Инновационный Евразийский Университет

УДК 606:637.1 На правах рукописи

ИКОМБАЕВ ТАЛГАТ ДЮСЮМБЕКОВИЧ

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАЦИОНАЛЬНЫХ ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

8D05101- «Биотехнология (по отраслям и областям применения)»

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Отечественный научный консультант:
к.б.н., профессор
Оспанова А.К.
Зарубежный научный консультант:
д.т.н., профессор
Майоров А.А.

Республика Казахстан
Алматы, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
	ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
	ВВЕДЕНИЕ	9
1	**ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**	16
1.1	Вязкопластичные кисломолочные продукты: польза и эффективность применения вязкопластичных кисломолочных продуктов	16
1.2	Пробиотические действия молочнокислых бактерий	20
1.3	Сравнительная характеристика физико-химических свойств козьего и коровьего молока	23
1.4	Технология производства национальных вязкопластичных кисломолочных продуктов	26
2	**ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**	46
2.1	Материалы исследования	46
2.2	Объекты исследования	47
2.3	Методы исследования	47
2.3.1	Методы определения физико-химических свойств молока и молочных продуктов	47
2.3.2	Выделение молочнокислых бактерий и определение их морфологических свойств	48
2.3.3	Определение биохимических и технологических свойств отобранных МКБ	49
2.3.4	Определение основных пробиотических свойств отобранных МКБ	50
2.3.5	Идентификация пробиотических штаммов молочнокислых бактерий с использованием современных методик	54
3	**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**	56
3.1	Исследование органолептических и физико-химических свойств козьего молока, отобранного для получения творога	56
3.2	Выделение чистых штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) из кисломолочных продуктов	57
3.2.1	Биохимические и технологические свойства отобранных МКБ	60
3.2.2	Изучение пробиотических свойств отобранных штаммов МКБ	67
3.2.2.1	Антимикробная активность	67
3.2.2.2	Гидрофобность клеточной поверхности	69
3.2.2.3	Аутоагрегация	73
3.2.2.4	Анализ коагрегации	75
3.2.2.5	Способность к образованию биопленок	77
3.2.2.6	Переносимость желчи	78
3.2.2.7	Устойчивость к антибиотикам	82

3.2.3	Идентификации пробиотических штаммов молочнокислых бактерий с использованием современных методик	95
3.3	Получение творога на основе коровьего и козьего молока по традиционной технологии	101
3.4	Изучение органолептических и физико-химических свойств, сравнительная оценка традиционных творогов на основе коровьего и козьего молока	103
3.5	Разработка различных заквасок на основе пробиотических штаммов МКБ для рационального использования в производстве творога из козьего молока	107
3.6	Оптимизация технологии производства пробиотического творога на основе козьего молока	112
3.7	Органолептические и физико-химические показатели пробиотического творога на основе козьего молока	116
3.8	Микробиологические показатели пробиотического творога на основе козьего молока	123
3.9	Усовершенствование технологии вязкопластичных кисломолочных продуктов	125
3.10	Практическая ценность применения технологии творога на основе пробиотических заквасок	128
4	**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**	131
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	133
	ПРИЛОЖЕНИЯ	150

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 10444	Микробиология пищевых продуктов. Методы испытаний.
ГОСТ 18481-81	Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли витаминов.
ГОСТ 25011-81	Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.
ГОСТ 26781-85	Молоко и молочные продукты. Общие технические условия.
ГОСТ 3626-73	Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли углеводов.
ГОСТ 3624-92	Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности.
ГОСТ 5867-90	Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли жира.
ГОСТ 51473-99	Молочные продукты. Методы определения массовой доли белка.
ГОСТ 52054-2003	Молоко коровье сырое. Технические условия.
ГОСТ 52096-2003	Молочные продукты. Методы определения массовой доли влаги.
ГОСТ 31452-2012	Сметана. Технические условия.
ГОСТ 31980-2012	Молоко и молочные продукты. Метод определения массовой доли сухих веществ.
ГОСТ 55331-2012	Молочные продукты. Методы определения массовой доли молочного жира.
ГОСТ 31453-2013	Творог. Технические условия.
ГОСТ 32915-2014	Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии.
ГОСТ 31454-2018	Продукты молочные. Метод измерения pH
ГОСТ 34454-2018	Молочные продукты. Методы определения массовой доли микроэлементов и белка методом Кьельдаля.
СТ РК 94-95	Творог. Технические условия. Национальный стандарт Республики Казахстан, введён в действие с 01.01.2015.
СТ РК 1733-2015	Кисломолочные продукты. Общие технические условия. Национальный стандарт Республики Казахстан.
СТ РК 2069-2015	Продукция кисломолочная. Общие технические условия.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Адгезия - процесс прилипания или сцепления одной поверхности с другой, обеспечивающий контакт и удержание объектов или клеток на различных биологических или небиологических поверхностях.

Бифидобактерии - палочковидные бактерии, относящиеся к представителям нормальной микрофлоры организма.

Гомогенизация - процесс механического воздействия на молоко или другую жидкость с целью равномерного распределения жировых частиц и предотвращения их расслоения.

Идентификация - определение характерных (типичных) морфологических, биохимических и/или генетических свойств микроорганизма с целью его точного распознавания.

Культура - популяция жизнеспособных микроорганизмов, выращенная на плотной или жидкой питательной среде.

Микробиоценоз - совокупность микроорганизмов, входящих в состав конкретного биоценоза и взаимодействующих между собой и с окружающей средой.

Микрофлора - совокупность микроорганизмов, обитающих в определённой среде организма (например, в кишечнике, на коже, слизистых оболочках и т.д.).

Молочные продукты - пищевая продукция, производимая из молока и (или) его компонентов без использования немолочных жиров и белков; допускается включение функционально необходимых ингредиентов.

Молочное сырьё (сырье) - молоко, не подвергавшееся термической обработке и предназначенное для дальнейшей переработки.

Охлаждение - технологический процесс снижения температуры продукта (в частности, молока) до установленного уровня, необходимого для замедления роста микрофлоры и продления срока хранения.

Очистка молока - процесс удаления механических примесей (шерсти, пыли, сгустков и др.) из молока, как правило, с использованием фильтрации или сепарации.

Пастеризация - термическая обработка продукта при температуре от 65 °C до 100 °C, обеспечивающая уничтожение не менее 99% патогенных и вегетативных клеток микроорганизмов, присутствующих в исходном составе продукта.

