

На правах рукописи



РАЗИНКОВА Татьяна Александровна

**ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОЛАКТОЗНОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ
ОСНОВЫ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ
ЗАМОРОЖЕННЫХ ДЕСЕРТОВ**

Специальность 05.18.04 – «Технология мясных, молочных и
рыбных продуктов и холодильных
производств»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

**Воронеж
2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Научный руководитель: **Попов Евгений Сергеевич**
доктор технических наук, доцент
(ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»).

Официальные оппоненты: **Машенцева Наталья Геннадьевна**
доктор технических наук, профессор,
(ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», профессор)

Каледина Марина Васильевна
кандидат технических наук, доцент
(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина).

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар**

Защита диссертации состоится «01» июля 2022 года в 13⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Д 212.035.04 на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» по адресу: 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, конференц-зал.

Отзывы (в двух экземплярах) на автореферат, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю диссертационного совета Д 212.035.04.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «ВГУИТ». Полный текст диссертации размещен в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ВГУИТ» www.vsuet.ru «07» апреля 2022 г.

Автореферат размещен в сети интернет на официальных сайтах: ВАК Минобрнауки РФ <https://vak3.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «ВГУИТ» <http://www.vsuet.ru> «28» апреля 2022 г, разослан «24» мая 2022 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук
Д 212.035.04, к.т.н., доцент



Е. В. Белокурова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Необходимость развития ассортимента низколактозных молочных продуктов, обусловлена увеличением количества потребителей с лактазной недостаточностью. Для снижения массовой доли лактозы в молочных продуктах разработаны различные ферментные препараты, гидролизующие лактозу. Разработка технологии низколактозных пробиотических кисломолочных продуктов актуальна особенно, так как пробиотики используются в качестве профилактических или реабилитационных продуктов в отношении новых вирусных инфекций, а дополнительное снижение массовой доли лактозы повышает их применимость. Данное исследование является важным научным аспектом реализации процесса биосинтеза пробиотических микроорганизмов при неоптимальных режимных параметрах на молочном субстрате, содержащем ферментный препарат и гидролизованную лактозу. Комплекс программных документов правительства РФ актуализирует исследования технологической науки в данном контексте.

Работа выполнялась в рамках плана госбюджетной научно-исследовательской работы кафедры сервиса и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «ВГУИТ» «Разработка ресурсосберегающих технологий хранения и переработки сельхозсырья» (№ гос. регистрации ГР 01201253867). Научное направление диссертационного исследования связано с государственной бюджетной НИР научно-образовательного центра «Живые системы»: «Развитие теоретических и практических основ наук о жизни в обеспечении рационального использования сельскохозяйственных биоресурсов и продовольственной безопасности».

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории и практики функциональных продуктов-эубиотиков внесли российские и зарубежные ученые: Антипова Л.В., Ардатская М.Д., Артюхова С.И., Гаврилова Н.Б., Дунченко Н.И., Забодалова Л.А., Казакова Н.В., Оленев Ю.А., Родионова Н.С., Соловьева Л.Н., Творогова А.А., Хамагаева И.С., Храпцов А.Г., Agarwal K. N., Baer, R.J., Baldwin K.A., Balthazar C.F., Gibson G.R., Goff D.H., Hartel R.W., Reid G., Tomar B.S., Yao M. и др.

Несмотря на сравнительно глубокую проработку научно-технологических аспектов производства низколактозных пробиотических пищевых форм, результаты, полученные в ходе аналитического обзора литературных источников, свидетельствуют о недостаточности экспериментальных данных, характеризующих процесс ферментативного гидролиза лактозы в комплексе с молочно-кислым брожением, реализуемым консорциумами пробиотических микроорганизмов.

Цель работы – разработка условий получения и применения низколактозной пробиотической основы в технологии замороженных десертов с включением растительного сырья.

В рамках поставленной цели решались следующие **задачи**:

- обобщить результаты информационно-патентного поиска и обосновать выбор рецептурных компонентов и стабилизаторов структуры, для получения пробиотических молочно-растительных замороженных десертов;

- установить влияние биосинтеза массы консорциумов пробиотических микроорганизмов и ферментного препарата на гидролиз лактозы, обосновать режимы процесса получения низколактозной пробиотической основы для замороженных десертов;

- исследовать изменения форм связи влаги в процессе ферментации молочной основы консорциумами пробиотических микроорганизмов в присутствии ферментного препарата при различных температурных режимах;

- установить закономерности формирования гетерогенных систем «газ-твердое тело-вода» на низколактозной молочно-растительной пробиотической основе со сбалансированным аминокислотным составом, установить параметры повышения их устойчивости с применением натуральных стабилизаторов структуры;

- исследовать реологические и функционально-технологические свойства низколактозной пробиотической молочно-растительной основы, изменение концентрации пробиотических микроорганизмов в активной форме на разных стадиях производства;

- обосновать рецептурно-компонентные решения низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов с натуральными компонентами – овощами, фруктами, ягодами, оценить их биопотенциал и потребительские свойства;

- разработать техническую документацию на производство низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов, провести промышленную апробацию, рассчитать экономическую эффективность предлагаемых технических решений.

