инвалидизации, задержке роста и системным осложнениям. Достижение клинической ремиссии на фоне медикаментозной терапии является ключевой целью лечения ЮИА. Однако транскриптомные данные свидетельствуют о том, что лекарственно-индуцированная ремиссия может не означать восстановления иммунологической нормы, что обуславливает необходимость поиска биомаркеров для идентификации этого состояния и прогнозирования долгосрочной стабильности. Цель исследования – идентифицировать гены-концентраторы и сигнальные пути, характеризующие персистирующий иммунный дисбаланс в транскриптоме гранулоцитов у пациентов с полиартикулярным ЮИА в состоянии ремиссии при медикаментозном лечении. Для этого были проанализированы транскриптомные данные гранулоцитов (GSE41831) пациентов с полиартикулярным ЮИА, достигших ремиссии на фоне комбинированной терапии (метотрексат и этанерцепт), и здоровых детей. Дифференциально экспрессируемые гены (DEG) были идентифицированы с помощью инструмента GEO2R с пороговыми значениями скорректированного p-уровня < 0,05 и |Log FC| ≥ 0,5. Анализ функционального обогащения был выполнен в платформе Enrichr с использованием баз данных Gene Ontology (GO), Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes (KEGG) и Reactome. Сеть белок-белковых взаимодействий (PPI) была построена с помощью базы данных STRING и визуализирована в программе Cytoscape. Гены-концентраторы идентифицировали с помощью плагина CytoHubba, используя алгоритм максимальной кликовой центральности (MCC). Экспрессия ведущих генов-концентраторов была статистически подтверждена. Из 54 675 проанализированных генов было идентифицировано 232 DEG, из которых 99 обладали пониженной и 133 – повышенной экспрессией. Анализ функционального обогащения позволил выделить две основные функциональные категории: реорганизация актинового цитоскелета и дерегуляция метаболизма аминокислот наряду с провоспалительным сигналингом. Данные процессы соответствуют активированному состоянию гранулоцитов, что указывает на персистирующую клеточную активность даже в состоянии клинической ремиссии. Сеть PPI включала 126 узлов и 498 ребер. С помощью алгоритма MCC были идентифицированы 10 генов-концентраторов, среди которых наиболее значимыми оказались HSP90AB1 и HSP90AA1, что позволяет предположить их роль в качестве ключевых регуляторов наблюдаемого молекулярного дисбаланса. Несмотря на достижение клинической ремиссии, у пациентов с полиартикулярным ЮИА в гранулоцитах сохраняется персистирующий активированный транскриптомный профиль. Повышенная экспрессия генов HSP90AB1 и HSP90AA1 свидетельствует о сохраняющемся клеточном стрессе и позволяет рассматривать эти гены в качестве кандидатных биомаркеров субклинического иммунного дисбаланса и потенциальных терапевтических мишеней для достижения более глубокой ремиссии. Полученные результаты закладывают основу для дальнейших исследований, направленных на трансляцию фундаментальных открытий в клиническую практику.
Ключевые слова: ювенильный идиопатический артрит, сигнальные пути, гены концентраторы, биоинформатический анализ, ремиссия при медикаментозном лечении.

Поступила в редакцию: 22.02.2026
Одобрена: 30.03.2026
Первая публикация на сайте: 16.06.2026

МРНТИ: 62.99.39 https://doi.org/10.65247/3105-3432-2026-2.04

РАЗРАБОТКА ЛАКТОЗОСВОБОДНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРОБИОТИКАМИ И КАЛЬЦИЕМ

*[1]А.ӘДІЛ, [2]М.А.АБДУЛЖАНОВА
[1]Назарбаев Интеллектуальная школа физико-математического направления (Алматы, Казахстан)
[2]Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан)
*sealarctic7@gmail.com, malika.abdulzhanova1@gmail.com

Аннотация
В современном мире проблема лактазной недостаточности приобретает все большую остроту. По данным ВОЗ, более 65% взрослого населения мира страдают различными формами непереносимости

лактозы. Вследствие этого миллионы людей вынуждены исключать из своего рациона молочные продукты, что приводит к серьезному дефициту кальция, витамина D и пробиотиков - компонентов, критически важных для поддержания здоровья костной ткани, иммунной и пищеварительной систем. Непереносимость лактозы является распространенным заболеванием в Казахстане и затрагивает 75% населения. Это подчеркивает необходимость доступных и комплексных альтернатив традиционным пищевым продуктам без лактозы. В работе использованы классические микробиологические методы, энзиматический метод гидролиза лактозы, современные подходы к разработке функционального питания, методы определения органолептических показателей, анкетирование, статистический анализ. В ходе работы из ферментированных продуктов питания выделены 6 изолятов молочнокислых бактерий. Бактерии отнесены к следующим видам лактобактерий: *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus reuteri, Lactobacillus casei* и *Lactococcus lactis*. *Lactobacillus reuteri 2* показал высокую степень антагонистической активности к тест-культурам: *Candida albicans* (42±2,1 мм), *Staphylococcus aureus* (41±1,2 мм), *Pseudomonas aeruginosa* (16±1,2 мм) *и Escherichia coli* (40±2,3 мм). Путем ферментативного гидролиза с использованием фермента β-галактозидазы получено безлактозное молоко. Уровень лактозы составил 0,01-0,1% (1-10 мг/мл). Оптимальной формой кальция для обогащения йогурта выбран глюконат кальция. Содержание кальция составило 120-150 мг/100 г, что соответствует рекомендованным нормам. Разработана рецептура йогурта на основе безлактозного и соевого молока с добавлением пробиотиков, кальция и витамина D. Такой продукт является функциональным и может служить заменой традиционным молочным изделиям. Органолептическая оценка показала, что полученный йогурт имеет приятный вкус, однородную текстуру и сохраняет стабильность при хранении. Концентрация пробиотиков *Lactobacillus reuteri 2* сохранялась на уровне 10^7-10^8 КОЕ/г на протяжении всего срока хранения. Полученные результаты подтверждают возможность промышленного производства функционального йогурта без лактозы, обогащенного кальцием и пробиотиками.
Ключевые слова: пробиотики, лактазная недостаточность, молочные продукты, кальций, Lactobacillus reuteri 2.

Введение

В современном обществе проблемы, связанные с качеством питания, выходят на первый план в жизни человека. Наряду с увеличением продолжительности жизни, урбанизацией и глобализацией наблюдается и рост различных заболеваний, одной из наиболее распространенных является лактазная недостаточность - неспособность организма эффективно расщеплять молочный сахар (лактозу).

По данным ВОЗ, в настоящее время более 65% взрослого населения Земли страдают лактазной недостаточностью. В ряде азиатских и африканских стран уровень лактазной недостаточности достигает 90%. Согласно данным, в Европе этот показатель составляет в среднем около 25-30%, но среди отдельных этнических групп он может быть значительно выше [Езерская П.А. и др., 2021]. В Казахстане, по различным эпидемиологическим данным, непереносимость лактозы выявляется у 70-75% населения, что делает проблему чрезвычайно актуальной для страны [Новости, 2025].

