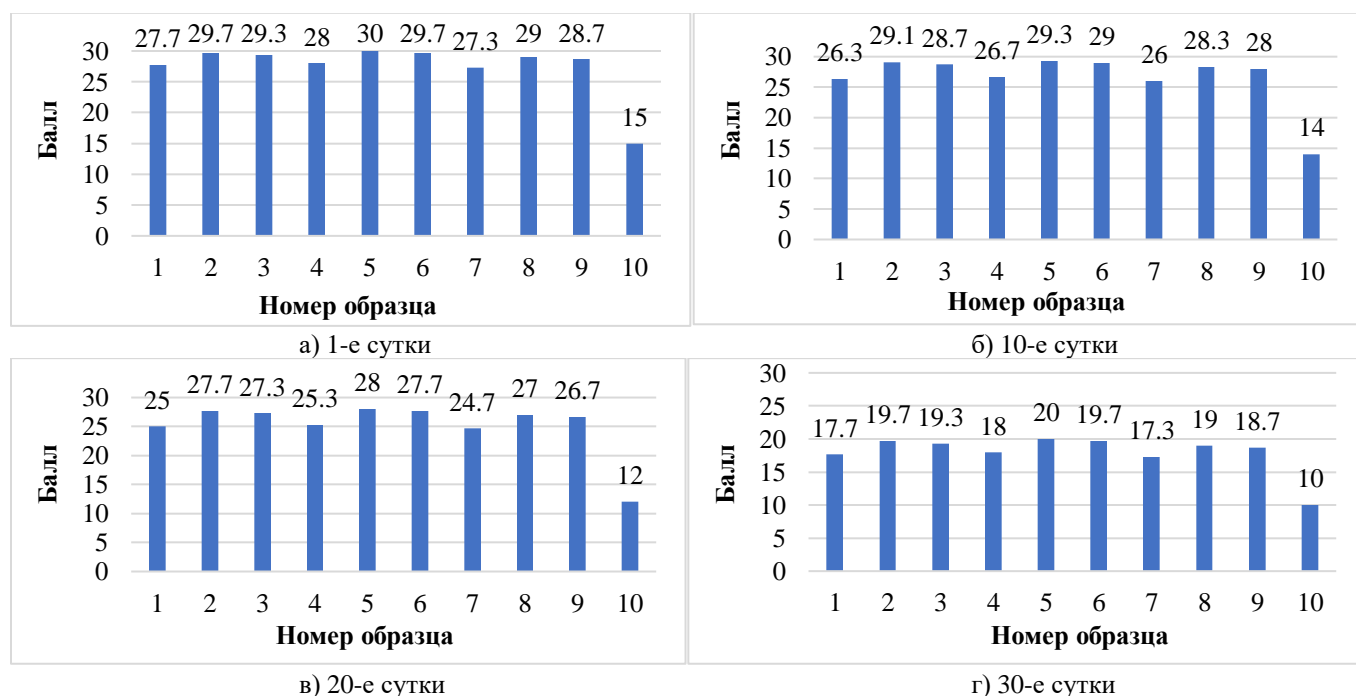


Рисунок 7 – Органолептическая оценка образцов низколактозной творожной массы с пюре папайи

Анализ результатов органолептической оценки во всех 4 временных точках показал, что наилучшими характеристиками обладал образец № 5 с 7,0 % пюре папайи и 5,0 % сахарозы, получивший максимальный балл 30,0 в первые сутки хранения. В 1-е сутки хранения самые низкие суммарные баллы были у образцов продуктов под № 1; 4 и 7, все они имели одинаковое содержание сахарозы – 3,0 %. Образцы с содержанием сахарозы 5,0 % и 7,0 % понравились дегустаторам практически в равной степени, это показывает, что сахароза улучшает вкус продукта.

На следующем этапе выбора рациональной рецептуры определяли физико-химические показатели выработанных образцов. Для этого в 10 образцах низколактозной творожной массы с пюре папайи определяли титруемую кислотность и влагоудерживающую способность. Полученные результаты на 1-е, 10-е, 20-е, 30-е сутки хранения продукта при температуре $(4,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$ представлены на рисунке 8 и 9.

Все образцы обладали хорошей влагоудерживающей способностью, они отделяли сыворотку в незначительном количестве. Образец № 5 имел титруемую кислотность в пределах нормы, его титруемая кислотность относительно остальных образцов умеренная и существенно не увеличивалась при хранении. Таким образом, образец № 5 (получивший наивысшую

органолептическую оценку) также обладал хорошей влагоудерживающей способностью и хорошей способностью к хранению в течение длительного времени.