Пробиотик - живые или высушенные микроорганизмы, преимущественно молочнокислые бактерии, способствующие восстановлению и поддержанию нормальной микрофлоры кишечника.

Пребиотик - непатогенное вещество немикробного происхождения, которое избирательно стимулирует рост и/или активность нормальной кишечной микрофлоры.

Стерилизация - процесс полного уничтожения всех форм микроорганизмов (в том числе спор), находящихся на поверхностях, в продуктах или материалах.

Технология - совокупность знаний, методов и процессов, направленных на получение готовой продукции из сырья и материалов с использованием специализированного оборудования и приёмов.

Термостат - устройство, предназначенное для поддержания постоянной температуры, необходимой для проведения биологических, микробиологических и других исследований.

Штамм - культура микроорганизмов одного вида, обладающая стабильными морфологическими, физиологическими и биохимическими признаками.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Перечень обозначений и сокращения, применяемых в диссертации:

^{0}Т	– кислотность по Тёрнеру
ААД	– антибиотикоассоциированная диарея
АПФ	– ангиотензин-превращающий фермент
β-ЛГ	– β-лактоглобулин
ВОЗ	– Всемирная организация здравоохранения
ДНК	– дезоксирибонуклеиновая кислота
ЖКТ	– желудочно-кишечный тракт
ЗК	– воспалительные заболевания кишечника (ВЗК)
IgA	– иммуноглобулин А - антитело, играющее ключевую роль в местном иммунитете слизистых оболочек
IL-6	– интерлейкин-6 - провоспалительный цитокин, участвующий в иммунном ответе
IL-10	– интерлейкин-10 - противовоспалительный цитокин, регулирующий иммунный ответ
ИГ	– иммуноглобулин
КОЕ	– колониеобразующая единица
ЛФ	– лактоферрин
ЛЦ	– лизоцим
MALDI-TOF/MS	– матрично-активируемая лазерная десорбция/ионизация с использованием анализа времени пролёта в масс-спектрометрии (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight Mass Spectrometry) метод анализа массы биомолекул
МКБ	– молочнокислые бактерии
МПа	– мегапаскаль - единица измерения давления (1 МПа = 10^6 Па)
мРНК	– матричная рибонуклеиновая кислота - молекула, несущая генетическую информацию от ДНК к рибосомам
MRS	– питательная среда для выделения и культивирования чистых культур молочнокислых бактерий
ОМ	– обезжиренное молоко
ОП	– оптическая плотность
PBS-буфер	– фосфатно-солевой буфер (Phosphate Buffered Saline) - раствор, поддерживающий постоянный pH в биологических системах
SAB	– сывороточный альбумин
СРК	– синдром раздражённого кишечника
TNF-α	– фактор некроза опухоли-альфа - цитокин, участвующий в системном воспалительном ответе
Ф6ФФК	– фруктозо-6-фосфатфосфокетолаза
ФАВ	– физиологически активные вещества
ФАО	– Продовольственная и сельскохозяйственная организация

Объединённых Наций (FAO)

–SH – сульфгидрильные группы - функциональные группы, содержащие атом серы и водорода, играющие важную роль в структуре белков

α-ЛА – α-лактальбумин

ЭПС – экзополисахариды - полисахариды, выделяемые микроорганизмами во внешнюю среду

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика диссертационной работы: Работа направлена на оптимизацию технологии производства национальных вязкопластичных кисломолочных продуктов на основе козьего молока с использованием отечественных низкокислотопродуцирующих пробиотических композиций заквасок, имеющих практическое значение в молочной промышленности. В ходе исследования учитывались биохимические особенности козьего молока в качестве сырья, а также требования к качеству и функциональности готовой продукции. Применение щадящей технологии способствует сохранению биологически ценных компонентов, улучшению органолептических показателей и повышению функциональной направленности продукта.

Актуальность исследовательской работы:

Молочная отрасль занимает важное место в агропромышленном комплексе Республики Казахстан. Исторически сложившиеся традиции производства и потребления кисломолочных продуктов способствовали формированию уникальной культуры питания, в которой особое значение придаётся вязкопластичным изделиям: творогу, йогуртам, сметане, мягким сырам и другим продуктам, полученным в результате молочнокислого брожения.

С развитием науки и технологий усиливается необходимость совершенствования традиционных методов переработки молока, обеспечения стабильного качества и расширения ассортимента с учётом потребностей современного потребителя. Особую значимость приобретают биотехнологические подходы, направленные на улучшение микрофлоры, повышение пищевой ценности и функциональности продукции.

В условиях глобализации, конкуренции и растущего интереса к здоровому питанию перед отечественными производителями стоит задача не только сохранения традиционных рецептур, но и оптимизации технологических процессов, обеспечивающих высокие органолептические и потребительские характеристики продукции. При этом особое внимание требует сектор молочного козоводства, развитие которого в Казахстане остаётся ограниченным.

Несмотря на высокую биологическую и диетическую ценность, продукция из козьего молока пока не в полной мере удовлетворяет потребительский спрос [1]. Козье молоко обладает рядом преимуществ по сравнению с коровьим: меньшей аллергенностью, лучшей усвояемостью, особым аминокислотным и липидным составом. Благодаря пониженному содержанию лактозы и отсутствию аллергенных белков, таких как αs1-казеин, оно может быть рекомендовано людям с непереносимостью лактозы и аллергией на белки коровьего молока [2].

Однако особенности белкового состава козьего молока обусловливают его слабую кислотоустойчивость и требуют адаптации традиционных технологий ферментации и коагуляции [3]. Многочисленные методы, применяемые для переработки коровьего молока, оказываются неприемлемыми

при производстве продуктов на основе козьего молока. Это определяет необходимость разработки щадящих технологических решений, способных обеспечить мягкое молочнокислое брожение и формирование высококачественной текстуры продукта.

Особое внимание в работе уделено использованию пробиотических культур, оказывающих благоприятное воздействие на здоровье человека: стимулирующих иммунную систему, синтезирующих витамины, подавляющих рост патогенной микрофлоры и поддерживающих баланс кишечной микробиоты [4,5]. Наиболее широко в молочной промышленности применяются штаммы родов *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*[6,7].