Научная новизна. С учетом результатов информационно-патентного поиска, экспериментально доказана целесообразность создания низколактозных пробиотических молочно-растительных систем для замораживания, при одновременной реализации синтеза биомассы пробиотических микроорганизмов и ферментативного гидролиза лактозы.

На основе исследованных закономерностей гидролиза лактозы в среде биомассы консорциумов пробиотических микроорганизмов из числа *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*, *B. adolescentis*, *B.*

longum, *B. bifidum* при одновременном введении в систему ферментного препарата Biolactase L20 установлена возможность снижения концентрации лактозы до 0,85-0,90 % и достижения концентрации активных клеток не менее 10^8 КОЕ/см³ для каждого консорциума микроорганизмов.

Выявлены изменения фазового состояния влаги, закономерности повышения устойчивости гетерогенных структур «газ-твердое тело-вода» на основе пробиотической молочно-растительной основы в процессе фризирования и замораживания со степенью взбитости до 50-80%, устойчивостью при плавлении не менее 75-80 мин.

Методом дифференциально-термического анализа выявлены закономерности фазовых изменений влаги в низколактозных пробиотических системах, установлено возрастание доли связанной влаги в различных формах до 10-12% в процессе одновременного роста биомассы пробиотиков и ферментативного гидролиза лактозы.

Теоретическая и практическая значимость. Обоснованы рецептурные соотношения низколактозной пробиотической молочной основы со сбалансированным аминокислотным составом, стабилизаторов структуры и растительного сырья (пюре из свеклы, моркови, манго, маракуйи, кокоса, клубники, черной смородины, крыжовника) в рецептурах замороженных десертов для функционального питания с взбитостью 50-80%, устойчивостью к таянию до 80 мин, хранимостью не менее 6 мес.

Определены условия и технологические режимы производства новых низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов: концентрация ферментного препарата 10 ед/г, температура первой стадии ферментации 34-35⁰С, продолжительность 4-5 часов, второй - 38-40 ⁰С 5-6 часов, обеспечивающие содержание пробиотических микроорганизмов не менее 10^7 КОЕ/см³, лактозы не более 0,90 %.

Разработаны, апробированы на ряде предприятий и внедрены в условиях опытно-экспериментального производства НУПЦТИГ ВГУИТ технологии ассортимента низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов.

Результаты работы внедрены в учебный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлениям УГСН «Промышленная экология и биотехнологии». Экономический эффект производства низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов составляет 29,1 тыс. рублей на тонну продукта.

Методы и методология исследования. Методология диссертационного исследования базируется на известных естественнонаучных

законах и опыте современной отечественной и зарубежной науки. Включает в себя общенаучные и специальные методы исследования, математические, физико-химические, биохимические, микробиологические.

Научные положения, выносимые на защиту:

Условия и режимы проведения двухстадийного процесса получения низколактозной пробиотической основы с содержанием консорциумов *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* и *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* в концентрации не менее 10^8 КОЕ/см³ и массовой доли лактозы не более 0,90 % при введении в систему ферментного препарата Violactase L20.

Структурные, фазовые, пробиотические, функционально-технологические свойства низколактозных пробиотических молочно-растительных гетерогенных систем «газ-вода-твердое тело» и их изменения в процессе фризирования, замораживания, хранения.

Модифицированные технологии низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов, информационный банк функциональных, технологических, потребительских свойств.

Степень достоверности исследований. Основные результаты работы согласуются с данными современных источников информации по теме исследования, достоверность определяется требуемой повторностью экспериментов из серии опытов, статистической обработкой данных, широкой апробацией в научной общественности и производственных условиях. Результаты получены при использовании современных общенаучных и специальных методов исследования, включая математические, физико-химические, биохимические, микробиологические.

Экспериментальные исследования проводили в условиях НИЛ кафедры сервиса и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «ВГУИТ», центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективными проектами» Воронежского государственного университета инженерных технологий, а также испытательной лаборатории БУ ВО «Воронежская областная ветеринарная лаборатория» (г. Воронеж).

Апробация результатов. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в научных изданиях, доложены и обсуждены на международных, всероссийских семинарах и конференциях: III Международная научно-практическая конференция «Инновации в индустрии питания и сервисе» (Краснодар, 2018); Международная научно-техническая конференция, посвященная 90-летию технологического факультета ВГУИТ «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений»

(Воронеж, 2019); VI Международная научно-техническая конференция «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» (Воронеж, 2019); «LVII отчетная научная конференция преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2018 год» (Воронеж, 2019); «Инновации в индустрии питания и сервисе» (Краснодар, 2020); «XIII научная медико-педагогическая конференция с межрегиональным участием «Физическая культура в контексте формирования культуры здоровья, воспитания патриотизма и толерантности» (Воронеж, 2020); «LIX отчетная научная конференция преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2020 год» (Воронеж, 2021); VIII международная научно-практическая конференция «Современные достижения биотехнологии. Глобальные вызовы и актуальные проблемы переработки и использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса России (Ставрополь, 2021), «VII Международная научно-практической конференции «Биотехнология: взгляд в будущее»» (Ставрополь, 2021).