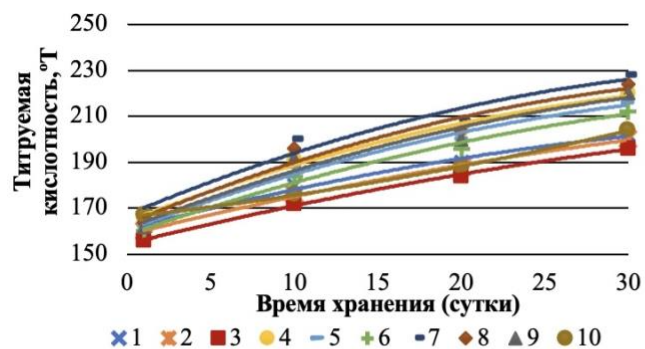


Рисунок 8 – Изменение титруемой кислотности образцов низколактозной творожной массы с пюре папайи в процессе хранения

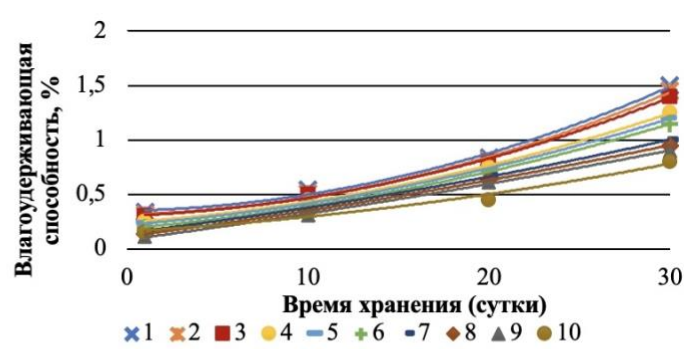


Рисунок 9 – Изменение влагоудерживающей способности образцов низколактозной творожной массы с пюре папайи в процессе хранения

В разработанной низколактозной творожной массе с пюре папайи определяли антиоксидантную активность (АОА), результаты представлены на рисунке 10. Видна следующая зависимость: чем больше пюре папайи в образце, тем выше антиоксидантная активность. Это связано с тем, что витамин А в папайе обладает антиоксидантной способностью, поэтому добавление пюре папайи в творожную массу придавало продукту это свойство. Образец № 5 имел антиоксидантную активность 33,84 мг ТЭ/ г сухих веществ.

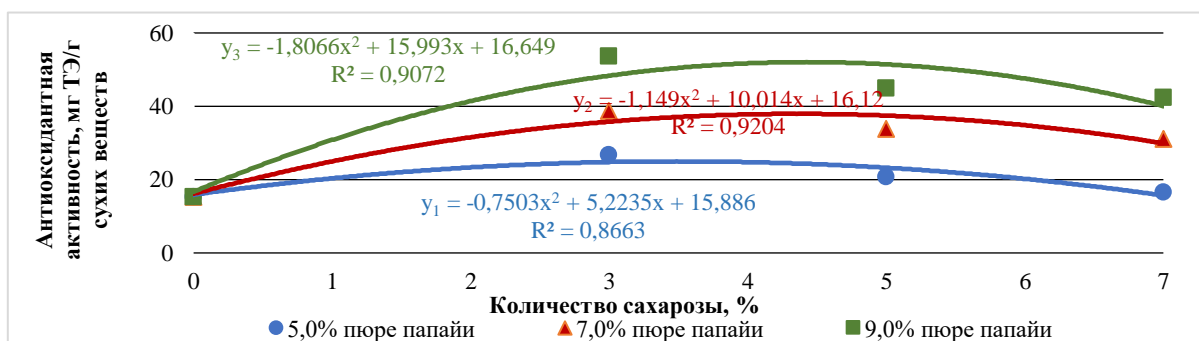


Рисунок 10 – Зависимость антиоксидантной активности (мг ТЭ/ г сухих веществ) образцов низколактозной творожной массы с пюре папайи от дозы пюре папайи и сахарозы

По результатам органолептической оценки, титруемой кислотности, влагоудерживающей способности и антиоксидантной активности 10 рецептур низколактозной творожной массы с пюре папайи была выбрана рецептура номер 5 с 7,0 % пюре папайи и 5,0 % сахарозы как обладающая наилучшей органолептической оценкой и отвечающая физико-химическим нормам продукта в соответствии с ТР ТС 033/2013 (Россия) и QCVN 20-1:2023/ВУТ (Вьетнам).

При разработке биотехнологической схемы использовалась базовая схема производства творога кислотно-сычужным способом. Особенностью разработанной биотехнологии производства низколактозной творожной массы с пюре папайи является то, что перед сквашиванием нормализованного молока проводят дополнительную стадию гидролиза лактозы в нормализованном молоке. После обезвоживания творожного сгустка сепарированием добавляют пюре папайи с сахарозой и бифидобактерии для получения низколактозной творожной массы с пюре папайи со свойствами синбиотика.