В условиях Республики Казахстан особенно актуально использование пробиотических штаммов, выделенных из традиционных кисломолочных продуктов, которые хорошо приспособлены к условиям местного потребителя. Использование местных заквасок, выделенных из традиционных кисломолочных продуктов, обеспечивает не только технологическую эффективность, но и функциональную совместимость с микробиотой потребителей. Эти культуры демонстрируют хорошую приживаемость и устойчивость к действию желудочно-кишечной среды.

Применение пробиотических композиций при производстве творога из козьего молока обеспечило умеренное кислотообразование в процессе сквашивания молока. В результате сформировалась мягкая, нежная и вязкопластичная структура продукта. Использование пробиотических культур способствовало повышению биологической ценности творога за счет сохранения жизнеспособных микроорганизмов. Полученный продукт продемонстрировал выраженное пробиотическое действие и высокую выживаемость пробиотических культур в условиях желудочно-кишечного тракта.

Таким образом, полученный продукт сочетает в себе функциональные свойства пробиотика и традиционные органолептические характеристики, что позволяет отнести его к категории продуктов с направленным функциональным действием.

С учётом вышеизложенного в настоящем исследовании была разработана оптимизированная технология производства творога из козьего молока с применением низкокислотопродуцирующих пробиотических штаммов *Lactobacillus paracasei*, *Lactococcus lactis* и *Bifidobacterium crudilactis*. Использование данных культур обеспечивает мягкое молочнокислое брожение, контроль кислотности и сохранение природных свойств козьего молока. Дополнительно достигается улучшение вкусовых и текстурных характеристик, что особенно важно для продукции, ориентированной на детское, диетическое и функциональное питание.

Отдельное значение имеет тот факт, что применённые пробиотические штаммы были выделены автором из козьего молока и традиционных кисломолочных продуктов региона, что обеспечивает их высокую адаптацию и устойчивость, а также делает разработанную технологию особенно релевантной для условий Республики Казахстан.

Разработка направлена на решение нескольких актуальных задач: расширение ассортимента продукции из козьего молока, повышение её качества и биологической ценности, а также стимулирование развития молочного козоводства в Казахстане как перспективного направления животноводства.

Актуальность выполненной работы определяется необходимостью модернизации технологий переработки козьего молока, повышения конкурентоспособности отечественной молочной продукции, а также расширения её применения в сферах диетического, детского и функционального питания.

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

Задачи исследования:

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

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.

Объекты исследования:

1. Пробы козьего и коровьего молока регионов Республики Казахстан, используемые в качестве сырья для производства кисломолочных продуктов.
2. Пробы традиционных кисломолочных продуктов (козье молоко, творог из коровьего и козьего молока) Восточно-Казахстанского региона, используемые для выделения пробиотических штаммов.

3. Отечественные низкокислотопродуцирующие пробиотические штаммы молочнокислых бактерий, такие как *Lacticaseibacillus subsp. paracasei* KAN EI 4, *Bifidobacterium crudilactis* 7-2, *Lacticaseibacillus subsp. paracasei* Gch 5.2.1, *Lactococcus lactis subsp. lactis* 7-8 M, *Lactococcus lactis subsp. lactis* 7-1M, *Bifidobacterium crudilactis* 7-6C.

4. Вязкопластичный кисломолочный продукт – творог.

5. Бактериальные тест-культуры, используемые для оценки антимикробной активности пробиотических штаммов: *Bacillus cereus* 1410 A, *Staphylococcus aureus* CCM 4516, *Escherichia coli* CCM 4516, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 1961.

Научная новизна исследования:

1. 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.

2. 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

3. Разработаны и апробированы три пробиотических консорциума штаммов *Lactobacillus paracasei, Lactococcus lactis u 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.

4. 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.

5. 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 ценность работы:

Практическая значимость выполненного исследования заключается в разработке и научном обосновании технологии производства пробиотического творога из козьего молока с применением отечественных низкокислотопродуцирующих штаммов молочнокислых бактерий. 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 отличие от зарубежных заквасок, локальные штаммы характеризуются высокой жизнеспособностью в желудочно-кишечном тракте, биологической совместимостью с микробиотой населения, улучшенной усвояемостью продукта и выраженным положительным физиологическим эффектом.

Такие свойства позволяют снижать риск побочных реакций (включая аллергические), усиливать иммуномодулирующий и антимикробный эффект, а также более эффективно восстанавливать микробный баланс. Таким образом, применение отечественных заквасок является не только более целесообразным в сравнении с импортными аналогами, не адаптированными к региональным условиям.

В ходе исследования была сформирована 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 и повышенной усвояемостью. 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.

Таким образом, установлено, что результаты данного исследования обладают высокой прикладной ценностью для развития молочного козоводства и увеличения ассортимента отечественной пробиотической продукции. Технология способствует укреплению продовольственной безопасности, повышению конкурентоспособности национального производства и формированию современной модели питания населения с профилактической и функциолнальной направленностью.

Основные положения, выносимые на защиту:

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°T), 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).

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; International Conference on Microbiology: Biology and Biotechnology of Microorganisms (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 «Agriculture and LiveStock Products Processing for the Belt and Road couintries» (Харбин, Китай, 6-26 июня 2018), где были представлены и обсуждены актуальные аспекты диссертационного исследования (ПРИЛОЖЕНИЕ 3).

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 (КОКСОН); 4 статьи в материалах международных научных конференций и форумов; 1 статья в научно-техническом журнале. В соавторстве были получены 2 патента на изобретение и 3 патента на полезную модель.

Связь данной работы с другими научно-исследовательскими работами:

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 годах в рамках приоритета «Устойчивое развитие агропромышленного комплекса». Настоящая диссертационная работа является логическим продолжением и развитием научных исследований, проводимых в рамках данного проекта.

Работа опирается на современные достижения в области микробиологии и пищевой биотехнологии. В диссертации развиваются и адаптируются методы применения пробиотических штаммов, учитывающих биохимические особенности козьего молока и региональную микрофлору. Полученные результаты дополняют и расширяют существующую научную базу, предлагая инновационный подход к производству функционального творога, имеющего высокую актуальность для отечественной молочной промышленности и сельского хозяйства.