Молочные продукты, традиционно являющиеся одним из основных источников кальция, белка, витаминов группы В, витамина D и пробиотических культур, играют важную роль в формировании рациона питания детей, подростков, взрослых и пожилых людей. Отказ от их потребления без наличия равноценной замены приводит к тяжелым последствиям: развитию остеопороза (системного заболевания костной ткани, ведущего к повышенной ломкости костей), снижению уровня иммунной защиты организма, увеличению риска развития инфекционных и воспалительных заболеваний; нарушению пищеварительных процессов, связанного с дефицитом пробиотических бактерий, необходимых для поддержания нормальной микрофлоры кишечника; увеличению риска метаболических нарушений, включая ожирение, сахарный диабет второго типа и сердечно-сосудистые заболевания [Езерская П.А. и др., 2021].

Разработка лактозосвободных продуктов, обогащенных пробиотиками, кальцием и витамином D, приобретает не только медицинское, но и социальное значение. Такие продукты не только

решают проблему пищевой непереносимости, но и способствуют улучшению качества жизни населения и развитию новой отрасли функционального питания.

В связи с этим целью работы является разработка функциональных безлактозных продуктов, обогащенных пробиотиками, кальцием и витамином D, предназначенных для людей с непереносимостью лактозы.

Следует подчеркнуть, что разработка функциональных продуктов должна учитывать не только их питательную ценность, но и органолептические характеристики (вкус, текстура, запах, внешний вид), чтобы обеспечить высокую степень потребительской привлекательности. Именно поэтому важнейшими направлениями данного исследования стали:
- разработка безлактозного молока путем ферментативной обработки;
- создание йогуртов на основе безлактозного молока и растительных аналогов;
- обогащение продуктов пробиотическими штаммами, обеспечивающими нормализацию микрофлоры кишечника;
- добавление кальция глюконата и витамина D для профилактики дефицита микро- и макроэлементов.

Практическая и научная значимость работы заключается в том, что разработанные продукты ориентированы на широкое внедрение в практику функционального питания. Их применение способствует восполнению дефицита кальция и пробиотиков у населения с лактазной недостаточностью, снижению заболеваемости остеопорозом и нарушениями пищеварения, а также развитию пищевой биотехнологии и производству доступных, безопасных продуктов на местной сырьевой базе.

Таким образом, разработка безлактозного йогурта актуальна, поскольку растет число людей с лактазной непереносимостью, и существует потребность в доступной и полноценной замене традиционного молочного питания с сохранением его пользы для здоровья.

Основная часть

Питание является одним из важнейших факторов, влияющих на здоровье человека. В современном обществе на фоне урбанизации, изменения пищевых привычек и роста хронических заболеваний, вопросам функционального питания уделяется все большее внимание. Одной из наиболее серьезных проблем в области пищеварения является лактазная недостаточность - распространенная форма пищевой непереносимости, при которой в организме человека нарушается способность расщеплять лактозу - углевод, содержащийся в молочных продуктах.

Непереносимость лактозы (лактазная недостаточность, гиполактазия) представляет собой нарушение способности организма расщеплять и усваивать лактозу - молочный сахар. Лактоза - это углевод, который расщепляется с помощью фермента лактазы, вырабатываемого клетками тонкого кишечника. Лактазная недостаточность развивается в случае снижения или полного отсутствия активности этого фермента. Это состояние широко распространено во всем мире и требует особого внимания к питанию, особенно в детском и пожилом возрасте.

Гиполактазия часто встречается в странах Азии: например, в Пакистане ее распространенность составляет 58%, а в Южной Корее достигает 100%. По данным, опубликованным в журнале *The Lancet* в 2017 году, около 75% населения Казахстана страдает от непереносимости лактозы [Новости, 2025; SRD, 2025]. Локальные исследования, проведенные среди казахстанской молодежи, выявили, что 72,2% участников имели признаки лактазной недостаточности, подтвержденные тестами на переносимость лактозы [Foodcom Experts, 2025].

Высокая распространенность лактазной недостаточности приводит к тому, что значительная часть населения вынуждена ограничивать или полностью исключать потребление молочных

продуктов - основных источников кальция, белка, витаминов D и B12, а также пробиотиков, необходимых для поддержания здоровья костной ткани, нормальной микрофлоры кишечника и эффективной работы иммунной системы.

Последствия исключения молочных продуктов без их замены аналогами включают:
- увеличение риска развития остеопороза и связанных с ним переломов костей;
- нарушение работы пищеварительной системы, включая развитие дисбактериоза;
- ослабление иммунной защиты организма, что увеличивает восприимчивость к инфекционным и воспалительным заболеваниям;
- возникновение дефицита витаминов и микроэлементов, что может привести к общему ухудшению качества жизни [Khelef M.E.A. et al., 2022].

Несмотря на высокую распространенность лактазной недостаточности, традиционная казахская кухня богата молочными продуктами, такими как кумыс, шубат и курт. Это обусловлено историческим образом жизни кочевников, где молочные продукты играли важную роль в рационе. Однако, многие из этих продуктов являются ферментированными, что снижает содержание лактозы и облегчает их усвоение людьми с лактазной недостаточностью.

К симптомам гиполактазии относятся: вздутие живота, диарея, метеоризм, боль и урчание в животе, у детей - снижение массы тела, капризность, плохой сон.

Для диагностики лактазной недостаточности используют тест на водород в выдыхаемом воздухе после приема лактозы, анализ кала на pH и наличие редуцирующих сахаров, генетические тесты на мутации в гене LCT [Ahn S.-I. et al., 2023].

Диетотерапия - ключевой метод управления лактазной недостаточностью. В связи с этим предлагается несколько подходов:
- исключение или ограничение продуктов, содержащих лактозу (молоко, сливки, творог, мороженое);
- употребление безлактозных или низколактозных продуктов (специальное молоко, йогурты с ферментированной лактозой, твердые сыры);
- применение лактазных ферментных добавок перед приемом молочных продуктов;
- замена кальция и витамина D другими источниками (обогащенными растительными напитками, минеральными добавками);
- введение пробиотиков, способствующих расщеплению лактозы и восстановлению микрофлоры кишечника [Forsgard R.A., Bayless T.M., 2023].

При несоблюдении диетического питания возникают хронические воспаления кишечника, происходит нарушение всасывания питательных веществ, наблюдается дефицит кальция, остеопения и остеопороз, также нарушение роста у детей.

Учитывая высокую распространенность лактазной недостаточности в Казахстане, важно:
- использовать безлактозные или низколактозные продукты;
- включать в рацион ферментированные молочные продукты, такие как йогурт и кефир;
- при необходимости принимать ферментные препараты, содержащие лактазу;
- обеспечивать достаточное потребление кальция и витамина D из альтернативных источников.

Таким образом, адаптация диеты с учетом индивидуальной переносимости лактозы способствует улучшению качества жизни и предотвращению возможных осложнений, связанных с дефицитом питательных веществ.

Литературный обзор

Лактазная недостаточность - не опасное, но социально и физиологически значимое состояние. При грамотно подобранной диете можно полностью контролировать симптомы и избежать осложнений. Безлактозное и функциональное питание играет важную роль в улучшении

качества жизни таких пациентов и требует грамотного подбора с учетом возраста, потребностей и индивидуальной переносимости [Seed, Inc., 2025].