В результате разработана биотехнологическая схема производства синбиотической низколактозной творожной массы с пюре папайи, которая представлена на рисунке 11.

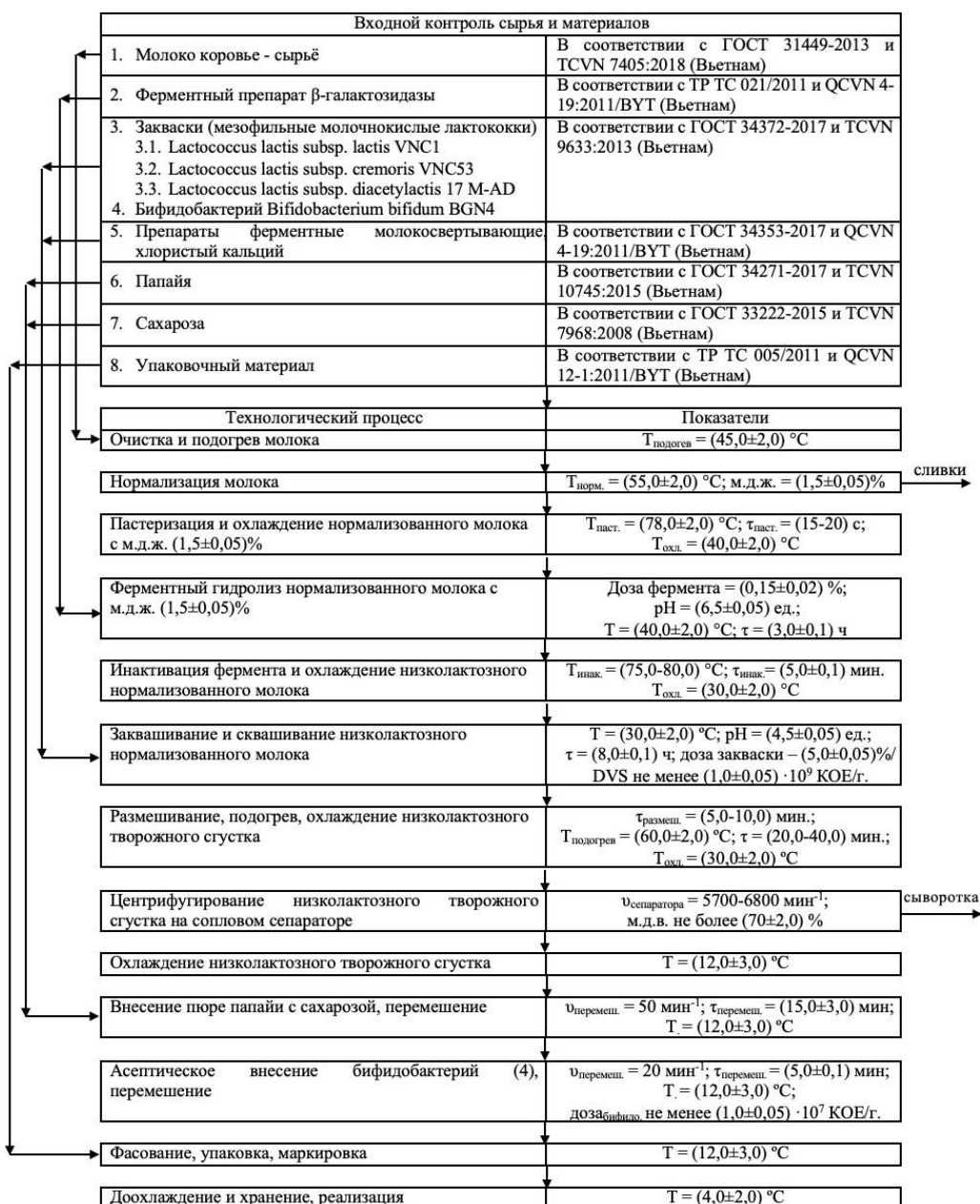


Рисунок 11 - Технологическая схема производства низколактозной творожной массы с шпоре папайи

Для обоснования сроков годности исследованы микробиологические показатели свежеработанных образцов, а также на 1-е, 10-е, 20-е сутки хранения творожной массы с шпоре папайи при температуре $(4,0 \pm 2,0) \text{ } ^\circ\text{C}$. Во всех трёх временных точках микробиологические показатели соответствовали нормативам ТР ТС 033/2013 (Россия) и QCVN 20-1:2023/ВУТ (Вьетнам) (рисунок 3).