Структура и объем диссертационной работы: Диссертация состоит из введения, четырёх основных глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объём диссертации составляет 150 страниц, набранных с использованием компьютерного шрифта. Работа включает 38 таблиц**,** 33 рисунков**.** Список использованных источников содержит 204 наименований.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Вязкопластичные кисломолочные продукты: польза и эффективность применеия вязкопластичных кисломолочных продуктов

Кисломолочные продукты вязкопластичной консистенции, к которым относятся творог и творожные изделия, сметана, йогурт, а также отдельные виды мягких и рассольных сыров, занимают особое место в структуре питания населения Казахстана и других стран с развитым молочным скотоводством. Эти продукты сочетают в себе высокую питательную, биологическую и диетическую ценность, обусловленную содержанием легкоусвояемых белков, молочнокислых бактерий, витаминов группы В, органических кислот и минеральных веществ.

Текстура таких продуктов определяется совокупностью факторов: видом заквасочной микрофлоры, технологическим режимом, составом исходного сырья, уровнем влагоудержания и степенью коагуляции белков. Консистенция характеризуется вязкопластичными свойствами, обеспечивающими желаемое восприятие потребителем.

Творог - это белковый кисломолочный продукт, вырабатываемый путем сквашивания молока (нормализованной смеси) чистыми культурами молочнокислых бактерий (лактококков; лактобактерии и термофильных молочнокислых стрептококков) с последующим удалением сыворотки из сгустка. Творог вырабатывается различными способами, отличающимися уровнем механизации и автоматизации технологического процесса, трудоемкостью и расходом сырья. Он отличается высоким содержанием полноценного белка (до 18%), молочного жира, кальция, витаминов группы В и легкоусвояемыми формами минеральных веществ [12].

В национальной практике творог может использоваться как самостоятельный продукт, так и как основа для творожных изделий: десертов, запеканок, сырников и др. Особое внимание уделяется его консистенции, влажности и кислотности, которые определяются условиями сквашивания, видом заквасочной микрофлоры, температурным режимом и технологией отцеживания сыворотки.

По методу образования сгустка различают два способа производства творога: кислотный и сычужно-кислотный.

Первый основывается только на кислотной коагуляции белков путем сквашивания молока молочнокислыми бактериями с последующим нагреванием сгустка для удаления излишней сыворотки. Кроме того, этот способ обеспечивает выработку такого творога более нежной консистенции. Для отделения сыворотки необходим подогрев сгустка.

При сычужно-кислотном способе свертывания молока сгусток формируется комбинированным воздействием сычужного фермента и молочной кислоты. Под действием сычужного фермента казеин на первой стадии переходит в параказеин, на второй - из параказеина образуется сгусток. Образование сгустка под действием сычужного фермента происходит быстрее, при более низкой кислотности, чем при осаждении белков молочной кислотой,

полученный сгусток имеет меньшую кислотность, на 2-4 ч ускоряется технологический процесс. При сычужно-кислотной коагуляции кальциевые мостики, образующиеся между крупными частицами, обеспечивают высокую прочность сгустка. Такие сгустки лучше отделяют сыворотку, чем кислотные, так как в них быстрее происходит уплотнение пространственной структуры белка. Поэтому подогрев сгустка для интенсификации отделения сыворотки не требуется [13, 14].

В качестве сырья используют доброкачественное свежее молоко цельное и обезжиренное кислотностью не выше 20°Т, молоко цельное и обезжиренное сухое высшего сорта, сливки сухие, масло сливочное, концентрат бактериальный сухой мезофильных молочнокислых стрептококков – *Str.lactis, Str.cremoris, Str.thermophilus* фермент сычужный, пепсин пищевой говяжий или свиной, хлористый кальций, вода питьевая.

К творожным изделиям также относятся различные творожные массы и сырки, торты, кремы и т.п. Основным сырьем для них является творог из пастеризованного молока и сливочное масло. В качестве вкусовых наполнителей и ароматических веществ используют сахар, мед, какао, цукаты, орехи, изюм, поваренную соль, перец, ванилин и пр.

Готовые творожные изделия должны удовлетворять требованиям технических условий по кислотности, содержанию жира, влаги, сахара и соли; иметь чистые кисломолочные вкус и запах с явно выраженным вкусом и запахом вносимых добавок; однородную, нежную, в меру плотную консистенцию; белый с кремовым оттенком или обусловленный вкусовыми добавками (какао, шоколад) цвет, равномерный во всей массе.

Глазированные сырки вырабатывают из творога с пониженным содержанием влаги. Подготовленную творожную массу охлаждают до 6-8°С, формуют и покрывают глазурью, изготовленной на какао-масле - при 29-30 °С, на кондитерском жире - при 39-40°С. После глазировки сырки охлаждаются.

Сметана – это ферментированный молочный продукт, получаемый сквашиванием нормализованных сливок с использованием мезофильных заквасочных культур. В традиционной казахской кулинарии сметана применяется как самостоятельный продукт, а также как компонент для приготовления соусов, заправок и других блюд.

Технология сметаны требует стабильной эмульсионной структуры и выраженной вязкости. Основными технологическими задачами при её производстве являются стабилизация жировой фазы, формирование однородной пластичной консистенции, контроль кислотности и ароматических свойств. Введение пробиотических культур позволяет улучшить микробиологическую ценность продукта [15].

Йогурт – кисломолочный продукт, получаемый в результате термофильного сквашивания молока с помощью культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp.bulgaricus.* Между этими двумя видами микроорганизмов существует симбиотическое взаимодействие, в результате которого обеспечивается эффективное кислотообразование,

развитие вкусоароматических веществ и формирование характерной вязкопластичной гелевой структуры.

Йогурт обладает мягким кисломолочным вкусом, кремообразной консистенцией, высокой пищевой и биологической ценностью. Продукт является источником полноценного молочного белка, кальция, витаминов группы В, молочнокислых бактерий и других биологически активных веществ [16].

В Казахстане йогурт приобретает всё большую популярность как функциональный продукт. Использование бифидобактерий, пребиотиков, растительных наполнителей расширяет его потребительские свойства. При этом сохраняется важность текстурных характеристик: кремообразность, стабильность при хранении, отсутствие сывороточного отделения [17].

Йогурт является одним из популярных и вкусных кисломолочных продуктов. Выделяется два способа выработки йогурта, которые имеют некоторые различия в технологическом процессе, это термостатный и резервуарный способы производства. При термостатном методе процессы сквашивания, охлаждения и созревания продукта осуществляется в емкости, которая предлагается потенциальным потребителям на полках магазина, то есть непосредственно в упаковке. А при резервуарном методе сквашивание осуществляется в специальных емкостях, после чего осуществляется фасовка в потребительскую упаковку.

