АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Икомбаева Талгата Дюсюмбековича на тему «Оптимизация технологии производства национальных вязкопластичных кисломолочных продуктов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D05101 – «Биотехнология (по отраслям и областям применения)»

Общая характеристика диссертационной работы. Диссертационная работа посвящена разработке и научному обоснованию щадящей технологии производства национальных вязкопластичных кисломолочных продуктов на основе козьего молока с применением отечественных низкокислотопродуцирующих пробиотических заквасок, имеющих важное практическое значение. В работе учитываются биохимические особенности козьего молока и современные требования к качеству и функциональности продукции. Разработанная технология сохраняет биологически ценные компоненты, улучшает органолептические свойства и усиливает функциональный эффект продуктов.

В исследовании использованы пробиотические штаммы *Lactobacillus paracasei, Lactococcus lactis* и *Bifidobacterium crudilactis,* выделенные из традиционных кисломолочных продуктов региона, что обеспечивает их адаптацию к местной микрофлоре и высокую эффективность в мягком молочнокислом брожении. Применение этих культур позволяет получать творог с пониженной кислотностью, сохранять пищевую ценность козьего молока, улучшать текстуру и вкус, а также придавать продукту выраженные пробиотические свойства.

Актуальность исследовательской работы. Современные тенденции в области питания, ориентированные на здоровье, функциональность и безопасность пищевых продуктов, актуализируют необходимость разработки новых технологий переработки молочного сырья, обладающих высокой биологической ценностью и пробиотическим эффектом. Особенно значимой является переработка козьего молока, обладающего уникальными свойствами - низкой аллергенностью, повышенной усвояемостью и сбалансированным аминокислотным и липидным составом. Однако традиционные технологии, ориентированные на переработку коровьего молока, оказываются неэффективными при работе с козьим молоком, что требует адаптации и внедрения щадящих биотехнологических решений.

В условиях Республики Казахстан, где исторически сложились традиции потребления кисломолочных продуктов, а также растёт интерес к функциональному и диетическому питанию, особенно актуальной является разработка технологий, обеспечивающих сохранение природных свойств козьего молока и формирование продукции с направленным оздоровительным действием. Использование низкокислотопродуцирующих пробиотических культур, выделенных из местных традиционных продуктов, открывает новые возможности для создания высококачественных кисломолочных изделий.

Применение технологии с использованием низкокислотопродуцирующих пробиотических бактерий обусловлено биохимическими особенностями козьего молока, содержащего меньше казеина, особенно αs1-казеина, что обеспечивает его меньшую кислотоустойчивость и более мягкую коагуляцию.

Разработка щадящей технологии производства творога из козьего молока с применением отечественных пробиотических штаммов отвечает актуальным требованиям к качеству, безопасности и пищевой ценности продукции, способствует расширению ассортимента молочных изделий и повышению конкурентоспособности отечественной продукции. Кроме того, реализация данной технологии имеет практическое значение для стимулирования развития молочного козоводства в Казахстане как перспективного направления животноводства.

Цель исследовательской работы: Оптимизировать технологию производства творога из козьего молока с использованием низкокислотопродуцирующих пробиотических заквасок.

Основные задачи исследования для достижения поставленной цели:

1. Изучить физико-химические и технологические свойства козьего молока, отобранного в качестве сырья для производства вязкопластичного кисломолочного продукта (творога).
2. Выделить и идентифицировать чистые культуры молочнокислых бактерий (МКБ) из традиционных кисломолочных продуктов с применением современных микробиологических и молекулярно-генетических методов.
3. Изучить биохимические, технологические и пробиотические свойства выделенных штаммов молочнокислых бактерий, включая оценку их антимикробной активности, гидрофобности клеточной поверхности, способности к аутоагрегации и коагрегации, формированию биоплёнок, а также переносимости к солям желчи и устойчивости к антибиотикам.
4. Получить опытные пробы творога из коровьего и козьего молока по традиционной технологии, провести анализ их органолептических и физико-химических характеристик.
5. Разработать композиции отечественных низкокислотопродуцирующих пробиотических штаммов, адаптированных к особенностям козьего молока.
6. Оптимизировать технологический процесс производства пробиотического творога с применением низкокислотопродуцирующих культур и получить пробиотический творог из козьего молока с использованием разработанных заквасок.
7. Изучить и оценить физико-химические и микробиологические показатели полученного пробиотического творога на основе козьего молока.