Наряду с исследованием микробиологических показателей в процессе хранения низколактозной творожной массы с шпоре папайи определяли органолептические показатели. Показано, что с 20-х суток стали изменяться такие органолептические показатели, как запах и вкус низколактозной творожной массы; внешний вид, консистенция и цвет изменились в меньшей степени.

Результаты органолептических и микробиологических исследований позволяют определить срок годности продукта с учетом коэффициента запаса времени хранения. По МУК 4.2.1847-04, коэффициент резерва для скоропортящихся продуктов составил 1,3 при сроках годности до 30 суток

включительно. Срок годности низколактозной творожной массы с пюре папайи рассчитывался следующим образом: $20/1,3 = 15$ суток при $(4,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$.

Таблица 3 – Микробиологические показатели низколактозной творожной массы с пюре папайи

Показатель	Норма		Продукт в процессе хранения			
	по QCVN 20-1:2023/ВУТ*	по ТР ТС 033/2013	1-е сутки	10-е сутки	20-е сутки	
КМАФАнМ, КОЕ/ г (CFU/g)	$\leq 2,0 \cdot 10^4$	бифидобактерий и (или) других пробиотических микроорганизмов - не менее $1 \cdot 10^6$ в сумме				
Дрожжи, КОЕ/ г (CFU/g)			50,0	10,0	30,0	40,0
Плесени, КОЕ/ г (CFU/g)			50,0	0	10,0	10,0
БГКП (колиформы)	отсутствие в 1,0 г продукта	отсутствие в 0,1 г продукта	отсутствует	отсутствует	отсутствует	
Патогенные, в т.ч. <i>Salmonella</i>	отсутствие в 10,0 г продукта	отсутствие в 25,0 г продукта	отсутствует	отсутствует	отсутствует	
Стафилококки <i>S.aureus</i>	отсутствие в 1,0 г продукта		отсутствует	отсутствует	отсутствует	

* QCVN 20-1:2023/ВУТ - Вьетнамские стандарты 20-1:2023/Министерство здравоохранения Вьетнама

Проведенными микробиологическими исследованиями доказана обоснованность разработанной биотехнологической биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи, продукт имеет срок годности 15 суток при температуре $(4,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$ в герметичной упаковке, что полностью соответствует требованиям нормативных документов России и Вьетнама.

ГЛАВА 5 Исследования потребительских характеристик и показателей качества низколактозной творожной массы с пюре папайи

В данной главе представлены результаты исследования потребительских характеристик, показателей качества, пищевая и биологическая ценность разработанной продукции – низколактозной творожной массы с пюре папайи. Результаты определения органолептических показателей представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Органолептические показатели низколактозной творожной массы с пюре папайи

Показатель	Фактическое значение
Консистенция и внешний вид	Однородная, в меру вязкая, с наличием включений пюре папайи.
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный, сладкий привкус, с легким привкусом и запахом папайи.
Цвет	Белый с слабо-жёлтым оттенком, равномерный по всей массе и с наличием включений пюре папайи.

Из таблицы 4 видно, что органолептические параметры, включая цвет, запах, вкус, внешний вид и консистенцию низколактозной творожной массы с пюре папайи, хорошие. Установлено, что низколактозная творожная масса с пюре папайи имеет выраженные органолептические свойства, сформированные добавлением пюре папайи и сахарозы.

Далее определяли физико-химические показатели и антиоксидантную активность низколактозной творожной массы с пюре папайи. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические показатели и антиоксидантная активность низколактозной творожной массы с пюре папайи

Показатель	Фактическое значение
Титруемая кислотность, $^\circ\text{T}$	$162,0 \pm 5,0$
Активная кислотность, ед. рН	$4,45 \pm 0,1$
Окислительно-восстановительный потенциал, mV	$116,5 \pm 3,8$
Влагоудерживающая способность, %	$0,23 \pm 0,01$
Массовая доля сухих веществ, %	$36,6 \pm 1,5$
Антиоксидантная активность, мкг на 100г сухих веществ	$128,42 \pm 6,4$

По исследуемым микробиологическим показателям низколактозная творожная масса с пюре папайи соответствует требованиям безопасности согласно ТР ТС 033/2013 (Россия) и QCVN 20-1:2023/ВҮТ (Вьетнам) (глава 4). Количество молочнокислых бактерий и бифидобактерий было выше нормы в конце срока годности.