Мягкие сыры с кратким сроком созревания (бри, камамбер, фета, адыгейский, сулугуни и др.) также относятся к вязкопластичным кисломолочным продуктам. В традиционной казахской кухне аналогичные продукты использовались в виде прессованных сычужных сыров, получаемых с применением натурального фермента и созревающих при определённой влажности. Современное производство мягких сыров требует точного подбора культур молочнокислых бактерий, пепсина или микробных ферментов, а также условий коагуляции и прессования. Особое внимание уделяется контролю микрофлоры, солевому балансу, pH, влажности и температуре хранения.

Сыры сычужные мягкие - продукты, получаемые при ферментативном кислотном и комбинированном свертывании молока с последующей обработкой сгустка и сырной массы, с созреванием или без него. При производстве сыров данной группы используют молоко повышенной кислотности, зерно ставят крупное, второго нагревания и принудительного прессования не производят. Созревание сыров протекает послойно, т.е. начинается с наружных слоев и распространяется внутрь. При созревании сыров действуют молочнокислые стрептококки, ароматобразующие бактерии, молочнокислые палочки, активно развивается микрофлора сырной слизи и плесени [18,19].

Молочные и кисломолочные продукты играют ключевую роль в формировании сбалансированного рациона питания. Особенно ценны вязкопластичные кисломолочные продукты, такие как йогурты, мягкие сыры, сметана и творог. Они не только улучшают пищеварение, но и способствуют

укреплению иммунитета, насыщая организм кальцием, белками, витаминами группы В и пробиотиками.

Эксперты в области питания подчеркивают, что регулярное употребление этих продуктов может снизить риск развития хронических заболеваний, поддерживать микрофлору кишечника и способствовать общему оздоровлению организма. В условиях Республики Казахстан, где традиции потребления кисломолочных продуктов имеют глубокие корни, их включение в ежедневный рацион особенно актуально [20].

Человек может получать витамин В12 только с продуктами животного происхождения – например, с молоком. Он необходим для нормального кроветворения, участвует в жировом обмене и усвоении аминокислот. Кроме того, в молоке есть конъюгированная линолевая кислота, которая, как показали исследования, укрепляет иммунитет.

Регулярное употребление молочных продуктов поможет восстановить нехватку кальция в организме, а значит, защитит и укрепит костную систему. При этом кальций не только полезен для зубов и костей, но и служит профилактике рака толстой кишки. Чтобы кальций хорошо усваивался организмом, в рационе также должны быть магний, фосфор и витамин D – все они содержатся в молочных продуктах [21].

Лидер по количеству кальция среди всей молочной продукции – сыр. Например, в 100 г голландского или пошехонского сыров содержится 1000 мг кальция, 24-26 г белка и 0,8-1 мкг витамина D. Таким образом, съев 100 г сыра в день, вы полностью закроете свою потребность в кальции и получите десятую долю суточной нормы витамина D. А еще сыры богаты казеином и фосфатами, которые восстанавливают зубную эмаль [22].

В твороге, помимо кальция, содержится много витамина А, который влияет на различные процессы в организме. В том числе – на деление лейкоцитов, клеток иммунной системы, они атакуют вирусы и бактерии, попадающие в организм, не дают им размножаться. Кроме того, в 100 г продукта содержатся 33% витамина В12 и 55% суточной нормы селена, это – настоящая «тяжелая артиллерия» для борьбы с вирусными заболеваниями. Еще селен – сильный антиоксидант, он борется с окислительными процессами в организме и способствует сохранению молодости. А витамин В12 снижает риск развития деменции [23]. Также творог – источник витамина РР (ниацина), врачи даже прописывают его в качестве лекарственного препарата пациентам с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Отличным дополнением к завтраку, полднику или перекусом в течение дня может стать питьевой йогурт. Этот молочный продукт улучшает работу желудочно-кишечного тракта и микрофлору кишечника, способствует наилучшему усвоению полезных микроэлементов, повышает иммунитет и помогает восстановить слизистую оболочку кишечника после кишечных инфекций или приёма антибиотиков. Он полезен для костей и суставов, улучшает состояние сосудов, помогает вывести из организма лишнюю соль.

В сливочном масле содержится большое количество витамина А, необходимого для поддержания зрения, функций эндокринной системы,

состояния волос и кожи, витамины С, D, Е, К, Омега-3 и Омега-6. Ненасыщенные жиры поддерживают эластичность и тонус сосудов, а также защищают легкие [24,25].

Ряженка – это настоящий кладезь полезных веществ и микроэлементов. Напиток содержит витамины А, В1 и В2, С, Е, РР и бета-каротин, магний, калий, натрий. Один стакан ряженки обеспечивает почти 25% суточной нормы кальция и 20% суточной нормы фосфора. При этом её белок расщепляется быстрее, чем белок, содержащийся в молоке и кефире [26].

Важным условием повышения биологической ценности и терапевтических свойств кисломолочных продуктов является накопление большого количества живых клеток лакто- и бифидобактерий, способных приживаться в кишечнике и обладающих антибиотической способностью по отношению к посторонней микрофлоре.

Ассортимент кисломолочных продуктов, выпускаемых в настоящее время в мире достаточно широк. Однако бифидоактивные молочные продукты еще не стали продуктами массового потребления. Это связано с тем, что бифидобактерии являются строгими анаэробами, обитающими в толстом кишечнике человека, и очень медленно размножаются в коровьем молоке, которое не является естественной средой для их обитания. Несомненный интерес в этом плане представляет использование пребио- тиков (лактулоза, лизоцим, «Лаэль» и др.), которые не расщепляются в желудке и тонком кишечнике человека из-за отсутствия необходимых для этого ферментов. Их используют для своего питания бифидобактерии.

Кисломолочные продукты имеют большое значение в питании человека, так как они помимо питательной ценности обладают диетическими и лечебными эффектами. Эти продукты в результате изменения свойств белков молока при сквашивании усваиваются лучше и быстрее, чем питьевое молоко. Молочная кислота, содержащаяся в кисломолочных продуктах, возбуждает аппетит, утоляет жажду, улучшает работу желудочно-кишечного тракта, сердечно-сосудистой системы и почек человека.