Разработанные низколактозные пробиотические молочно-растительные замороженные десерты неоднократно были представлены на региональных, межрегиональных, всероссийских выставках, награждены дипломами: «Агропромышленный конгресс» (Воронеж, 2021), «Изобретения и инновации» (Воронеж, 2018-2019), «Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение» (Воронеж, 2019), «Здравоохранение» (Воронеж, 2016, 2017), Международная выставка изобретений и инноваций имени Н.Г. Славянова (Воронеж, 2019, 2020).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертационная работа соответствует пунктам 2, 4, 7 паспорта специальности 05.18.04 – «Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в т. ч. 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 статьи в журналах, включенных в базы данных WOS и Scopus и 9 тезисов докладов, сделанных на конференциях разного уровня, получен 1 патент РФ № 2619189.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов по основным результатам работы, списка используемых источников из 233 наименований, в том числе 77 на иностранных языках, приложений, представлена на 261 страницах машинописного текста, содержит 30 таблиц, 69 рисунков, 9 приложений на 80 страницах.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, автором лично проведен поиск и анализ информации по изучаемой проблеме, обоснован выбор направления исследований, осуществлена постановка и выполнение основной части экспериментов.

Разинковой Т.А. проведено комплексное исследование закономерностей процесса гидролиза лактозы с применением ферментного препарата при одновременном ферментировании молочной среды биомассой консорциумов пробиотических микроорганизмов, выявлены закономерности повышения устойчивости гетерогенных структур в процессе фризирования и замораживания, разработан рецептурный состав и технологии низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов.

Автором разработана техническая документация на новые низколактозные пробиотические замороженные десерты, проведена работа по патентованию разработок, апбации и внедрению разработанных технологий в производство.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость выполненных исследований, изложены основные положения, представляемые к защите.

В первой главе «Анализ состояния и перспективы разработки технологии низколактозных пробиотических пищевых систем» на основании результатов патентно-информационного поиска систематизированы и обобщены сведения о сегментации и тенденциях развития рынка и потребительских предпочтениях населения в области низколактозных продуктов питания, мороженого и замороженных десертов, а также показана актуальность расширения ассортимента пробиотических пищевых систем повышенной функциональности. Рассмотрены современные направления применения технологий ферментативного гидролиза лактозы с включением ферментных препаратов и молочно-кислого брожения. Проведен анализ основных технологических аспектов производства замороженных молочно-растительных десертов. Проведена оценка биологического потенциала сырьевых источников для разработки рецептур низколактозных пробиотических замороженных десертов: овощи (свекла, морковь), фрукты (кокос, манго, маракуйя), ягоды (клубника, черная смородина, крыжовник) и заменителей молока на растительной основе.

Во второй главе «Организация эксперимента, объекты и методы исследований» приведена структурно-логическая схема исследо-

ваний (рисунок 1), описаны основные объекты, исследуемые показатели и методы их определения.

Объектами исследований являлись: универсальные базы для производства мороженого «Трирапидо 50» (ТУ 9299-81-18256266-2015), «Америка 50» (Италия) и «Антарес 5» (Испания), сухой соевый заменитель молока (ТУ 9199-004-58706216-10), свекольное пюре, морковное пюре (ТК, Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания, 2021 г), клюква сушеная (ГОСТ 32742-2014), вишня сушеная (ГОСТ 32896-2014), кокосовое пюре (ГОСТ 32742-2014), конфитюры и джемы деликатесные (манго, черная смородина, клубника, крыжовник) (ТУ 9168-001-41646814-2003), пюре из маракуйи (ГОСТ 32742-2014). В качестве стабилизаторов структуры применяли агар-агар (ГОСТ 16280-2002).

В ходе выполнения экспериментальных работ объектами исследований являлась низколактозная пробиотическая основа с включением биомасс консорциумов пробиотических микроорганизмов, содержащих *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* или *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum*, а также замороженные десерты, разработанные на базе полученной низколактозной пробиотической основы, с различными наполнителями – овощными, фруктовыми, ягодными.



Рисунок 1 - Структурно-логическая схема исследований

Основная часть методических, теоретических, экспериментальных исследований и технологических разработок проводилась в научно-учебно-производственном центре технологий индустрии гостеприимства ВГУИТ, в научно-исследовательских лабораториях кафедр ФГБОУ ВО «ВГУИТ», в центре коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективными проектами» ВГУИТ. Отдельные экспериментальные исследования проводились в аккредитованной лаборатории - Бюджетное учреждение Воронежской области «Воронежская областная ветеринарная лаборатория».