В низколактозной творожной массе с пюре папайи была определена её пищевая и биологическая ценность в сравнении с нормативными требованиями Вьетнамского национального института питания, которые представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Пищевая и энергетическая ценность низколактозной творожной массы с пюре папайи (содержание в 100г)

Название нутриента	Единица измерения	Рекомендуемая суточная норма потребления* на человека (для взрослых)	Значение	Удовлетворение суточной потребности в пищевых веществах и энергии, %
Калорийность	кКал	3000	180,31 ± 9,0	6,01 ± 0,3
Белки	г	60	14,26 ± 0,7	23,77 ± 1,1
Жиры	г	65	7,03 ± 0,3	10,82 ± 0,5
Углеводы	г	360	15 ± 0,7	4,17 ± 0,2
Пищевые волокна	г	25	0,59 ± 0,02	2,36 ± 0,1
Минеральные вещества, макроэлементы				
Кальций	мг	900	151,0 ± 7,5	16,78 ± 0,8
Натрий	мг	500	55,12 ± 2,7	11,02 ± 0,5
Калий	мг	2500	141,24 ± 7,0	5,65 ± 0,2
Минеральные вещества, микроэлементы				
Железо	мг	26,1	0,11 ± 0,005	0,42 ± 0,02
Медь	мкг	900	55,95 ± 2,7	6,22 ± 0,3
Цинк	мг	8,4	0,33 ± 0,01	3,93 ± 0,1
Витамины, водорастворимые				
Тиамин (В ₁)	мг	1,0	0,046 ± 0,002	4,6 ± 0,2
Рибофлавин (В ₂)	мг	1,2	0,18 ± 0,01	15 ± 0,7
Кобаламин (В ₁₂)	мкг	2,4	1,2 ± 0,06	50 ± 2,5
Аскорбиновая кислота (С)	мг	100	4,7 ± 0,2	4,7 ± 0,2
Витамины, жирорастворимые				
Витамин А	мкг	700	135 ± 6,7	19,29 ± 0,9

* По данным Вьетнамского национального института питания

Содержание незаменимых аминокислот белков низколактозной творожной массы с пюре папайи было рассчитано, и можно отметить, что белки низколактозной творожной массы с пюре папайи являются полноценными. Наибольший аминокислотный скор был обнаружен у фенилаланина и тирозина – (212,33±10,6) %, затем лизина – (154,36±7,7) % и лейцина – (154,14±7,7) %, коэффициенты утилитарности данных аминокислот равны 0,53±0,02; 0,726±0,03 и 0,727±0,03 ед., соответственно.

По результатам расчета интегральных показателей биологической ценности низколактозной творожной массы с пюре папайи получены следующие показатели: индекс незаменимых аминокислот - 1,45 ± 0,07; коэффициент утилитарности аминокислотного сора белков – (0,73 ± 0,03) д. ед.; коэффициент различия для аминокислотного сора – (35,06 ± 1,7) %; биологическая ценность – (64,94 ± 3,2) %. Из приведенных результатов можно сделать вывод, что низколактозная творожная масса с пюре папайи обладает высокой биологической ценностью.

Пищевая ценность низколактозной творожной массы с пюре папайи также оценивалась по интегральному скору. Анализ фактического рациона питания различных групп населения Вьетнама позволил определить интегральный показатель суточной потребности в низколактозной творожной массе с пюре папайи для удовлетворения 15,0 % суточной потребности в энергии и основных нутриентах для следующих детерминированных групп потребителей Вьетнама: для

детей - (125,0±25,0) г; подростков (250,0±25,0) г; пожилых людей - (210,0±25,0) г. Результаты представлены в виде диаграммы на рисунке 12.