Один из основных процессов, определяющих вид кисломолочного продукта - сквашивание. Оно представляет сложный биотехнологический процесс, при котором в молоке под действием ферментов, выделенных микроорганизмами закваски, расщепляется молочный сахар (лактоза) с образованием молочной и других кислот, спиртов, диоксида углерода и др [27].

1.2 Пробиотические действия молочнокислых бактерий

В последние десятилетия значительно возрос интерес к использованию пробиотиков, особенно молочнокислых бактерий (МКБ), в качестве средств поддержания здоровья и профилактики различных заболеваний. МКБ широко представлены в натуральных и ферментированных продуктах, таких как йогурт, кефир, простокваша, ацидофилин, и играют ключевую роль в поддержании гомеостаза кишечной микробиоты, иммунной защиты, а также общего метаболического равновесия организма. Исследования показали, что пробиотические штаммы способны модулировать иммунные и воспалительные

реакции, усиливать барьерную функцию слизистой кишечника, конкурировать с патогенами и синтезировать метаболиты, обладающие биологической активностью.

Согласно определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), пробиотики - это живые микроорганизмы, которые при адекватном потреблении приносят пользу здоровью хозяина. Среди наиболее изученных пробиотических микроорганизмов преобладают молочнокислые бактерии родов *Lactobacillus, Bifidobacterium, Streptococcus*, а также некоторые штаммы *Enterococcus* и *Escherichia coli* (например, *E. coli* Nissle 1917) [28].

МКБ классифицируются на основе морфологии, способа брожения (гомо- или гетероферментативного), способности продуцировать органические кислоты, бактериоцины и другие метаболиты. Они обладают GRAS-статусом («Generally Recognized As Safe») и широко применяются в пищевой и фармацевтической промышленности [29,30].

Молочнокислые бактерии (МКБ) обладают способностью ингибировать рост патогенных и условно-патогенных микроорганизмов благодаря нескольким механизмам антагонистического действия.

Во-первых, они снижают pH окружающей среды за счёт продукции органических кислот, в частности молочной и уксусной, что создаёт неблагоприятные условия для развития патогенной микрофлоры. Во-вторых, МКБ синтезируют антимикробные соединения, такие как бактериоцины и перекись водорода, обладающие выраженной антагонистической активностью.

Кроме того, молочнокислые бактерии конкурируют с патогенами за рецепторные участки на поверхности эпителиальных клеток кишечника, тем самым препятствуя их адгезии. Ещё одним важным механизмом является способность МКБ к образованию биоплёнок, которые создают физический барьер и предотвращают прикрепление и колонизацию патогенных микроорганизмов [31].

Пробиотические МКБ участвуют в нормализации состава микробиоты кишечника. Это особенно важно после антибактериальной терапии, при воспалительных заболеваниях кишечника (ВЗК), синдроме раздражённого кишечника (СРК), а также при пищевых отравлениях. Штаммы *Lactobacillus plantarum, L. rhamnosus* GG, *Bifidobacterium lactis* BB-12 демонстрируют высокую адгезивность к энтероцитам и способность вытеснять патогены (*Clostridium difficile, Salmonella spp., E. coli* и др.).

Пробиотики способны модулировать как врождённый, так и адаптивный иммунитет. Они стимулируют продукцию секреторного IgA, активность макрофагов, дифференцировку Т-регуляторных клеток, уменьшают продукцию провоспалительных цитокинов (IL-6, TNF-α) и способствуют синтезу противовоспалительных медиаторов (IL-10). Это особенно важно при аутоиммунных и хронических воспалительных заболеваниях [32].

МКБ укрепляют межклеточные контакты эпителия (tight junctions), способствуют восстановлению слизистой оболочки кишечника, увеличивают синтез муцинов, а также стимулируют регенерацию эпителиальных клеток.

Молочнокислые бактерии продуцируют широкий спектр метаболитов, обладающих физиологической активностью. К ним относятся витамины группы B (в том числе B2, B6, B9 и B12), а также витамин K. Кроме того, эти микроорганизмы синтезируют короткоцепочечные жирные кислоты, такие как ацетат, бутират и пропионат, которые играют важную роль в метаболических процессах организма.

Также молочнокислые бактерии способны вырабатывать экзополисахариды (ЭПС), обладающие иммуномодулирующим действием. Наряду с этим они продуцируют биологически активные пептиды, подавляющие активность ангиотензин-превращающего фермента (АПФ), а также антиоксидантные ферменты, способствующие снижению окислительного стресса.

Современные исследования указывают на участие пробиотиков в регуляции нейропсихических функций через механизм оси «кишечник - мозг». Некоторые штаммы (*Lactobacillus helveticus, Bifidobacterium longum*) названы психобиотиками, так как способны снижать уровень кортизола, повышать уровень серотонина и дофамина, улучшать когнитивные функции и снижать тревожность и депрессию [33].

Многочисленные клинические исследования подтвердили эффективность пробиотических МКБ при следующих состояниях:

- Антибиотикоассоциированная диарея (AAD);
- Диарея у детей (вирусная, бактериальная);
- Синдром раздражённого кишечника (СРК);
- Язвенный колит и болезнь Крона;
- Вагинозы и инфекции мочеполовой системы;
- Атопический дерматит у детей;
- Иммунодефицитные состояния;
- Нарушения микрофлоры после химио- и радиотерапии.

Систематические обзоры и мета-анализы подтверждают значимость пробиотических штаммов *L. rhamnosus, L. reuteri, B. bifidum, S. thermophilus* и других в терапии указанных состояний.

Современные научные подходы в области микробиологии и биотехнологии направлены на всестороннее изучение пробиотических микроорганизмов и расширение сфер их применения. В настоящее время активные исследования сосредоточены на выделении и характеристике новых штаммов с выраженным пробиотическим потенциалом.

Особое внимание уделяется разработке многокомпонентных пробиотических комплексов, обладающих синергетическим действием. Кроме того, актуальным направлением является генетическая модификация бактерий с целью повышения их устойчивости к агрессивным условиям желудочно-кишечного тракта.

Параллельно ведутся исследования в области метагеномики микробиоты, а также взаимодействия пробиотических бактерий с рецепторами кишечного эпителия. Существенный интерес представляют и клинические аспекты применения пробиотиков, особенно в таких областях, как геронтология,

онкология и лечение метаболических заболеваний, включая сахарный диабет, ожирение и другие патологические состояния [34-36].