С применением соответствующих ГОСТ и МУ в лабораторных и производственных условиях проводили отбор проб и подготовку их к анализу, определение температуры и массы продукта, массовой доли жира, белка, микробиологических показателей, титруемой и активной кислотности (рН), органолептических показателей продуктов. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля, массовую долю жира – методом Сокслета, микроструктуру – методом микроскопии с помощью электронного микроскопа JSM-6380LV. Исследование степени взбитости (%) образцов проводили в соответствии с рекомендациями Оленева Ю.А. Основные реологические показатели пробиотических молочно-растительных систем определяли на ротационном вискозиметре «DV2T». Аминокислотный состав образцов определяли методом ионообменной хроматографии с применением автоматического анализатора аминокислот AAA-339. Определение минерального состава объектов проводили с применением пламенного атомно-абсорбционного спектрометра AAS-1N «CarlZeiss» (Германия).

Определение витаминного состава объектов проводили с применением методов высокоэффективной жидкостной хроматографии и спектрофотометрии. Экспериментальное исследование состояния влаги осуществляли методом дифференциально-термического анализа с помощью прибора синхронного термического анализа (ТГ-ДТА/ДСк), модель STA 449 F3 Jupiter.

Графические зависимости реализованы в Компас-График и Microsoft Excel.

В третьей главе «Обоснование условий снижения массовой доли лактозы» приведены результаты экспериментальных исследований процесса ферментативного гидролиза лактозы с применением ферментного препарата Biolactase L20, консорциумов пробиотических микроорганизмов и их сочетанного действия при реализации двухстадийного способа.

Необходимость экспериментального исследования условий комбинирования ферментативного и микробного гидролиза лактозы обу-

словлена различием температурных оптимумов роста биомассы пробиотических микроорганизмов и действия ферментного препарата Biolactase L20. Первый составляет 38-40 °С, второй – 30-36 °С.

С целью выявления степени влияния уровня «не оптимальности» термических условий на развитие пробиотических микроорганизмов, термостатирование проводили в интервале не оптимальных для культивирования бактерий температур – 30-38°С в течение 16-18 часов до достижения концентрации активных клеток в диапазоне 10⁶-10⁷ КОЕ/см³. В процессе ферментации фиксировали изменение активной и титруемой кислотности – показателей активности синтеза молочной кислоты микроорганизмами. В качестве контрольного образца исследовали образцы обезжиренного молока, в которые вносили исследуемые консорциумы лакто – или бифидобактерий, термостатированные при оптимальном для развития микроорганизмов температурном режиме - 38 °С (рисунок 2.).

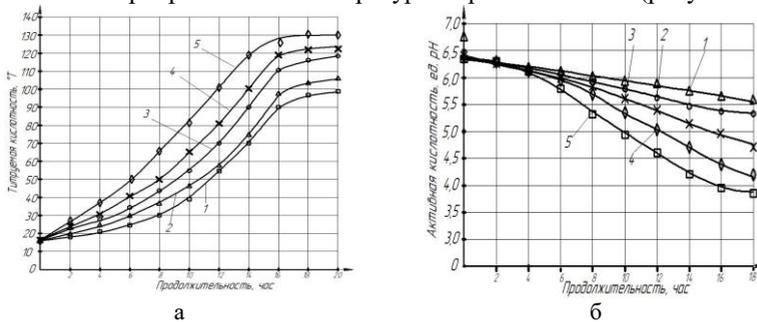


Рисунок 2 -Изменение титруемой (а) и активной (б) кислотности при ферментации молочной среды консорциумом *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L.acidophilus* при различных температурных режимах, °С: 1 – 30, 2 – 32, 3 – 34, 4 – 36, 5 – 38 (контроль)

Установлено, что процесс достижения целевых значений титруемой и активной кислотности при температурах ниже 38 °С значительно замедляется. Завершение экспоненциальной фазы развития микроорганизмов в опытных образцах консорциумов лакто – и бифидобактерий зафиксировано по истечении 16 и 17 часов термостатирования. Титруемая кислотность при температурах 34-36 °С (оптимальных для действия фермента) в образцах с консорциумом лактобактерий возросла до 110-118°С, с консорциумом бифидобактерий – до 98-110°Т. Значения активной кислотности составили 4,4-4,9 и 4,3-4,7 ед. рН. Полученные данные свидетельствует о наличии достаточной метаболической активности пробиотических микроорганизмов при культивировании в данных условиях.

Динамика снижения массовой доли лактозы при ферментации молочной среды консорциумом лакто- и бифидобактерий в присутствии фермента Biolactase L20 в диапазоне температур 30–38⁰С, представлена на рисунке 3.

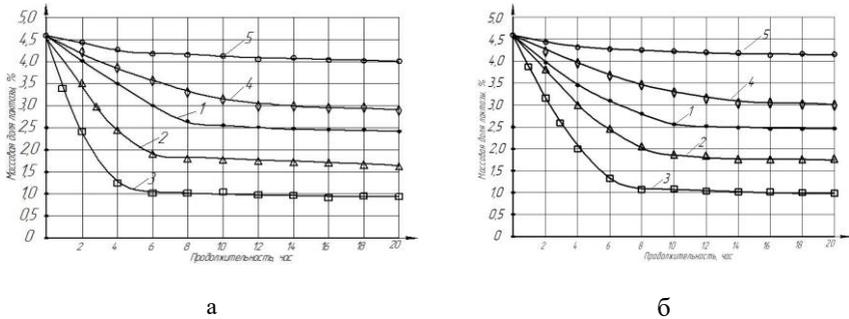


Рисунок 3 - Изменение массовой доли лактозы при сквашивании молочной среды консорциумом а) *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* б) *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* в присутствии фермента Biolactase L20 при различных температурных режимах: 1 – 30⁰С, 2 – 32⁰С, 3 – 34⁰С, 4 – 36⁰С, 5 – 38⁰С