Объектами исследования являются: Козье и коровье молоко, творог из козьего и коровьего молока, низкокислотопродуцирующие пробиотические штаммы молочнокислых бактерий (*Lacticaseibacillus paracasei, Bifidobacterium curdilactis, Lactococcus lact*is), вязкопластичный кисломолочный продукт - творог, произведённый по разработанной технологии на основе козьего молока, а также бактериальные тест-культуры: *Bacillus cereus, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa.*

Научная новизна результатов исследования.

Впервые из проб козьего молока и творога, отобранных в Восточно-Казахстанской области, были выделены и охарактеризованы пять автохтонных штаммов молочнокислых бактерий с выраженными пробиотическими и технологическими свойствами. Проведена их молекулярно-генетическая идентификация методом секвенирования гена 16S рРНК. Полученные нуклеотидные последовательности депонированы в международной базе данных GenBank Национального центра биотехнологической информации (NCBI, США) под номерами: PX376708 (EF71346868), PX376985 (EF71346863), PX376986 (EF71346869), PX376954 (EF71346862), PX377005 — (EF71346864). Регистрация в GenBank подтверждает оригинальность штаммов и их потенциал в качестве пробиотиков, адаптированных к микрофлоре населения Республики Казахстан.

Научно обоснована возможность применения низкокислотопродуцирующих пробиотических заквасок, полученных на основе автохтонных штаммов с учетом их ключевых метаболических характеристик для мягкого молочнокислого брожения козьего молока с формированием сгустка при кислотности 51–79°Т

Разработаны и апробированы три пробиотических консорциума штаммов *Lactobacillus paracasei, Lactococcus lactis и Bifidobacterium crudilactis*, обладающих низкой кислотопродукцией и высокой биосовместимостью, а также обеспечивающих стабильное сквашивание, высокую жизнеспособность пробиотических клеток (до $2{,}9\times10^{8}$ КОЕ/г) и улучшенные органолептические свойства готового продукта.

Проведено сравнительное исследование творога из козьего и коровьего молока, произведённого по традиционной технологии. Козий творог при сопоставимом

содержании белка (14,38–14,6 %) характеризуется более высокой калорийностью (213,02–258,73 ккал/100 г) за счёт жира (до 21,09 %), повышенным содержанием минералов: фосфора — до 0,214 мг/100 г, кальция — до 0,169 мг/100 г, а также водорастворимых витаминов. Полученные показатели демонстрируют высокую биологическую ценность козьего творога и обосновывают его перспективность для функционального и диетического питания.

Оптимизирована технология производства вязкопластичного творога из козьего молока с применением щадящего режима и пробиотических консорциумов отечественных низкокислотопродуцирующих штаммов. В результате снижена кислотность продукта (51–79 °Т против 156 °Т в традиционном твороге), повышены жирность (до 21,1 %) и влажность (до 66,2 %). Разработанный творог обладает мягкой консистенцией, приятным специфическим вкусом, высокой энергетической и биологической ценностью (213–259 ккал/100 г), выживаемость (до $2{,}9\times10^{8}$ КОЕ/г) и соответствует требованиям безопасности.

Практическая значимость работы.

В результате проведенных экспериментальных исследований разработана технология производства пробиотического творога из козьего молока с применением отечественных низкокислотопродуцирующих штаммов молочнокислых бактерий, выделенных из традиционных продуктов Казахстана. Использованные в работе штаммы были выделены из традиционных кисломолочных продуктов, таких как козье молоко, творог из козьего и коровьего молока, отобранных из Восточно-Казахстанского региона Республики Казахстан. Зарегистрированные в базе данных GenBank пробиотические штаммы, идентифицированные с помощью секвенирования 16S рРНК, представляют ценность для последующего применения в производстве пробиотических препаратов и функциональных продуктов.