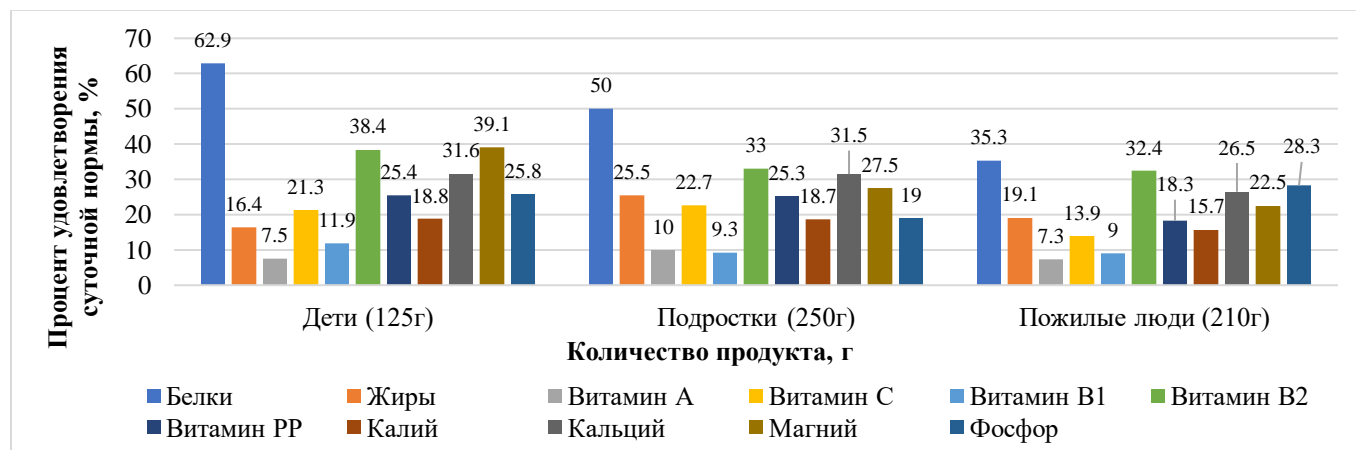


Рисунок 12 – Удовлетворенность суточной нормы по основным питательным веществам при употреблении низколактозной творожной массы с пюре папайи для обеспечения 15,0 % суточной потребности в энергии определенными группами потребителей во Вьетнаме с учетом рекомендаций Вьетнамского национального института питания

Сравнивая степень удовлетворения суточной потребности организма в рекомендуемых ВОЗ пищевых компонентах, т.е. интегральные scores, можно сделать вывод о том, что разработанная низколактозная творожная масса с пюре папайи богата белками, витаминами, минеральными веществами и пищевыми волокнами. Она обеспечивает (23,77±1,1) % суточной потребности в белке; (19,29±0,9) % витамина А; (15±0,7) % витамина В2; (50±2,5) % витамина В12 и (16,78±0,8) % суточной потребности в кальции, что очень актуально для населения Вьетнама, страдающего белково-энергетическим дефицитом рациона питания. Кроме того, низколактозная творожная масса с пюре папайи также обладают высокой биологической ценностью, обеспечивая потребителей качественными незаменимыми аминокислотами в больших количествах, особенно лейцином, лизином, фенилаланином и тирозином.

ГЛАВА 6 Оценка экономической эффективности разработанной биотехнологии

Оценку экономической эффективности разработанной биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи с синбиотическими свойствами определяли для условий производственной мощности молочного цеха в городе Ньячанг (Вьетнам) на предприятии АО «Kharharco». Для расчета использовали следующие показатели: суточная производительность продукции в натуральном выражении – 1,5 т/сут.; фонд рабочего времени – 255 дней; годовой объем производства – 382,5 т низколактозной творожной массы с пюре папайи в год; рентабельность 15 %.

На основании проведенных расчетов при годовом объеме производства 382,5 т низколактозной творожной массы с пюре папайи, ежегодная прибыль составит 25521,66 тыс. рублей, что соответствует 6627,93 млн. донгов (VND), или 66,81 тыс. руб на 1 т продукта, что соответствует 17,33 млн. донгов (VND) на 1 т продукта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) На основе анализа ассортимента и производственной базы молочной промышленности, сырьевых ресурсов плодоовощной промышленности Вьетнама, нутритивного статуса, изучения потребительских предпочтений различных возрастных групп для питания людей с непереносимостью лактозы, белково-энергетической недостаточностью, дисбактериозом во Вьетнаме сформулированы требования к синбиотическому продукту и обоснована актуальность разработки биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи.

2) Обоснованы выбор сырья, рецептурных компонентов: коровье молоко, пастеризованное пюре папайи с сахарозой; на основе анализа органолептических, физико-химических характеристик, антиоксидантной активности готового продукта разработана рациональная рецептура, включающая 7,0 % пюре папайи, 5,0 % сахарозы. Папайя обеспечивает вкус, консистенцию, проявляет пребиотические свойства к бифидо- и молочнокислым бактериям, снижает концентрацию свободной влаги в продукте за счет высокого содержания пищевых волокон, фруктозы.

3) Обоснован способ снижения массовой доли лактозы в молочной основе и подбор ферментного препарата для гидролиза лактозы в биотехнологии низколактозной творожной массы с пюре папайи. Для снижения лактозы на 80,0 % в готовом продукте предложено использовать препарат β -галактозидазы «Ha-Lactase-2100», установлены оптимальные режимы процесса: дозировка фермента ($0,15 \pm 0,02$) %; активная кислотность среды – ($6,5 \pm 0,05$) ед. рН; длительность процесса гидролиза ($3,0 \pm 0,1$) ч; температура гидролиза ($40,0 \pm 2,0$) °С.

4) Изучены и обоснованы вид, доза и соотношение заквасочных культур для получения низколактозного творога, а также внесение бифидобактерий в продукт. Для получения низколактозного творога подобрана закваска из штаммов *Lactococcus lactis subsp. lactis* VNC1, *Lactococcus lactis subsp. cremoris* VNC53, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis* 17 M-AD в соотношении 2:2:1 по объему суспензии; для обогащения творожной массы пробиотиком – бифидобактериями штамм *Bifidobacterium bifidum* BGN4. Рациональные режимы сквашивания: температура – ($30,0 \pm 2,0$) °С, продолжительность – ($8,0 \pm 0,1$) ч; доза закваски – ($1,0 \pm 0,05$) · 10⁹ КОЕ/г.