Полученные результаты свидетельствуют, что максимальное снижение массовой доли лактозы при ферментации молочной среды консорциумами лакто- и бифидобактерий в присутствии фермента Biolactase L20 наблюдается при 34⁰С для обоих консорциумов, массовая доля лактозы в системе составила 0,95% и 1,0 % соответственно. Длительность процесса составила 6 часов при ферментации молочной среды консорциумом лактобактерий и 8 часов при ферментации молочной среды консорциумом бифидобактерий. Концентрация клеток пробиотических микроорганизмов в активной форме достигает значений 10³КОЕ/см³, и соответствует реализации лаг-фазы процесса культивирования бактериальной биомассы.

Сравнение результатов проведенных экспериментов показало, что при одновременной реализации гидролиза лактозы препаратом Biolactase L20 и ферментами исследуемых пробиотических микроорганизмов наблюдается более эффективное снижение концентрации лактозы.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности проведения двухстадийного процесса ферментации молочной среды на основе комбинирования термических условий, оптимальных для действия ферментного препарата и для развития консорциумов пробиотических микроорганизмов (рисунок 4).

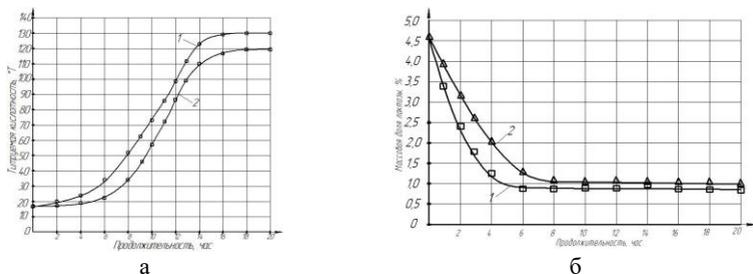


Рисунок 4 – Изменение титруемой кислотности (а) и массовой доли лактозы (б) при ферментации молочной среды консорциумом *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*(1), *Str. thermophilus*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* (2) в присутствии фермента Biolactase L20 при двухстадийной реализации процесса

Установлено, что в первые 5-8 часов процесса ферментации при температуре 34 °С в присутствии ферментного препарата происходит интенсивный гидролиз лактозы до концентрации 1,8-2,0 %. Диапазон возрастания значений титруемой кислотности составляет при этом 18-60 °Т и понижения активной кислотности до 5,5-6,3 ед. рН. При дальнейшем увеличении температуры до 38 °С зафиксирован активный темп развития биомассы исследуемых микроорганизмов до значений 10⁸ КОЕ/см³, возрастание титруемой кислотности до 120-130 °Т и снижение активной кислотности до 3,8-4,0 ед. рН. Массовая доля лактозы по окончании процесса составляла 0,85-0,90 %, что позволяет отнести полученные системы к низколактозным молочным продуктам.

В четвертой главе «Проектирование компонентного состава низколактозной пробиотической молочно-растительной основы для производства замороженных десертов» приведены результаты исследований по оптимизации аминокислотного состава низколактозной пробиотической кисломолочной основы, обоснованию композиционного состава, подбору стабилизатора низколактозной пробиотической молочно-растительной основы с оценкой свойств в процессе фризирования.

Проведена оптимизация аминокислотного состава низколактозного пробиотического кисломолочного продукта посредством комбинирования с сухим соевым заменителем молока в соотношении 3,5:1, что позволило повысить совокупную степень сбалансированности состава незаменимых аминокислот бинарной смеси. Наибольшей коррекции скоров подверглись следующие незаменимые аминокислоты - валин, изолейцин, лейцин, лизин в диапазоне 22-30 %. Численные значения коэффициентов утилитарности и сопоставимой избыточности в оптимизированной низколактозной пробиотической молочно-растительной

основе составили 0,80 и 3,1 соответственно.

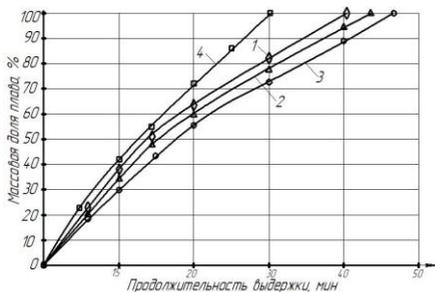


Рисунок 5 – Устойчивость к таянию низколактозной пробиотической молочно-растительной основы с содержанием консорциума *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* для универсальных сухих смесей: 1 – «Америка 50»; 2 – «Антарес 5»; 3 – «Трирапидо 50»; 4 – контроль