В ходе исследования была сформирована оптимизированная заквасочная композиция, включающая лучшие по функционально-технологическим и пробиотическим показателям штаммы: *Lacticaseibacillus paracasei* (KAN EI 4, Gch 5.2.1), *Bifidobacterium crudilactis* (7-2, 7-6C), *Lactococcus lactis subsp. lactis* (7-1M, 7-8M), полученные из традиционных региональных продуктов. Эта композиция подобрана с учётом биохимических характеристик козьего молока - низкой кислотоустойчивости и специфической белковой структуры, что позволило адаптировать процесс сквашивания и создать щадящую технологию**.**

Разработанная технология пробиотического творога из козьего молока обеспечивает мягкое молочнокислое брожение, формирование вязкопластичной текстуры, оптимальный уровень кислотности.

Готовый продукт отличается мягким, сбалансированным вкусом без выраженной кислинки, высокой пробиотической активностью. Технология особенно актуальна для фермерского и экологически ориентированного производства, где важно сохранить природную ценность сырья и применять щадящие методы переработки. Предложенная технология может быть успешно реализована как на перерабатывающих предприятиях, так и в условиях малых фермерских хозяйств. Она отличается воспроизводимостью, технологической надёжностью и соответствует актуальным тенденциям в области функционального и здорового питания.

Основные положения, рекомендуемые к защите:

Научно обоснована технология производства пробиотического творога из козьего молока с использованием отечественных низкокислотопродуцирующих штаммов *Lactobacillus paracasei, Lactococcus lactis* и *Bifidobacterium crudilacti*s.

Применение разработанной технологии с использованием консорциума *Lactobacillus paracasei* Gch 5.2.1 и *Lactococcus lactis* 7-8 M обеспечивает контролируемое мягкое брожение (до 79°Т), способствующее формированию вязкопластичной структуры и стабильных органолептических свойств творога.

Автохтонные штаммы молочнокислых бактерий, использованные при производстве творога из козьего молока, обладают высокой пробиотической активностью,

подтверждённой результатами *in vitro*-исследований (высокая ферментативная и антимикробная активность, выраженная адгезивная способность и устойчивость к стресс-факторам).

Основные результаты и выводы исследования:

1. Анализ органолептических и физико-химических показателей козьего молока из разных регионов Казахстана показал, что наиболее качественным для производства вязкопластичного творога является молоко из села Самар Восточно-Казахстанской области, характеризующееся повышенной жирностью, сбалансированным содержанием белка, оптимальной консистенцией и приятным вкусом.

2. Из козьего молока и творога Восточно-Казахстанской области выделены 23 изолята, идентифицированы 5 чистых культур штаммов молочнокислых бактерий с потенциальными пробиотическими свойствами. Метод 16S секвенирования обеспечивает наибольшую точность, нежели методы MALDI-TOF MS и API 50 CHL, и подтвердил принадлежность штаммов к видам *Lacticaseibacillus paracasei* и *Lactiplantibacillus plantarum* .

3. Пробиотические штаммы лактобацилл, выделенные из козьего молока, продемонстрировали высокую ферментативную активность, технологическую устойчивость и выраженные пробиотические свойства, включая снижение pH до 3,8–4,6, рост численности до 10^9 КОЕ/мл, антимикробную активность против патогенных микроорганизмов, высокую гидрофобность и способность к аутоагрегации, коагрегации и формированию биоплёнок. Полученные результаты подтверждают целесообразность их использования в технологии производства пробиотического творога.

4. Разработан творог на основе козьего и коровьего молока по традиционной технологии. Козий творог обладает рядом преимуществ по сравнению с коровьим. При схожем содержании белка (14,4–14,6 %) он отличается более нежной консистенцией и характерным вкусом. Энергетическая ценность козьего творога составляет 213–259 ккал/100 г. Продукт содержит повышенное количество минеральных веществ — фосфора (0,214 мг/100 г), кальция (0,169 мг/100 г), а также водорастворимых витаминов группы В и С (1,3 мг/100 г), что повышает его пищевую ценность и делает перспективным для использования в функциональном и профилактическом питании.

5. Сформированы три биосовместимых заквасочных консорциума с использованием локальных низкокислотопродуцирующих пробиотических штаммов, выделенных из традиционных кисломолочных продуктов, что обеспечило получение мягкой структуры и высокой биологической ценности диетического кисломолочного продукта.