На фоне роста интереса к здоровому образу жизни и функциональному питанию развивается мировой рынок альтернативных молочных продуктов, которые обеспечивают организм всеми необходимыми нутриентами без риска развития симптомов лактазной недостаточности. Безлактозное молоко, йогурты на растительной основе, продукты, обогащенные пробиотиками, кальцием и витаминами, становятся все более востребованными во всем мире.

Особое значение приобретает использование пробиотических микроорганизмов, способных восстанавливать и поддерживать нормальную микрофлору кишечника, особенно в условиях современных стрессов, неправильного питания и широкого применения антибиотиков. Включение пробиотиков в состав безлактозных продуктов позволяет не только компенсировать потерю функциональных свойств традиционных молочных изделий, но и значительно улучшить их оздоровительный потенциал [Leis R. et al., 2020].

Наряду с этим, добавление кальция и витамина D обеспечивает профилактику остеопороза и других заболеваний, связанных с минеральным дефицитом.

Таким образом, проект по разработке безлактозных продуктов, обогащенных пробиотиками и кальцием, напрямую отвечает на вызовы времени, соответствует стратегическим целям в области здравоохранения и является перспективным направлением пищевой биотехнологии.

Методы

Объектами исследования служили лактобациллы, выделенные из традиционных кисломолочных продуктов (кефир, йогурт): *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus reuteri, Lactobacillus casei* и *Lactococcus lactis*. Условно-патогенные тест-культуры: *Candida albicans, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus.*

В работе использованы следующие материалы: безлактозное молоко, полученное с использованием фермента β-галактозидазы; безлактозное молоко «МОЕ»; соевое молоко Barista Ne moloko; стартовая культура «Веган Йогурт VIVO»; фермент β-галактозидаза (лактаза); глюконат кальция, цитрат кальция, карбонат кальция, витамин D; питательные среды: MRS-агар для выделения и культивирования молочнокислых бактерий. МПА (мясо - пептонный агар) для определения антагонистической активности пробиотических культур по отношению к тест-культурам патогенных микроорганизмов. Сабуро для определения антагонистической активности пробиотических культур по отношению к *Candida albicans.*

Методы исследования:

Выделение лактобацилл. Для выделения молочнокислых бактерий применялись традиционные методы микробиологического культивирования. Образцы кефира и йогурта засеивали на питательную среду MRS-агар методом штрихового посева, инкубировали при температуре 30-37° С в течение 24-72 часов в анаэробных условиях.

Морфологическая идентификация. После культивирования проводилась микроскопия колоний с использованием светового микроскопа при увеличении 1000 ×, оценивались форма, размер и окраска клеток (окраска по Граму).

Определение антагонистической активности. Метод диффузии в агар использовался для оценки антимикробной активности изолятов. В питательную среду МПА вносились суспензии тест-культур патогенных бактерий (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), затем в агаровые лунки вносились культуры выделенных пробиотиков. Для дрожжей *Candida albicans* использовалась среда Сабуро. По размеру зоны подавления роста тест-микроорганизмов судили об антагонистической активности исследуемых штаммов.

Ферментативная обработка молока. Для разрушения молочного сахара использовали коммерческий препарат β-галактозидазы. Молоко пастеризовали при температуре 80° С в

течение 15 секунд, охлаждали до 37° С и добавляли фермент в количестве, соответствующем инструкциям производителя.

Контроль расщепления лактозы. Осуществлялся с помощью спектрофотометрического определения содержания глюкозы и остаточной лактозы. Использовались стандартные ферментативные тесты на основе глюкозо-оксидазного метода.

Производство функционального йогурта

Процесс ферментации включал использование как безлактозного молока, так и соевого молока. Температура ферментации поддерживалась на уровне 37-42° С в течение 6-12 часов. В качестве заквасочной культуры применялась смесь «Веган йогурт VIVO». После основного этапа ферментации в йогурт вносили суспензию пробиотических микроорганизмов (штамм *Lactobacillus reuteri 2*) в концентрации 10^7 КОЕ/г. Одновременно с внесением пробиотиков продукт дополнительно обогащался глюконатом кальция и витамином D для повышения функциональной ценности.

Органолептические методы (дегустация, оценка вкуса, запаха, текстуры, консистенции и внешнего вида). Использовалась 10-балльная шкала, где: 10 - отлично, 7-9 - хорошо, 4-6 - удовлетворительно, 1-3 - неудовлетворительно, 0 - плохо. В оценивании продуктов принимала участие независимая дегустационная комиссия, состоящая из представителей разных возрастных групп.

Результаты

Выделение и скрининг молочнокислых бактерий

Молочнокислые бактерии широко распространены в природе: их можно обнаружить в почве, на разлагающихся остатках животного и растительного происхождения, в кишечнике позвоночных, в молоке и молочных продуктах. Вместе с растениями и пищей они попадают в желудочно-кишечные тракты человека и животных, составляя его микробиоту [Quinto E.J. et al., 2014].

К молочнокислым бактериям относятся гетерогенные по морфологии: палочковидные и шаровидные (кокки сферической или эллипсовидной формы), относящиеся к родам *Lactobacillus, Leuconostoc, Streptococcus, Vagococcus, Pediococcus, Lactococcus, Enterococcus, Tetragenococcus, Carnobacterium, Bifodobacterium* [Ludwig W. et al., 2009].

На первом этапе работы из образцов традиционных кисломолочных продуктов (кефир, йогурт) выделены молочнокислые бактерии, культивированные на питательной среде MRS-агар. Для этого 1 мл образца заливали в колбы со 100 мл МРС бульона и получали накопительные культуры. Далее культивировали в течение 24 ч в термостате при 37° С. Затем из суспензии методом истощающего штриха делали посев на чашки Петри и оставляли в термостате еще на сутки. После этого выросшие колонии смотрели под световым микроскопом.

В результате опыта, из молочных продуктов выделены 6 изолятов молочнокислых бактерий. Морфологическая идентификация позволила отнести изоляты к роду *Lactobacillus*, подтвердив их пробиотический потенциал. В соответствии с физиологическими и биохимическими анализами, выделенные бактерии представлены следующими видами лактобактерий: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri (1, 2)*, *Lactobacillus casei (1, 2)* и *Lactococcus lactis*.

Далее изучены пробиотические свойства лактобактерий и произведен отбор наиболее активных микроорганизмов, перспективных для включения в микрокапсулу. Поэтому у выделенных 6 изолятов была оценена антагонистическая активность. Для определения антагонистической активности использовали суточные тест культуры. По зоне задержки роста судили об ингибиторной способности лактобактерий по отношению к тест-штаммам (рисунок 1).