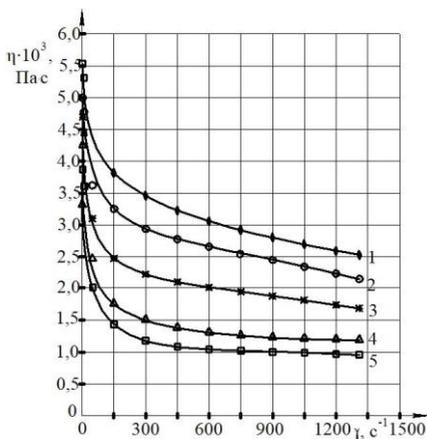


Рисунок 6 – Зависимость динамической вязкости от скорости сдвига низколактозной пробиотической молочно-растительной основы с содержанием консорциума *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* со стабилизатором агар-агар при температурах: 1 – 267 К; 2 – 269 К; 3 – 271 К; 4 – 273 К; 5 – 275 К

Установлено, что введение в состав низколактозной пробиотической молочно-растительной основы универсальной сухой смеси «Трирапидо 50» в количестве не более 5 %, обеспечивает повышение взбитости воздушной фазы на 30-33 %, продолжительности таяния на 13-16 мин (рисунок 5), количество химически связанной влаги составляет не менее 9,5 %.

Доказано, что наиболее эффективным стабилизатором в составе низколактозной пробиотической молочно-растительной основы является агар-агар в концентрации не более 0,7 %. Введение данного стабилизатора обеспечивает взбитость воздушной фазы на уровне не менее 78-80 %, продолжительность таяния составляет не менее 76-78 мин. Выявлено, что при значениях скорости сдвига до 750 с^{-1} низколактозная пробиотическая молочно-растительная основа обладает свойствами псевдопластичных систем, индекс течения составляет 0,16-0,32 (рисунок 6). В интервале скорости сдвига от 750 с^{-1} до 1500 с^{-1} проявляет свойства ньютоновских жидкостей, с динамической вязкостью в диапазоне $0,9 \cdot 10^{-3}$ - $2,6 \cdot 10^{-3}$ Па·с, касательное напряжение составляет 0,65-2,85 Па.

Анализ микроструктуры замороженной десертной композиции показал, что средние значения диаметров воздушных пузырьков и кристаллов льда варьируются в диапазоне 20-35 и 7-10 мкм соответственно. Полученные данные свидетельствуют о формировании мелкокристаллической структуры, что положительно сказывается на органолептических показателях продукта. Установлено, что процесс фризирования низколактозной пробиотической молочно-растительной основы приводит к снижению концентрации молочнокислых и пробиотических микроорганизмов до значений не менее 10^7 КОЕ/см³.

В пятой главе «Разработка технологий производства низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов» изложены результаты разработки рецептурно-компонентных решений низколактозной пробиотической молочно-растительной основы для производства замороженных десертов на ее основе: с овощными, фруктовыми, ягодными наполнителями, а также проведена оценка потребительских свойств полученных десертов.

На основе анализа органолептических показателей опытных образцов низколактозной пробиотической молочно-растительной основы установлено наличие приятного кисломолочного вкуса и запаха, однородной консистенции, без ощутимых комочков стабилизатора и белковых сгустков. Массовая доля сухих веществ находится на уровне не менее 26 %.

Разработанная низколактозная пробиотическая молочно-растительная основа хорошо сочетается с овощными, ягодными, фруктовыми наполнителями, что особенно актуально при разработке технологий замороженных десертов (таблица 1).

Таблица 1 – Рецептуры низколактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов с ягодным пюре/джемом

Наименование компонента	Содержание компонента, г/100		
	с клубничным джемом	с джемом из черной смородины	с пюре крыжовника красного
Низколактозная пробиотическая молочно-растительная основа	73	75	75
Клубничный джем	27	-	-
Джем из черной смородины	-	25	-
Пюре из крыжовника красного	-	-	25
Итого	100	100	100

Разработанные низколактозные пробиотические молочно-растительные замороженные десерты имели приятный кисломолочный вкус, с привкусом и ароматом вносимого наполнителя, цвет обусловлен вводимым наполнителем, консистенция однородная, плотная, без осути- мых кристаллов льда.

Оценка витаминного и минерального состава свидетельствует об улучшенных потребительских свойствах разработанных низколактоз- ных пробиотических замороженных десертов. Являются источником витаминов – А, С, D, В₉ и макро – и микроэлементов -К, Са, Mg, Na, P, Mn, Cu, Se, F, Zn, что свидетельствует о возможности их внедрения на предприятиях отрасли организации питания при лечебных, спортивно- оздоровительных, санаторно-курортных и иных социальных объектов.

Установлено, что при включении в состав углеводной фракции овощного, ягодного или фруктового сырья, формоустойчивость низ- колактозных пробиотических молочно-растительных замороженных десертов выше, чем у контрольного образца, который по истечении 40 мин полностью растаял. Опытные образцы растаяли частично, десерт- ные композиции характеризовались однородной структурой. Полу- ченные данные позволяют рассчитать и прогнозировать скорость тая- ния низколактозных пробиотических десертных композиций, варьи- рующуюся в зависимости от компонентного состава. В опытных об- разцах скорость таяния понизилась в 1,6-3,5 раза по сравнению с кон- трольным образцом.