Таким образом, молочнокислые бактерии как пробиотики обладают широким спектром положительных физиологических эффектов, включая антимикробное, иммуномодулирующее, противовоспалительное и метаболическое действия. Обоснованное применение пробиотических штаммов способствует профилактике и лечению широкого круга заболеваний, в том числе хронических воспалительных и иммунных нарушений. Однако остаётся актуальной задача углублённого изучения молекулярных механизмов действия пробиотиков, персонализации пробиотической терапии, а также оценки долгосрочной эффективности и безопасности.

1.3 Сравнительная характеристика физико-химических свойств козьего и коровьего молока

Молоко животных традиционно рассматривается как один из основных источников питательных веществ в рационе человека. Наиболее широко распространённым является коровье молоко, однако козье молоко в последние десятилетия приобретает всё большую популярность в связи с его гипоаллергенными свойствами, лучшей усвояемостью и высоким содержанием биологически активных компонентов. Для обоснования его применения в функциональном и диетическом питании важным этапом является сравнительный анализ физико-химических характеристик.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика физико-химических показателей козьего и коровьего молока

№	Показатель	Козье молоко	Коровье молоко	Источник
1	Массовая доля сухого вещества, %	12,5–13,5	12,0–13,0	ГОСТ 32915-2014
2	Массовая доля жира, %	3,8–5,0	3,2–4,2	ГОСТ 5867-90
3	Массовая доля общего белка, %	3,0–3,5	3,0–3,4	ГОСТ 25179-2014
4	Казеин, %	2,4–2,6	2,7–2,8	Кондратьева и др., 2018 [37]
5	Лактоза, %	4,1–4,7	4,5–4,9	Дунаевская, 2017 [38]
6	Минеральные вещества (зола), %	0,75–0,85	0,70–0,75	ГОСТ 25011-81
7	pH	6,5–6,7	6,6–6,8	ГОСТ 3624-92
8	Размер жировых глобул, мкм	1,0–3,0	3,5–5,0	Сергеев, 2020
9	αs1-казеин (аллергенность)	Низкое	Высокое	Журнал "Молочная промышленность", 2021 [39]
10	Содержание витамина B12 и фолатов	Ниже, чем в коровьем	Выше	Панасенко и др., 2020 [40]

В литературах есть данные о фундаментальных исследованиях, направленные на выделение и изучение генов, ответственных за синтез четырёх основных фракций казеина: αs1-, αs2-, β- и κ-казеинов в козьем и коровьем молоке. В молекулах мРНК (транскриптах) была установлена последовательность нуклеотидов, а также определено расположение экзонов и

интронов. На этой основе была установлена первичная молекулярная структура всех казеиновых фракций [41,42].

При сравнении аминокислотной последовательности казеина и нуклеотидных последовательностей мРНК в козьем и коровьем молоке выявлены значительные различия. Учёные расшифровали вторичную структуру всех четырёх типов казеина в козьем молоке. Также установлено, что способность к свертыванию молока под действием сычужного фермента связана с особенностями κ-казеина, и именно он определяет ключевые различия между козьим и коровьим молоком [43,44].

В молекулах казеинов обеих видов были идентифицированы по одному фосфорилированному остатку серина. В козьем молоке обнаружено 10 остатков треонина, гликозилированных по гидроксильной группе, тогда как в коровьем - 12 остатков. В состав обоих казеинов входят серусодержащие аминокислоты - цистеин и метионин.

Содержание β-казеина в козьем молоке достигает до 50-64 % от общего количества белка, тогда как в коровьем - только 39%. Количество αs1-казеина в козьем молоке составляет 22%, а в коровьем - 38% [45]. Уровень αs2-казеина примерно одинаков в обоих типах молока. Гидрофильный белок κ-казеин в козьем молоке составляет ≈ 20 %, тогда как в коровьем - 12-14 % [46].

Фракция γ-казеина по своей первичной структуре схожа с β-казеином, и считается, что γ-казеин является фрагментом, образованным в результате протеолитического гидролиза β-казеина.

После осаждения казеина из обезжиренного молока в сыворотке остаётся 0,5–0,8% белка, что составляет 15–22% от общего количества белка. Эти белки называются сывороточными. Основными из них являются β-лактоглобулин, α-лактальбумин, сывороточный альбумин, иммуноглобулины и компоненты протеаза-пептонной фракции. Кроме того, в сыворотке содержатся лактоферрин (ЛФ), ферменты и другие минорные компоненты [47].

Сывороточные белки богаты незаменимыми аминокислотами - лизином, триптофаном, метионином, треонином и цистеином, что делает их ценными для диетического и лечебного питания. β-лактоглобулин составляет почти половину всех сывороточных белков (7–12% от общего белка). В молоке он существует в виде димера - двух полипептидных цепей с молекулярной массой по 18 000. При нагревании выше 30°C димер диссоциирует на мономеры, а при дальнейшем нагреве формирует дисульфидные связи, приводящие к агрегации.

При пастеризации денатурированный β-лактоглобулин образует комплексы с κ-казеином, влияя на теплостойкость казеиновых мицелл и снижая эффективность коагуляции сычужными ферментами. Эти комплексы препятствуют доступу ферментов к мишеням на молекуле κ-казеина. Функция β-лактоглобулина связана с доставкой нестабильных в кислой среде веществ в кишечник.

Известно, что некоторые глобулины крови участвуют в транспортировке металлов, жиров, витаминов и других соединений [48].

α-лактальбумин занимает второе место среди сывороточных белков (2–5% от общего количества). Он представляет собой гетерогенный белок,

состоящий из двух основных генетических вариантов (примерная молекулярная масса - 14 000), а также нескольких минорных компонентов, включая гликопротеины. Он обладает высокой дисперсностью (15–20нм) и термостабильностью за счёт большого количества дисульфидных связей. При нагревании не коагулирует в изоэлектрической точке (pH 4,2–4,5) и не свертывается под действием сычужного фермента. Установлена его важнейшая биологическая функция - участие в синтезе лактозы из УДФ-галактозы и глюкозы.

Иммуноглобулины в обычном молоке составляют всего 1,9–3,3% общего белка, но в молозиве их содержание может достигать 90%. Это высокомолекулярные гликопротеины, выполняющие антителообразующую функцию: защищают организм от бактерий, вирусов и токсинов. Они включают агглютинины, преципитаты, антитоксины, бактериолизины и другие соединения.