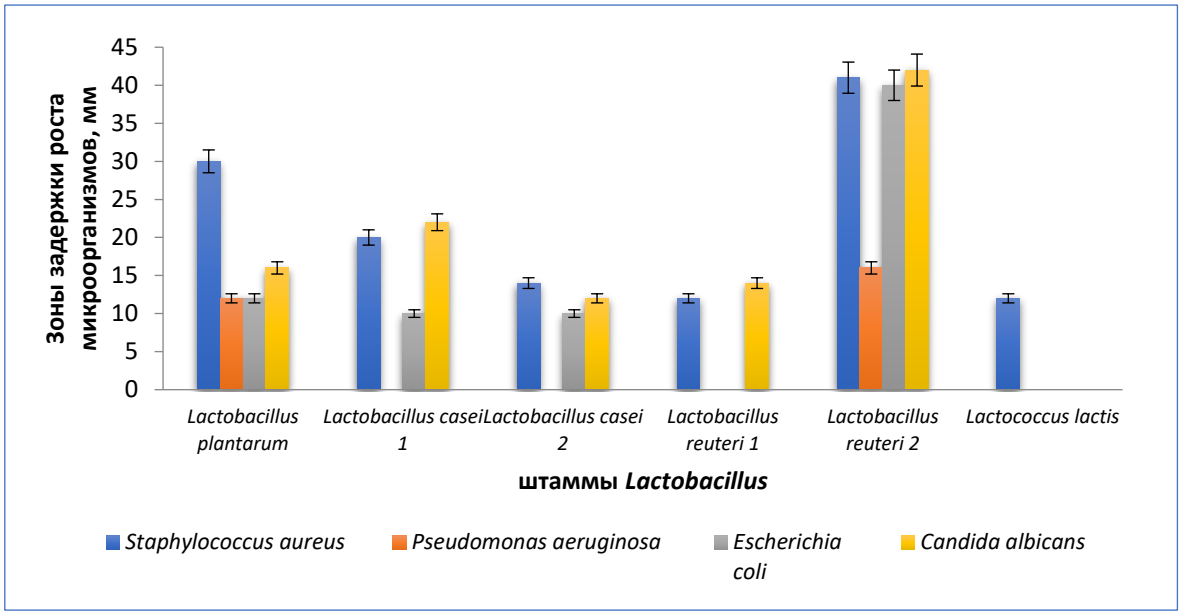


Рисунок 1. Размеры зон ингибирования роста тест-культур

Результаты изучения антагонистической активности показали, что большинство исследуемых лактобактерий обладают ингибирующим действием в отношении всех индикаторных культур, кроме *Pseudomonas aeruginosa*, что соответствует данным литературы о высокой устойчивости данного микроорганизма. Лишь *Lactobacillus reuteri 2* обладала высокой степенью антагонистической активности к данной культуре, диаметр зон угнетения роста составил 5-10 мм (рисунок 2).

Кроме того, *Lactobacillus reuteri 2* проявил способность ингибировать рост условно-патогенных микроорганизмов, как *Staphylococcus aureus* (зона ингибирования - 38±2 мм), *Escherichia coli* (42±2 мм) и *Staphylococcus epidermidis* (36±2 мм). На основании полученных данных штамм *Lactobacillus reuteri 2* был выбран для дальнейшего микрокапсулирования и использования в производстве функциональных продуктов.

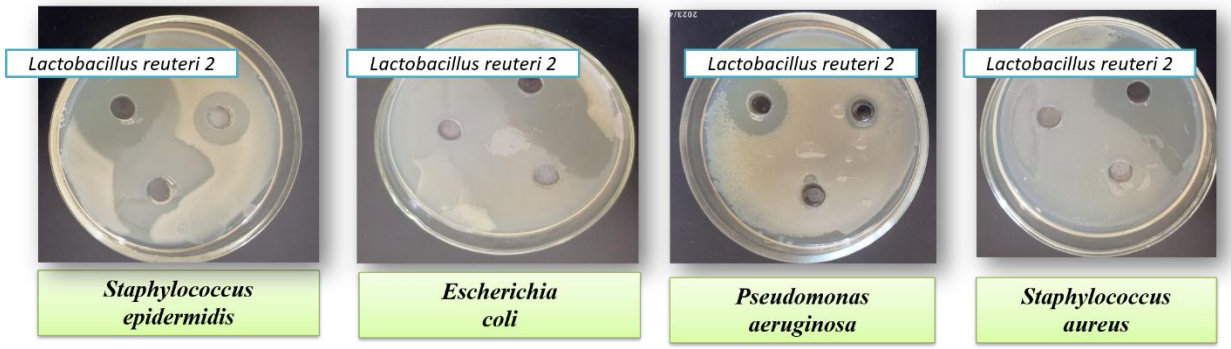


Рисунок 2. Антагонистическая активность *Lactobacillus reuteri 2* к тест-штаммам

Получение безлактозного молока

Одним из ключевых направлений в технологии производства функциональных продуктов является разработка методов получения безлактозного молока, что особенно актуально для людей с лактазной недостаточностью.

В данной исследовательской работе для получения безлактозного молока использовался ферментативный гидролиз. В стерильную емкость наливали 100 мл пастеризованного молока, подогревали до температуры 37° С, оптимальной для ферментации, затем добавляли

«Фермент Лактаза» («Enzyme Lactase») TM PolarLine, который содержит 3500 единиц лактазы и перемешивали. Затем закрывали емкость крышкой и инкубировали при 37° С в течение 3-4 часов, время зависит от требуемой степени гидролиза – 90-100% достигается за 4-6 часов. Остаточное количество лактозы проверяли тест-полосками Lactose Intolerance Test Strips, Lactest. При необходимости добавляли еще фермента и продлевали инкубацию.

Ферментативная обработка молока с использованием β-галактозидазы позволила добиться почти полного расщепления лактозы, остаточная концентрация лактозы составила менее 0,1%, что соответствует критериям безлактозных продуктов по международным стандартам.

Также проведены дополнительные испытания на стабильность молока при хранении в течение 7 суток при температуре +4° С, которые показали отсутствие фазового расслоения и устойчивость вкусовых характеристик.

Выбор оптимальной формы кальция

На следующем этапе проводилась сравнительная оценка различных солей кальция с точки зрения растворимости, биодоступности и влияния на органолептические свойства продукта (таблица 1).

Таблица 1

Подбор оптимальной формы кальция

Компонент для обогащения	Преимущества	Рекомендуемое количество
Карбонат кальция	Дешевый, высокая концентрация Са	3 г/л
Цитрат кальция	Легкоусвояемый, подходит для людей с низкой кислотностью желудочного сока	5,7 г/л
Лактат/глюконат кальция	Хорошо растворимый, нейтральный вкус	13,3 г/л
Витамин D (холекальциферол)	Легкоусвояемый, активная форма	2,5-5 мкг (100-200 IU) / на 1 порцию

Таким образом, лактат кальция был признан наиболее подходящей формой для обогащения безлактозного йогурта по совокупности технологических и биологических показателей. Обогащение йогуртов глюконатом кальция и витамином D приводит к увеличению содержания кальция в продукте до 200 мг на 100 г продукта, что покрывает около 20% суточной потребности взрослого человека. Витамин D обеспечивает повышение биодоступности кальция на клеточном уровне.

Разработка йогуртов на основе безлактозного молока

Йогурт - кисломолочный продукт, получаемый путем ферментации молока с использованием живых бактериальных культур. Он обладает мягкой текстурой, приятным кисломолочным вкусом и высоко ценится за полезные свойства. Йогурт богат кальцием, белком и пробиотиками, которые способствуют здоровью пищеварительной системы. Его можно употреблять как самостоятельное блюдо или использовать в кулинарии - в соусах, десертах и смузи [Шендеров Б.А., 2008].

Йогурт - самый распространенный и узнаваемый кисломолочный продукт, однако классический йогурт подходит не всем, например, веганам или людям с непереносимостью лактозы. В связи с этим разработка йогурта, свободного от лактозы, является актуальной.