5) Разработана биотехнология низколактозной творожной массы с пюре папайи и проведена апробация в производственных условиях АО «Kharpharco», г. Ньячанг (Вьетнам). Разработанный низколактозный продукт имеет высокие органолептические показатели и пищевую ценность. Он обеспечивает суточную потребность: ($23,77 \pm 1,1$) % белков; ($19,29 \pm 0,9$) % витамина А; ($15 \pm 0,7$) % витамина В2; ($50 \pm 2,5$) % витамина В12 и ($16,78 \pm 0,8$) кальция на 100 г низколактозной творожной массы с пюре папайи.

6) Разработан комплект нормативной и технической документации ТУ 10.51.56-013-02068634-2023 «Низколактозная творожная масса. Технические условия», ТИ 10.51.56-013-02068634-2023 «Низколактозная творожная масса. Технологическая инструкция». Производство низколактозной творожной массы с пюре папайи высококорентабельно (15 %) и может быть предложено к освоению как в России, так и во Вьетнаме. При годовом объеме производства 382,5 т продукта, ежегодная прибыль составит 25,52 млн. рублей, что соответствует 6627,93 млн. донгов (VND) в ценах 2023 года.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статья в журнале, индексируемом в базе данных «Scopus»

1. Titov, E. I. Research of lactose hydrolysis depending on the type of the enzyme / E. I. Titov, N. A. Tikhomirova, **B. C. Nguyen** [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 июня 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 548. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 82040. – DOI 10.1088/1755-1315/548/8/082040.

Публикации в журналах, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ

2. Тихомирова, Н. А. Низколактозный кисломолочный продукт с растительными компонентами / Н. А. Тихомирова, З. В. Волокитина, **Б. Т. Нгуен** // Молочная промышленность. – 2020. – № 6. – С. 35-37.

3. Ионова, И. И. Технология низколактозного кисломолочного продукта с пюре папайи / И. И. Ионова, **Б. Т. Нгуен**, Н. А. Тихомирова // Молочная промышленность. – 2023. – № 2. – С. 48-50.

4. **Нгуен, Б. Т.** Папайя и её использование в функциональном питании для жителей Вьетнама / Б. Т. Нгуен, И. И. Ионова, Н. А. Тихомирова // Пищевая промышленность. – 2023. – № 7. – С. 66-70. – DOI 10.52653/PPI.2023.7.7.013.

Другие публикации

5. Тихомирова, Н. А. Низколактозные кисломолочные продукты / Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен** // Переработка молока. – 2020. – № 10 (252). – С. 10-12. – DOI 10.33465/2222-5455-2020-10-10-12.

6. Тихомирова, Н. А. Разработка низколактозного творожного продукта с папайей / Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен** // Health, Food & Biotechnology. – 2020. – Т. 2, № 3. – С. 33-39. – DOI 10.36107/hfb.2020.i3.s72.

7. Тихомирова, Н. А. Состояние и перспективы рынка специализированной низколактозной продукции / Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен** // Вестник Государственного социально-гуманитарного университета. – 2021. – № 4 (44). – С. 60-67.

8. **Нгуен, Б. Т.** Низколактозная творожная масса с растительными компонентами / Б. Т. Нгуен // Наука и Образование. – 2023. – Том 6 – № 2. – URL: <http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/5874>.

9. Ионова, И. И. Высокотехнологичные процессы в производстве детских продуктов на молочной основе: методические указания к лабораторным и практическим занятиям для студентов магистратуры по направлению 19.04.03 «Продукты питания животного происхождения» / И. И. Ионова, Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен**. – ФГБОУ ВО «МГУПП» – Москва, 2021. – 46 с.

Публикации в сборниках материалов конференций

10. **Нгуен, Б. Т.** Современный потребительский рынок низколактозных продуктов / Б. Т. Нгуен // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Цифровизация экономики: проблемы и перспективы». Коломна. – 2020. – С. 90-95.

11. **Нгуен, Б. Т.** Папайя и возможность использовать ее в производстве функциональных продуктов / Б. Т. Нгуен // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции : сборник статей Международной научно-практической конференции, Саратов, 12–13 марта 2020 года. – Саратов: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 229-231.

12. Тихомирова, Н. А. Характеристика ферментных препаратов для низколактозных продуктов / Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен** // Современная биотехнология: актуальные вопросы, инновации и достижения : Сборник тезисов Всероссийской с международным участием онлайн-конференции, Кемерово, 21 октября 2020 года / Под общей редакцией А. Ю. Просекова. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2020. – С. 159-160.