Выявлена сохранность высокой концентрации пробиотических микроорганизмов в процессе хранения до 6 месяцев в количестве не менее 10^6 КОЕ/см³, что свидетельствует о логистических преимуще- ствах разработанных продуктов питания и возможности транспортиров- ки в удаленные от сырьевых источников районы без существенной по- тери качества.

Разработанные низколактозные пробиотические замороженные десерты экспонировались на выставках и смотрах-конкурсах различного уровня, отмечены дипломами и благодарностями. Разработанная техно- логия апробирована и внедрена в производственных условиях, разрабо- тана техническая документация.

Разработанные технологии апробированы и внедрены в научно- учебно-производственном центре ВГУИТ, на ряде предприятий (ООО «Мольто Буоно», ООО «Тет-А-Тет», ИП Корыстин М.И.), разработана техническая документация (СТО-02068108-009-2019 «Десерт пробиоти- ческий замороженный»). Экономический эффект производства разрабо- танных продуктов составляет 29,1 тыс. рублей на тонну продукта.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Обоснованы режимы двух стадийного процесса ферментации молочной среды консорциумами *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* и *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* в присутствии ферментного препарата Biolactase L20, обеспечивающего получение низколактозной пробиотической кисломолочной основы с массовой долей лактозы до 0,85-0,90 %, концентрацией пробиотических микроорганизмов не менее 10^8 КОЕ/см³.

2. Научно обоснован выбор и соотношение рецептурных компонентов для производства ассортимента замороженных пробиотических молочно-растительных овощных, ягодных, фруктовых десертов с оптимизированным аминокислотным составом с содержанием пробиотических микроорганизмов не менее 10^7 КОЕ/см³, взбитостью 50-80 %.

3. Установлено снижение до 5,45 и 4,04 % массовой доли свободной и адсорбционно-связанной влаги, а также возрастание до 7,55 % массовой доли химически-связанной влаги при ферментации молочной основы консорциумами лакто – и бифидобактерий в присутствии ферментного препарата Biolactase L20, в интервале температур 30 -38⁰С.

4. Доказана возможность повышения устойчивости низколактозных пробиотических молочно-растительных гетерогенных систем «газ-вода-твердое тело» к плавлению в диапазоне 76-78 мин, с применением стабилизатора структуры агар-агар в концентрации не более 0,7 %.

5. Установлено, что в диапазоне скоростей сдвига до 750 с⁻¹ низколактозная пробиотическая молочно-растительная основа характеризуется как псевдопластичная система с индексом течения 0,16-0,32, в интервале скорости сдвига от 750 с⁻¹ до 1500 с⁻¹, проявляются свойства ньютоновских жидкостей с вязкостью 0,27-2,52·10⁻³ Па·с, величиной касательного напряжения 0,65-2,85 Па.

6. Выявлено, что в процессе фризирования и последующего хранения при температуре минус 18-24 ⁰С в течение 6 месяцев концентрация активных форм пробиотических микроорганизмов консорциумов *Str. thermophilus*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. acidophilus* и *Str. thermophiles*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. bifidum* сохраняется в количестве не менее 10^6 КОЕ/см³.

7. Разработаны и апробированы в производственных условиях рецептурно-компонентные решения, проведена оценка биопотенциала и

потребительских свойств новых низколактозных пробиотических замороженных десертов с овощами, фруктами, ягодами, с содержанием лактозы не более 0,85-0,90 %, разработана техническая документация, экономический эффект составляет 29,1 тыс. рублей на тонну продукта.

**Список наиболее значимых работ,
опубликованных по материалам диссертации.
Статьи в журналах, рецензируемых ВАК Минобрнауки РФ**

1. Экзополисахаридная активность пробиотических микроорганизмов при разных режимах ферментации / Н.С. Родионова, **Т.А. Разинкова**, К.К. Полянский, Е.С. Попов, Н.А. Родионова, К.Ю. Зарубина, А.А. Аклуниц// Молочная промышленность.-2020.- № 4. – С. 28-30.

2. Анализ рынка пробиотических продуктов: преимущества и тенденции/ Н.С. Родионова, **Т.А. Разинкова**, И.П. Щетилина, И.А. Карапузова// Экономика и предпринимательство.-2018.-№ 7 (96).-С. 1153-1160.

3. Низкокалорийные синбиотические замороженные десерты/ К.К. Полянский, Н.С. Родионова, **Т.А. Разинкова**, Е.С. Попов, Д.И. Матвеев, А.О. Рудиченко, К.Ю. Зарубина, А.А. Аклуниц// Молочная промышленность.-2020.- № 2. – С. 58-60.

4. Дифференциально-термический анализ в оценке экзополисахаридной активности консорциумов пробиотических микроорганизмов/ Попов Е.С., Родионова Н.С., **Разинкова Т.А.**, Родионов А.А.// Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология.- 2018. – Т. 8. - № 4. – С. 95-105.

5. Гидролиз лактозы при совместном действии фермента и пробиотических микроорганизмов / Родионова Н.С., **Разинкова Т.А.**, Попов Е.С., Орлова К.Ю., Полянский К.К. // Молочная промышленность.-2021.- № 10. – С. 36-37.