В данной исследовательской работе на основе полученного безлактозного молока и коммерческого соевого и безлактозного молока «МОЕ» разработаны три варианта функциональных йогуртов:
- йогурт на безлактозном молоке;
- йогурт на коммерческом безлактозном молоке «МОЕ»;
- йогурт на основе соевого молока.

Подготовка сырья начиналась с выбора обезжиренного молока без содержания лактозы: использованы безлактозное молоко, полученное путем ферментативного гидролиза, коммерческое безлактозное молоко «МОЕ» и соевое молоко. Пастеризация молока проводилась при температуре 85° С в течение 15 минут для инактивации посторонней микрофлоры и повышения микробиологической безопасности продукта. После пастеризации молоко охлаждали до температуры 37-40° С - оптимальной для развития молочнокислых бактерий и проведения ферментации.

На стадии ферментации в молоко вносили закваску «Веган йогурт VIVO», специализированную для производства безлактозных продуктов питания. В состав данной закваски входят: *Streptococcus thermophilus и Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*. Количество бактерий в пакетике достаточно для гарантированного заквашивания до 2 литров продукта (на конец срока годности закваски). «Веган йогурт VIVO» - это закваска, предназначена для приготовления веганского или безлактозного йогурта в домашних условиях. Она не содержит компонентов животного происхождения и лактозу. 1 пакетик закваски «Веган йогурт VIVO» рассчитан для приготовления от 1 до 2 литров молока.

Процесс ферментации продолжался при температуре 37-40° С в течение 8-12 часов до получения плотного сгустка. pH всех видов йогурта снизился до 4,5-4,7, что соответствует требованиям к консистенции и органолептическим качествам.

После процесса ферментации в готовые продукты добавляли глюконат кальция, витамин D и пробиотические культуры *Lactobacillus reuteri 2* в количестве 10^9 КОЕ/г.

В результате применения разработанной технологии получены функциональные йогурты на основе безлактозного молока. Продукты изготовлены с учетом всех технологических требований для сохранения жизнеспособности пробиотических микроорганизмов.

Определение органолептических свойств продукта

Одним из важных этапов исследования стало проведение органолептической оценки полученных безлактозных йогуртов с пробиотическими культурами и кальцием. Оно является важным показателем качества, определяющим потребительскую привлекательность продукта.

Оценка проводилась по следующим основным параметрам: внешний вид и консистенция, цвет, вкус, запах (рисунок 3). Дегустация образцов проводилась в специально подготовленном помещении, свободном от посторонних запахов, при стандартных условиях температуры и освещения. Оценка велась по 10-балльной шкале. Оценены три образца йогурта: йогурт на безлактозном молоке; йогурт на коммерческом безлактозном молоке «МОЕ»; йогурт на основе соевого молока.

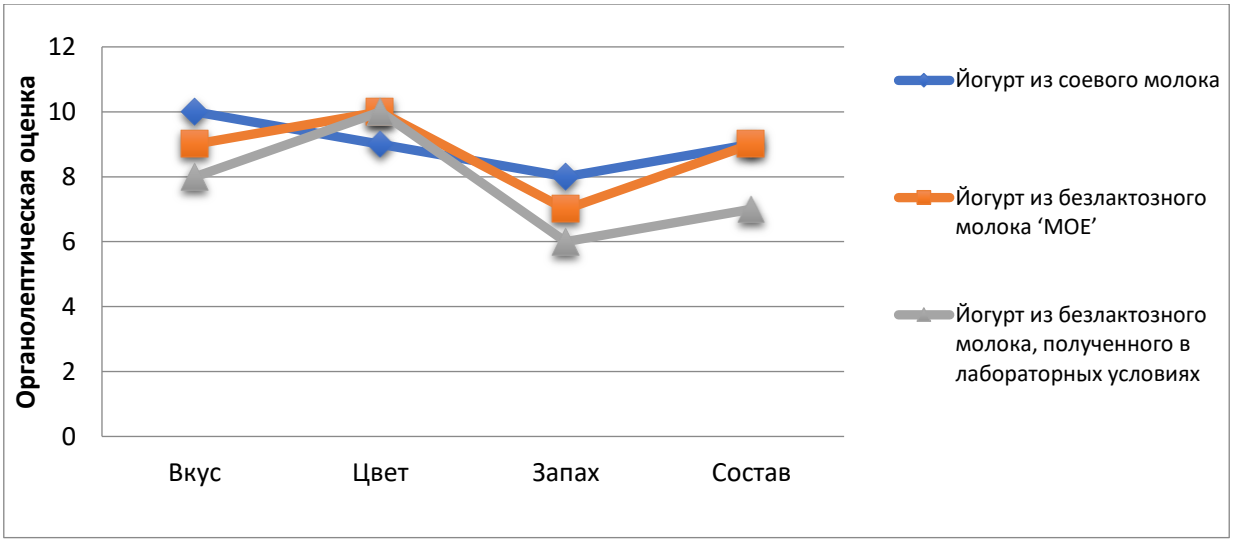


Рисунок 3. Органолептическая характеристика трех вариантов йогуртов

Йогурты обладали густой, кремовой текстурой и мягким, слегка кисловатым вкусом. Органолептический анализ показал, что внесение кальция и витамина D не ухудшало вкус, аромат и текстуру продукта.

Проведенная органолептическая оценка готовых продуктов показала: высокие баллы за вкус (9,5 из 10); приятную кремовую консистенцию; отсутствие посторонних запахов или неприятного послевкусия; хорошую жевательную текстуру без излишней зернистости.

Результаты дегустации подтверждают, что разработанные безлактозные йогурты обладают высокой потребительской привлекательностью.

Определение жизнеспособности пробиотиков

Одним из ключевых этапов исследования стало определение жизнеспособности пробиотических лактобактерий в составе безлактозного йогурта в течение срока хранения. С целью мониторинга сохранности пробиотических культур в процессе хранения образцы еженедельно анализировали на количество жизнеспособных клеток. Для этого применяли метод посева на МРС-агар с последующим подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) через 48 часов инкубации при температуре 36±1° С. Анализ проводили на 0, 7 и 14 сутки хранения продукта при температуре +4° С. Данные позволяли оценить стабильность продукта и эффективность выбранной технологии ферментации и стабилизации (таблица 2).

Таблица 2

Результаты определения жизнеспособности пробиотиков в процессе хранения при +4° С

Вид йогурта	*Lactobacillus reuteri 2,* КОЕ/г		
	0 день	7 день	14 день
Йогурт на лабораторном безлактозном молоке	10^9	10^8	10^6
Йогурт на коммерческом безлактозном молоке «МОЕ»	10^9	10^8	10^6
Йогурт на основе соевого молока	10^9	10^8	10^7

Согласно полученным данным, на момент окончания ферментации и в начале хранения концентрация жизнеспособных клеток составляла порядка 10^9 КОЕ/г продукта. В течение первых двух недель хранения отмечалось постепенное снижение численности пробиотиков, но оно не выходило за пределы допустимых значений. К 14 суткам хранения количество живых клеток составило 10^6-10^7 КОЕ/г, что соответствует минимальному уровню, рекомендованному для проявления пробиотического эффекта в функциональных продуктах.