13. Тихомирова, Н. А. Производство низколактозных продуктов для экономической безопасности государства / Н. А. Тихомирова, **Б. Т. Нгуен** // Экономическая безопасность агропромышленного комплекса: проблемы и направления обеспечения : сборник научных трудов I Национальной научно-практической конференции, Киров, 26 февраля 2021 года. – Киров: Вятский государственный агротехнологический университет, 2021. – С. 69-73.

14. **Нгуен, Б. Т.** Анализ методов определения лактозы / Б. Т. Нгуен // Пищевые инновации и биотехнологии : сборник тезисов IX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии» в рамках III международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии», Кемерово, 17–19 мая 2021 года. Том 1. – Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2021. – С. 218-219.

15. **Нгуен, Б. Т.** Исследование потребительских свойств низколактозной творожной массы с папайей / Б. Т. Нгуен // Церевитиновские чтения - 2022 : материалы VIII Международной научно-практической конференции, Москва, 01 апреля 2022 года. – Москва: Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова, 2022. – С. 116-119.

16. **Нгуен, Б. Т.** Современная торговая политика производства и реализации специализированного питания / Б. Т. Нгуен // Торговля будущего: вызовы времени, концепции, стратегии и модели развития : Материалы Международной конференции - круглого стола к 115-й годовщине РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, 18 февраля 2022 года / Под общей редакцией А. Н. Столяровой, С. В. Панасенко. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – С. 99-102.

SUMMARY

Based on the assessment of the nutritional state of the population of Vietnam and the analysis of production and raw materials, a formulation and biotechnology of a synbiotic low-lactose and high-protein dairy product with plant components was developed for the population of Vietnam with lactose intolerance. Lactose intolerance is common in many parts of the world, including Vietnam. At the same time, the Vietnamese face the problem of vitamin A deficiency and protein-energy malnutrition. To solve these problems, a synbiotic low-lactose, high-protein dairy product with papaya puree has been developed. Papaya in combination with milk allows you to create a product with improved consumer and functional properties. The reduction of lactose in milk is achieved by enzymatic hydrolysis with a preparation produced by the yeast *Kluyveromyces fragilis* before fermentation. In addition, the product is enriched with the *Bifidobacterium bifidum* strain of bifidobacteria to enhance the probiotic properties. The objects of the study are papaya puree with yellow pulp *Carica papaya L.*, low-lactose curd mass with and without papaya puree, enzyme preparations of β -galactosidase, starter cultures and bifidobacteria. The nutritional value and the integral index are determined by calculation according to the recipe of low-lactose curd mass with papaya puree. A recipe and biotechnological low-lactose synbiotic curd mass with papaya puree, obtained from low-lactose curd by the acid-rennet method with dehydration of the curd clot on special curd separators, has been developed. The developed new product contributes to a growth in the consumption of fermented milk products, which improves the nutritional state of consumers and increases the efficiency of the use of dairy and plant resources.

РЕЗЮМЕ

На основе оценки нутритивного статуса населения Вьетнама и анализа производственных и сырьевых ресурсов разработана рецептура и биотехнология синбиотического низколактозного высокобелкового молочного продукта с растительными компонентами для населения Вьетнама с непереносимостью лактозы. Непереносимость лактозы распространена во многих частях мира, включая Вьетнам. В то же время вьетнамцы сталкиваются с проблемой дефицита витамина А и белково-энергетической недостаточностью. Для решения этих проблем был разработан синбиотический низколактозный высокобелковый молочный продукт с пюре папайи. Папайя в сочетании с молоком позволяет создать продукт с улучшенными потребительскими и функциональными свойствами. Снижение лактозы в молоке достигается путем ферментативного гидролиза препаратом, продуцируемым дрожжами *Kluyveromyces fragilis*, перед сквашиванием. Кроме того, продукт обогащен штаммом бифидобактерий *Bifidobacterium bifidum* для усиления пробиотических свойств. Объектами исследования были пюре папайи с желтой мякотью *Carica papaya L.*, творожная масса низколактозная с пюре папайи и без него, ферментные препараты бета-галактозидазы, заквасочные культуры и бифидобактерии. Пищевая ценность и интегральный показатель определяли расчетным путем по рецептуре низколактозной творожной массы с пюре папайи. Разработана рецептура и биотехнологическая низколактозной синбиотической творожной массы с пюре папайи, полученной из низколактозного творога кислотно-сычужным способом с обезвоживанием творожного сгустка на специальных творожных сепараторах. Разработанный новый продукт способствует увеличению потребления кисломолочных продуктов, что нутритивный статус потребителей, повышает эффективность использования молочных и растительных ресурсов.