6. Оптимизирована технология производства вязкопластичного творога из козьего молока с применением сформированных консорциумов молочнокислых и бифидобактерий, которая позволила снизить кислотность продукта до 51–79°Т (вместо 156°Т у традиционного творога), повысить жирность до 16,3–21,1% и влажность до 66,2 %. Полученный пробиотический творог, обладающий функциональными свойствами отличался мягкой консистенцией, чистым кисломолочным вкусом и энергетической ценностью 213–259 ккал/100 г.

7. Микробиологические исследования пробиотического творога из козьего молока показали отсутствие колиформных бактерий и общую обсеменённость в пределах $1,3–1,8\times10^4$КОЕ/г. Содержание молочнокислых и бифидобактерий составляло не менее 10^7 КОЕ/г, что соответствует требованиям ТР ТС 033/2013 и подтверждает безопасность и высокую жизнеспособность пробиотиков. Наилучшие характеристики продемонстрировал творог на основе консорциума *L. paracasei* Gch 5.2.1 + *L. lactis* 7-8 M: высокая жирность, пониженная кислотность, до $2,9\times10^8$ КОЕ/г пробиотиков, приятный вкус и аромат, а также повышенное содержание кальция и фосфора.

Личный вклад диссертанта в разработку результатов научной работы, представляемой на защиту.

Диссертантом самостоятельно сформулированы основные цели и задачи исследования, разработан детальный план экспериментальной работы. Лично проведён отбор проб, а также полный комплекс лабораторных исследований, включая выделение, идентификацию и всестороннюю характеристику пробиотических штаммов. Автором выполнена комплексная оценка технологических и пробиотических свойств выделенных микроорганизмов, разработаны функциональные консорциумы заквасок и инновационная щадящая технология производства пробиотического творога.

Автор является ведущим научным сотрудником грантового проекта ИРН AP26101141 «Разработка заквасок на основе селекций коллекционных штаммов для производства функциональных продуктов, обогащённых постбиотиками», реализуемого в 2025–2027 гг. в рамках приоритетного направления «Устойчивое развитие агропромышленного комплекса». Настоящая диссертационная работа является логическим продолжением и развитием научных исследований, проводимых в рамках данного проекта.

Апробация диссертационной работы.

Основные положения и результаты диссертационного исследования были представлены и обсуждены на следующих научных мероприятиях: Международная научно-практическая конференция «Современные вызовы для биотехнологии, ветеринарии и медицины», Гвардейский, 2020; Международный молодёжный форум «Парадигмы естественно-научного образования и науки в целях устойчивого развития», Алматы, 2022; Международная конференция по микробиологии: биология и биотехнология микроорганизмов (ICMBB), 2021. Кроме того, результаты исследования отражены в научных публикациях и рекомендованы для внедрения на предприятиях молочной промышленности и в фермерских хозяйствах, занимающихся производством функциональной продукции из козьего молока.

Во второй год обучения в докторантуре автор принял участие в международном семинаре «Переработка сельскохозяйственной и животноводческой продукции для стран инициативы «Один пояс и один путь».» (Харбин, Китай, 6-26 июня 2018), где были представлены и обсуждены актуальные аспекты диссертационного исследования.

Разработанная технология по диссертационной работе прошла лабораторную апробацию в Институте «Наука о животных и ветеринарии» Казахского агротехнического исследовательского университета им. С. Сейфуллина и положительные результаты подтверждены актом испытания.

Научные публикации: По материалам диссертационной работы опубликовано 14 научных публикаций, в том числе: 2 статьи в рейтинговых международных журналах, входящих в базу данных Scopus: Journal of Agriculture and Food Research (процентиль 93, Q1); Studies in Systems, Decision and Control (процентиль 60, Q3); 2 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по качеству в сфере науки и высшего образования (ККСОН); 4 статьи в материалах международных научных конференций и форумов; 1 статья в научнотехническом журнале. В соавторстве были получены 2 патента на изобретение и 3 патента на полезную модель.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, четырёх основных глав, заключения, списка использованных источников и приложений. В первой главе представлен литературный обзор по теме исследования. Вторая глава описывает объекты, материалы и методы исследования. Третья глава содержит результаты экспериментальной работы и их обсуждение. В заключении сформулированы выводы и рекомендации. Общий объём диссертации составляет 150 страниц, набранных с использованием компьютерного шрифта. Работа включает 38 таблиц, 33 рисунков. Список использованных источников содержит 204 наименований