6. Синтез микробных биополимеров пробиотическими микроорганизмами / Родионова Н.С., Попов Е.С., Захарова Н.А., **Разинкова Т.А.**, Шолин В.А., Замбрицкая И.В. // Молочная промышленность.-2021.- № 11. – С. 34-36.

7. Исследование процесса культивирования биомассы консорциума пробиотических микроорганизмов в присутствии ферментного препарата Biolactase L20 / Е.С. Попов, Т.А. Разинкова, Н.А. Захарова, В.А. Шолин, Б.А. Власенко // Пищевая промышленность.-2021.- № 9. – С. 47-48.

Статьи в зарубежных журналах, входящих в базу цитирования Scopus

8. Investigation of the process of exopolysaccharides synthesis by lacto – and bifidobacteria consortium in the dairy environment/ E.S. Popov, N.S. Rodionova, **Т.А. Разинкова**//Materials 19 International multidisciplinary scientific Geoconference SGEN. – 2019. – Vol. 19. -pp. 777-784.

9. Экзополисахаридная активность пробиотических микроорганизмов при разных режимах ферментации / Н.С. Родионова, **Т.А. Разинкова**, К.К. Полянский, Е.С. Попов, Н.А. Родионова, К.Ю. Зарубина, А.А. Аклунц//Молочная промышленность.-2020.- № 4. – С. 28-30.

Статьи и материалы конференций

10. Маркетинговые исследования потребительских мотиваций и анализ сегмента рынка пробиотических продуктов питания/ Н.С. Родионова, И.П. Щетилина, **Т.А. Разинкова**// Электронный сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Инновации в индустрии питания и сервисе», посвященной 100-летию ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». Краснодар. -2018.-С. 585-589.

11. Исследование активности пробиотических микроорганизмов в замороженных низкокалорийных десертах/ Е.С. Попов, **Т.А. Разинкова**, Е.С. Певцова, А.В. Машнева// Сборник статей Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию технологического факультета ВГУИТ «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений». – Воронеж: ВГУИТ, 2019. - С. 149-153.

12. Оценка показателей качества низкокалорийных синбиотических замороженных десертов/ **Т.А. Разинкова**, Е.С. Попов, И.П. Щетилина, К.Ю. Зарубина, Н.А. Родионова// Сборник материалов VI Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство». – Воронеж: ВГУИТ, 2019. - С. 342-347.

13. Влияние растительных компонентов на структурные и органолептические характеристики пробиотического мороженого / Родионова Н.С., Попов Е.С., **Разинкова Т.А.**/В сборнике: Инновации в индустрии питания и сервисе. электронный сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2020. С. 24-26.

14. Исследование антиоксидантной активности пробиотической микрофлоры / Е.С. Попов, Н.В. Тычинин, **Т.А. Разинкова**, А.В. Машнева // Сборник материалов XIII научной медико-педагогической кон-

ференции с межрегиональным участием « Физическая культура в контексте формирования культуры здоровья, воспитания патриотизма и толерантности/ Под редакцией В. М. Суханова. Воронеж- 2020. -С. 237-239.

15. Научное обоснование и разработка технологии низколактозных пробиотических замороженных десертов/ **Т.А. Разинкова**, Е.С. Попов // Материалы LIX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2020 год [Текст] : В 3 ч. Ч. 1. / под ред. О.С. Корнеевой; Воронеж.гос. ун-т инж. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2021. – 134.

16. Разработка технологии низколактозного ферментированного пробиотического продукта / Н.С. Родионова, **Т.А. Разинкова**, Е.С. Попов, Б.А. Власенко, В.А. Шолин // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Современные достижения биотехнологии. Глобальные вызовы и актуальные проблемы переработки и использования вторичных сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса России». – Ставрополь: «Бюро новостей», 2021. – С. 261-265.

17. Исследование процесса получения низколактозных пробиотических пищевых систем / Попов Е.С., **Разинкова Т.А.**, Шолин В.А., Власенко Б.Н. / Материалы VII международной научно-практической конференции «Биотехнология: взгляд в будущее», - Ставрополь: СГМУ, 2021. – С. 134-136.

Изобретения

18. Пат. № 2619189 РФ, МПК А23С 9/12. Способ получения кисломолочного продукта / Глаголева Л.Э., Родионов А.А., Попов Е.С., **Разинкова Т.А.**, Ряскина Л.О., Кустов В.Ю.; заявитель и патентообладатель Воронеж.гос. ун-т инж. технол. – № 2016114160; заявл. 13.04.2016; опубл. 12.05.2017, Бюл. № 14.

Автор выражает благодарность почетному работнику сферы образования РФ, доктору технических наук, профессору Родионовой Наталье Сергеевне за оказанную помощь, консультации и ценные замечания, сделанные при выполнении диссертационной работы

Подписано в печать 28.04.2022. Формат 60×84^{1/16}.

Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ .

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

Отдел полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Адрес университета и отдела полиграфии

394036, Воронеж, пр. Революции, 19