В итоге, проведенный анализ подтвердил, что разработанная технология производства позволяет сохранять достаточное количество жизнеспособных пробиотических микроорганизмов в йогурте на протяжении 14 дней хранения при холодильной температуре, а это свидетельствует о стабильности функциональных свойств продукта и о его пригодности для применения в рационе людей, нуждающихся в пробиотической поддержке.

Таким образом, разработанная технология позволяет получить безлактозный йогурт, содержащий жизнеспособные пробиотические культуры и кальций, с приятными органолептическими характеристиками, безопасный для людей с лактазной недостаточностью.

Дискуссия

Высокая антагонистическая активность *Lactobacillus reuteri 2*, скорее всего, связано с ее способностью синтезировать антибактериальные вещества-бактериоцины - белковые молекулы, избирательно подавляющие рост близкородственных бактерий. *L. reuteri* синтезирует антимикробное вещество - реутерин (3-гидроксипропиональдегид), которое образуется из глицерина. Реутерин обладает широким спектром действия против бактерий, дрожжей, грибов и даже некоторых паразитов. Как и другие лактобациллы, *L. reuteri*

продуцирует молочную и уксусную кислоты, за счет чего понижает pH среды и угнетает рост кислоточувствительных микроорганизмов, включая *E. coli*, *Salmonella*, *Candida albicans* и др. Помимо этого, *L.reuteri* поддерживает функционирование иммунной системы организма человека. Например, некоторые штаммы *L.reuteri* могут снижать выработку провоспалительных цитокинов, одновременно стимулируя развитие и пролиферацию регуляторных Т-лимфоцитов. Результаты недавнего метаанализа подтвердили эффективности *L.reuteri* в терапии младенческих колик [Медицинский совет, 2025].

Таким образом, использование *Lactobacillus reuteri* в продуктах питания способствует укреплению иммунной системы и поддержанию баланса кишечной микрофлоры. Благодаря высокой антагонистической активности к патогенным микроорганизмам этот пробиотик улучшает пищеварение и способствует профилактике желудочно-кишечных заболеваний.

В литературе описано несколько подходов к устранению лактозы из молока, каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями. Наиболее широко применяется *ферментативный метод*, основанный на расщеплении лактозы на глюкозу и галактозу с помощью фермента *β-галактозидазы (лактазы)*. Этот способ прост в реализации, экономичен и безопасен, поэтому активно используется как в лабораторных условиях, так и в промышленном производстве. Фермент может быть добавлен непосредственно в молоко или иммобилизован на инертных носителях для повторного использования.

Другим эффективным подходом является *мембранная фильтрация* - ультра- и нанофильтрация, при которых молоко пропускается через полупроницаемые мембраны, задерживающие молекулы лактозы. Этот метод позволяет получить продукт с низким содержанием лактозы без использования ферментов, но требует дорогостоящего оборудования. Также в научной литературе упоминается *хроматографическое удаление лактозы* с применением ионообменных или аффинных сорбентов. Этот способ обеспечивает высокую степень очистки, однако сложен и нецелесообразен для массового производства [Алибеков Р.С., Овчинникова О.Ю., 2016].

На стадии экспериментальных исследований находится *генетическая модификация коров*, в результате которой получают молоко, изначально не содержащее лактозы. Несмотря на перспективность, данный метод сопряжен с этическими и нормативными трудностями. В целом, анализ современных источников показывает, что ферментативная технология остается наиболее доступной и универсальной для получения безлактозного молока, при этом активно развиваются комбинированные и инновационные подходы с применением мембранных и биотехнологических решений [Музафаров Е.Н., 2022].

В данной работе использовали ферментативный гидролиз молока. Преимуществами использования ферментативного гидролиза являются: сохранение натурального вкуса молока; увеличение содержания глюкозы и галактозы, придающих продукту легкий сладковатый привкус; снижение риска аллергических реакций и симптомов непереносимости.

В ходе исследования рассмотрены три формы кальция: карбонат, цитрат и лактат (таблица 1). Каждая из них имеет как преимущества, так и ограничения при использовании в кисломолочных продуктах. Карбонат кальция обладает низкой растворимостью в воде, что затрудняет его равномерное распределение в йогурте. Кроме того, он плохо усваивается при пониженной кислотности желудка и придает продукту меловой привкус, что негативно влияет на органолептические свойства.

Цитрат кальция лучше усваивается и более биодоступен, чем карбонат, однако он менее стабилен в кислой среде кисломолочных продуктов, может вызывать расслоение и изменение текстуры. Кроме того, цитрат кальция значительно дороже, что делает его менее привлекательным для промышленного использования в массовом производстве.

Лактат кальция, напротив, обладает хорошей растворимостью, нейтральным вкусом и высокой степенью усвояемости. Он стабилен в кисломолочной среде и не влияет на

консистенцию или вкус йогурта. По совокупности технологических и биологических характеристик лактат кальция был выбран в качестве оптимальной формы для обогащения безлактозного йогурта [MSKCC, 2025].

Сохранение жизнеспособности пробиотических культур в течение 14 суток хранения свидетельствует о технологической стабильности разработанного продукта. В совокупности полученные результаты подтверждают перспективность разработанной технологии производства безлактозного функционального йогурта, обогащенного кальцием и пробиотиками, для профилактического и диетического питания.

Заключение

В результате проведенного исследования поставленная цель была полностью достигнута. Разработан функциональный пищевой продукт - йогурт на основе безлактозного и соевого молока, обогащенный пробиотическими микроорганизмами, кальцием и витамином D, предназначенный для людей, страдающих лактазной недостаточностью. Полученный продукт обладает высокой пищевой и биологической ценностью и может рассматриваться как полноценная альтернатива традиционным молочным изделиям.

В ходе работы были выделены и идентифицированы молочнокислые бактерии, среди которых штамм *Lactobacillus reuteri 2* продемонстрировал выраженную антагонистическую активность в отношении условно-патогенных и патогенных микроорганизмов, что подтверждает его высокий пробиотический потенциал. Получение безлактозного молока методом ферментативного гидролиза с применением β-галактозидазы обеспечило снижение содержания лактозы до значений, безопасных для лиц с лактазной недостаточностью. Выбор глюконата кальция в качестве источника кальция оказался обоснованным, так как он обеспечил соответствие продукта рекомендуемым нормам потребления без ухудшения органолептических свойств. Органолептическая и микробиологическая оценки показали, что разработанный йогурт характеризуется приятным вкусом, однородной текстурой, стабильностью при хранении и сохранением высокой концентрации пробиотиков на уровне 10^7-10^8 КОЕ/г в течение всего срока хранения.

Таким образом, выдвинутая гипотеза о возможности создания функционального кисломолочного продукта для людей с лактазной недостаточностью, обладающего высокой биологической ценностью, пробиотической активностью и хорошими потребительскими свойствами, полностью подтвердилась.

Список использованных источников

Езерская П.А., Бирюкова Н.В. (2021) Лактазная недостаточность (обзор литературы). *Тенденции развития науки и образования*, 37-42 [Электронный ресурс]: URL: https://www.researchgate.net/publication/353218464_Laktaznaa_nedostatocnost_obzor_literatury (дата обращения: 31.01.2026).

Новости (2025) Новости молочного рынка. *Tengrinews, DairyNews* [Электронный ресурс]: URL: https://tengrinews.kz/; https://dairynews.today/ (дата обращения: 31.01.2026).

SRD (2025) Статистический обзор рынка функционального питания. *Functional Food Market – Statistics and Facts*. Statista Research Department [Электронный ресурс]: URL: https://www.statista.com/topics/1321/functional-foods-market/#topicOverview (дата обращения: 31.01.2026).

Foodcom Experts (2025) Анализ рынка безлактозных продуктов в 2026 году: глобальный отчет. *Foodcom S.A.* [Электронный ресурс]: URL: https://foodcom.pl/ru/анализ-рынка-безлактозных-продуктов (дата обращения: 31.01.2026).

Khelef M.E.A., Golubtsova Y.V., Ivanova S.A. (2022) Lactose-Free Dairy Products: Prospects for the Production. *New Technologies*, 18(3), 94-105. DOI: https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105 [Электронный ресурс]: URL: https://newtechology.mkgtu.ru/jour/article/view/606 (дата обращения: 31.01.2026).

Ahn S.-I., Kim M.S., Park D.G., Han B.K., Kim Y.J. (2023) Effects of probiotics administration on lactose intolerance in adulthood: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 106(7), 4489-4501 [Электронный ресурс]: DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2022-22762 (дата обращения: 31.01.2026).

Forsgard R.A., Bayless T.M. (2023) Probiotics - compensation for lactase insufficiency. *The American Journal of Clinical Nutrition,* 73(2 suppl):421s-429s [Электронный ресурс]. URL: https://ajcn.nutrition.org/article/S0002-9165(23)06508-5/fulltext (дата обращения: 31.01.2026).

Seed, Inc. (2025) Probiotics for lactose intolerance: A guide. *SEED Cultured* [Электронный ресурс]: URL: https://seed.com/cultured/probiotics-for-lactose-intolerance-guide/ (дата обращения: 31.01.2026).

Leis R., de Castro M.-J., de Lamas C., Picáns R., Couce M.L. (2020) Effects of prebiotic and probiotic supplementation on lactase deficiency and lactose intolerance: A systematic review of controlled trials. *Nutrients*, 12(5), 1487 [Электронный ресурс]: URL: https://doi.org/10.3390/nu12051487 (дата обращения: 31.01.2026).

Quinto E.J., Jiménez P., Caro I. et al. (2014) Probiotic Lactic Acid Bacteria: A Review. *Food and Nutrition Sciences*, 5, 1765-1775. [Электронный ресурс]: URL: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=49908 (дата обращения: 31.01.2026).

Ludwig W., Schleifer K.H., Whitman W.B. (2009) Revised road map to the phylum Firmicutes. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. The Firmicutes, 3, 1-17. New York: Springer-Verlag. [Электронный ресурс]: URL: https://www.researchgate.net/publication/227210599_Revised_Road_Map_to_the_Phylum_Firmicutes (дата обращения: 31.01.2026).

Шендеров Б.А. (2008) *Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома.* Москва: DeLiprint, 319.

Медицинский совет (2025) *Статья о функциональном питании и здоровье* [Электронный ресурс]: URL: https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/4827?locale=ru_RU (дата обращения: 31.01.2026).

Алибеков Р.С., Овчинникова О.Ю. (2016) Лактозная непереносимость и безлактозное молоко. *Известия Кыргызского государственного технического университета им.И.Раззакова*, 37, 212-215 [Электронный ресурс]: URL: https://arch.kyrlibnet.kg/uploads/KSTUALIBEKOV2016-37.pdf (дата обращения: 31.01.2026).

Музафаров Е.Н. (2022) *Биотехнология. История создания продуктов*: учебное пособие для СПО. Санкт-Петербург: Лань, 360.

MSKCC (2025) *Calcium supplements.* Memorial Sloan Kettering Cancer Center [Электронный ресурс]: URL: https://www.mskcc.org/ru/pdf/cancer-care/patient-education/calcium-supplements (дата обращения: 31.01.2026).

References

Ezerskaya P.A., Biryukova N.V. (2021) Laktaznaya nedostatochnost' (obzor literatury). *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya,* 37-42 [Electronic resource]: URL: https://www.researchgate.net/publication/353218464_Laktaznaa_nedostatocnost_obzor_literatury (date of access: 31.01.2026).

Tengrinews, DairyNews (2025) *Novosti molochnogo rynka* [Electronic resource]: URL: https://tengrinews.kz/; https://dairynews.today/ (date of access: 31.01.2026).

SRD (2025) Statisticheskiy obzor rynka funktsional'nogo pitaniya. *Functional Food Market – Statistics and Facts.* Statista Research Department [Electronic resource]: URL: https://www.statista.com/topics/1321/functional-foods-market/#topicOverview (date of access: 31.01.2026).

Foodcom Experts (2025) Analiz rynka bezlaktoznykh produktov v 2026 godu: global'nyy otchet. *Foodcom S.A.* [Electronic resource]: URL: https://foodcom.pl/ru/analiz-rynka-bezlaktoznykh-produktov (date of access: 31.01.2026).

Khelef M.E.A., Golubtsova Y.V., Ivanova S.A. (2022) Lactose-Free Dairy Products: Prospects for the Production. *New Technologies,* 18(3), 94-105. DOI: https://doi.org/10.47370/2072-0920-2022-18-3-94-105 [Electronic resource]: URL: https://newtechology.mkgtu.ru/jour/article/view/606 (date of access: 31.01.2026).

Ahn S.-I., Kim M.S., Park D.G., Han B.K., Kim Y.J. (2023) Effects of probiotics administration on lactose intolerance in adulthood: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science,* 106(7), 4489-4501 [Electronic resource]: DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2022-22762 (date of access: 31.01.2026).

Forsgard R.A., Bayless T.M. (2023) Probiotics – compensation for lactase insufficiency. *The American Journal of Clinical Nutrition,* 73(2 suppl):421s–429s [Electronic resource]: URL: https://ajcn.nutrition.org/article/S0002-9165(23)06508-5/fulltext (date of access: 31.01.2026).

Seed, Inc. (2025) Probiotics for lactose intolerance: A guide. *SEED Cultured* [Electronic resource]: URL: https://seed.com/cultured/probiotics-for-lactose-intolerance-guide/ (date of access: 31.01.2026).

Leis R., de Castro M.-J., de Lamas C., Picáns R., Couce M.L. (2020) Effects of prebiotic and probiotic supplementation on lactase deficiency and lactose intolerance: A systematic review of controlled trials. *Nutrients,* 12(5), 1487 [Electronic resource]: DOI: https://doi.org/10.3390/nu12051487 (date of access: 31.01.2026).

Quinto E.J., Jiménez P., Caro I. et al. (2014) Probiotic Lactic Acid Bacteria: A Review. *Food and Nutrition Sciences,* 5, 1765-1775 [Electronic resource]: URL: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=49908 (date of access: 31.01.2026).

Ludwig W., Schleifer K.H., Whitman W.B. (2009) Revised road map to the phylum Firmicutes. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. *The Firmicutes,* 3, 1-17. New York: Springer-Verlag [Electronic resource]: URL: https://www.researchgate.net/publication/227210599_Revised_Road_Map_to_the_Phylum_Firmicutes (date of access: 31.01.2026).

Shenderov B.A. (2008) *Funktsional'noe pitanie i ego rol' v profilaktike metabolicheskogo sindroma.* Moskva: DeLiprint, 319.

Meditsinskiy sovet (2025) *Stat'ya o funktsional'nom pitanii i zdorov'e* [Electronic resource]: URL: https://www.med-sovet.pro/jour/article/view/4827?locale=ru_RU (date of access: 31.01.2026).

Alibekov R.S., Ovchinnikova O.Yu. (2016) Laktoznaya neperenosimost' i bezlaktoznoe moloko. *Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I.Razzakova,* 37, 212-215 [Electronic resource]: URL: https://arch.kyrlibnet.kg/uploads/KSTUALIBEKOV2016-37.pdf (date of access: 31.01.2026).

Muzafarov E.N. (2022) Biotekhnologiya. Istoriya sozdaniya produktov: *uchebnoe posobie dlya SPO*. Sankt-Peterburg: Lan', 360.

MSKCC (2025) *Calcium supplements.* Memorial Sloan Kettering Cancer Center [Electronic resource]: URL: https://www.mskcc.org/ru/pdf/cancer-care/patient-education/calcium-supplements (date of access: 31.01.2026).

Пробиотиктермен және кальциймен байытылған лактозасыз өнімдерді әзірлеу

[1]А.Әділ, [2]М.А.Абдулжанова
[1]физика-математика бағытындағы Назарбаев Зияткерлік мектебі (Алматы, Қазақстан)
[2]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан)

Аңдатпа
Қазіргі әлемде лактаза жеткіліксіздігі мәселесі барған сайын өзекті бола түсуде. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) мәліметтері бойынша, әлемдегі ересек халықтың 65%-дан астамы лактозаға төзбеушіліктің әртүрлі түрлерінен зардап шегеді. Осыған байланысты миллиондаған адамдар сүт өнімдерін күнделікті тағам рационынан алып тастауға мәжбүр, бұл кальций, D дәрумені және пробиотиктер тапшылығына әкеледі. Бұл компоненттер сүйек тінінің, иммундық және ас қорыту жүйелерінің саулығын сақтау үшін аса маңызды. Лактозаға төзбеушілік Қазақстанда да кең таралған және халықтың шамамен 75%-ын қамтиды. Бұл дәстүрлі тағам өнімдеріне балама ретінде лактозасыз, қолжетімді әрі кешенді өнімдерді әзірлеудің маңыздылығын көрсетеді. Зерттеу барысында

классикалық микробиологиялық әдістер, лактозаны гидролиздеудің энзиматикалық әдісі, функционалдық тағам өнімдерін әзірлеудің заманауи тәсілдері, органолептикалық көрсеткіштерді анықтау әдістері, сауалнама жүргізу және статистикалық талдау қолданылды. Ферменттелген тағам өнімдерінен сүтқышқылды бактериялардың 6 изоляты бөлініп алынды. Бактериялар келесі түрлерге жатқызылды: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus casei* және *Lactococcus lactis*. *Lactobacillus reuteri* 2 тест-дақылдарға қатысты жоғары антагонистік белсенділік көрсетті: *Candida albicans* (42±2,1 мм), *Staphylococcus aureus* (41±1,2 мм), *Pseudomonas aeruginosa* (16±1,2 мм) және *Escherichia coli* (40±2,3 мм). β-галактозидаза ферментін қолдана отырып жүргізілген ферментативтік гидролиз нәтижесінде лактозасыз сүт алынды. Лактозаның қалдық мөлшері 0,01-0,1% (1-10 мг/мл) құрады. Йогуртты байыту үшін кальцийдің оңтайлы формасы ретінде кальций глюконаты таңдалды. Кальций мөлшері 120-150 мг/100 г деңгейінде болып, ұсынылған тәуліктік нормаларға сәйкес келді. Пробиотиктер, кальций және D дәрумені қосылған лактозасыз және соя сүті негізіндегі йогурт рецептурасы әзірленді. Бұл өнім функционалдық болып табылады және дәстүрлі сүт өнімдерінің баламасы ретінде қолданылуы мүмкін. Органолептикалық бағалау нәтижелері йогурттың жағымды дәмге, біркелкі құрылымға ие екенін және сақтау кезінде тұрақтылығын сақтайтынын көрсетті. *Lactobacillus reuteri* 2 пробиотиктерінің концентрациясы сақтау мерзімі бойы 10^7–10^8 КОЕ/г деңгейінде сақталды. Алынған нәтижелер кальциймен және пробиотиктермен байытылған лактозасыз функционалдық йогуртты өнеркәсіптік көлемде өндіру мүмкіндігін дәлелдейді.
Түйін сөздер: пробиотиктер, лактаза жеткіліксіздігі, сүт өнімдері, кальций, *Lactobacillus reuteri* 2.

Development of lactose-free products enriched with probiotics and calcium

[1]A.Adil, [2]M.A.Abdulzhanova
[1]Nazarbayev Intellectual School of Physics and Mathematics (Almaty, Kazakhstan)
[2]al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan)

Abstract
In the modern world, lactose intolerance has become an increasingly significant public health issue. According to the World Health Organization (WHO), more than 65% of the adult population worldwide suffer from various forms of lactose intolerance. As a result, millions of people are forced to exclude dairy products from their daily diet, leading to a significant deficiency of calcium, vitamin D, and probiotics - components that are critically important for maintaining bone health, as well as immune and digestive system function. Lactose intolerance is also highly prevalent in Kazakhstan, affecting approximately 75% of the population. This highlights the urgent need for accessible and comprehensive lactose-free alternatives to traditional food products. In this study, classical microbiological methods, an enzymatic lactose hydrolysis method, modern approaches to functional food development, organoleptic evaluation methods, questionnaire surveys, and statistical analysis were applied. During the study, six isolates of lactic acid bacteria were isolated from fermented food products. The isolates were identified as *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus casei*, and *Lactococcus lactis*. *Lactobacillus reuteri* 2 demonstrated a high level of antagonistic activity against the test cultures: *Candida albicans* (42±2.1 mm), *Staphylococcus aureus* (41±1.2 mm), *Pseudomonas aeruginosa* (16±1.2 mm), and *Escherichia coli* (40±2.3 mm). Lactose-free milk was obtained by enzymatic hydrolysis using β-galactosidase. The residual lactose content was less than 0.01-0.1% (1-10 mg/mL). Calcium gluconate was selected as the optimal form of calcium for yogurt fortification. The calcium content ranged from 120 to 150 mg per 100 g of product, which meets the recommended dietary intake. A yogurt formulation based on lactose-free and soy milk with the addition of probiotics, calcium, and vitamin D was developed. The resulting product is functional and can serve as an alternative to traditional dairy products. Organoleptic evaluation demonstrated that the yogurt has a pleasant taste, uniform texture, and maintains stability during storage. The concentration of the probiotic *Lactobacillus reuteri* 2 remained at 10^7-10^8 CFU/g throughout the storage period. The obtained results confirm the feasibility of industrial production of lactose-free functional yogurt enriched with calcium and probiotics.
Keywords: probiotics, lactose intolerance, dairy products, calcium, *Lactobacillus reuteri* 2.

Поступила в редакцию: 12.02.2026
Одобрена: 02.04.2026
Первая публикация на сайте: 16.06.2026