Протеаза-пептоны представляют собой наиболее термостабильную фракцию сывороточных белков. При нагревании молока до 95–100°C в течение 20 минут при pH 4,6 они не выпадают в осадок и могут быть выделены 12% раствором трихлоруксусной кислоты. Составляют 24% сывороточного белка и 2–6% общего белка молока [49].

Лактоферрин - гликопротеин, связывающий железо, с молекулярной массой около 77 000. Обладает бактериостатическим действием в отношении *Escherichia coli*. В коровьем молоке его содержание составляет 0,1-0,35 мг/мл, но значительно увеличивается при мастите и в конце лактации [50].

По содержанию зольных веществ козье и коровье молоко находятся на одном уровне - не превышая 0,7%. Однако качественный состав минералов существенно различается. В козьем молоке больше фосфора и кальция по долевому соотношению:

Содержание зольных веществ в козьем и коровьем молоке находится примерно на одном уровне и не превышает 0,7%, однако их качественный минеральный состав отличается. В козьем молоке доля фосфорной кислоты составляет около 30% от общего количества зольных веществ, тогда как в коровьем молоке этот показатель равен 24%. Содержание кальция в козьем молоке составляет приблизительно 25%, в то время как в коровьем - 20-23% [51,52].

Кроме того, коровье молоко характеризуется высоким абсолютным содержанием макроэлементов. Так, в 100 мл молока содержится в среднем 90 мг фосфора, а также значительное количество натрия, калия, магния, хлора, и таких микроэлементов, как железо, медь, кобальт, марганец, хром, цинк и другие.

Тем не менее, абсолютное содержание кальция выше в коровьем молоке: 120 мг кальция на 100 мл, против чуть меньшего количества у козьего, не указанного точно. Минеральные элементы в обоих типах молока находятся в легкоусвояемой форме (цитраты, белковые комплексы).

Коровье и козье молоко содержат как жирорастворимые, так и водорастворимые витамины, однако в козьем молоке концентрации отдельных витаминов значительно выше [53].

Таблица 2 - Сравнительная таблица содержания витаминов (в 1 литре молока)

Витамин	Козье молоко	Коровье молоко	Примечание
Витамин А (мг)	0,38	0,25 (на 1 л)	Больше в козьем
β-каротин (мг)	-	0,15	Есть в коровьем
Витамин С (мг)	58,2	13 (1,3 мг/100 мл)	В 4–5 раз больше в козьем
Витамин В1 (мг)	-	0,4 (на 1 л)	Сравнительно выше в козьем по данным
Витамин В2 (мг)	-	1,5 (на 1 л)	В козьем может быть ниже
Витамин В5 (мг)	-	1,0 (на 1 л)	Данных по козьему нет
Витамин В12 (мкг)	2,72	-	Преимущество козьего молока

Примечание*:* Концентрации витаминов в козьем молоке зависят от индивидуальных особенностей животных и их рациона (особенно С и группы В). Например, у животных, питающихся только сухими колючками, содержание витамина С - 75,43 мг/л, а при весеннем выпасе - до 97,07 мг/л.

Козье молоко лучше обеспечено витамином С и А, а также витамином В12, что делает его перспективным продуктом для детского и диетического питания. Коровье молоко, в свою очередь, богаче фосфором и кальцием в абсолютном выражении, и также содержит важные витамины группы В, особенно В2 и В5. Оба типа молока обладают высокой питательной ценностью, но имеют разную биохимическую направленность, что следует учитывать при разработке функциональных продуктов и специализированного питания [54].

1.4 Технология производства национальных вязкопластичных кисломолочных продуктов

Национальные вязкопластичные кисломолочные продукты Казахстана и других стран Центральной Азии представляют собой уникальное сочетание культурных традиций и современных биотехнологических решений. Их технология базируется на естественных процессах молочнокислого брожения, но сегодня активно совершенствуется с учётом требований к пищевой безопасности, стабильности и биологической эффективности. Перспективы дальнейшего развития связаны с функционализацией продукции и расширением международного рынка.

Вязкопластичная структура формируется в результате молочнокислого брожения с участием специфических заквасочных микроорганизмов, а также вследствие механической и термической обработки продукта. Такие продукты обладают высокой биологической ценностью, хорошей усвояемостью и выраженными пробиотическими свойствами.

Современные технологии стремятся сочетать традиционные методы с контролируемыми технологическими параметрами:

- Применение чистых заквасок с известной микробиологической активностью;
- Введение HACCP-систем для контроля безопасности на всех этапах;
- Оптимизация показателей pH, титруемой кислотности, вязкости и микробиологической стабильности**;**
- Внедрение биотехнологических решений**,** включая пробиотические штаммы и пребиотические компоненты [55-58].

Технология производства творога состоит из ряда последовательно выполняемых операций: прием и подготовка сырья, очистка, нормализация, составление смеси, пастеризация и охлаждение до температуры заквашивания, заквашивание, сквашивание, разрезание сгустка, отделение сыворотки, самопрессование или прессование, упаковывание, маркирование, хранение и транспортирование.

Процесс производства творога, по данным ряда исследователей, включает последовательные стадии приёмки и подготовки молочного сырья, нормализации, пастеризации, охлаждения и заквашивания (Кульженко, 2011; Баранов, 2007; Tamime & Robinson, 2007). Однако подходы к реализации отдельных этапов и их технологические параметры варьируют в зависимости от цели производства, вида сырья и требуемых свойств конечного продукта.

Кульженко (2011) указывает, что тщательная подготовка сырья, включающая очистку молока на сепараторах и фильтрах, напрямую влияет на микробиологическую стабильность и выход готового продукта. Аналогичную зависимость отмечает Баранов (2007), подчёркивая, что уровень очистки не ниже I группы по эталону является необходимым условием для предотвращения развития посторонней микрофлоры. При этом автор указывает, что интенсивная механическая обработка при фильтрации может способствовать частичной дестабилизации жировых шариков, что требует оптимального выбора параметров.

Нормализация молока по жиру и сухим веществам рассматривается как ключевой фактор формирования консистенции и вкуса творога. По мнению Tamime и Robinson (2007), оптимальное соотношение компонентов позволяет достичь равновесия между влагоудерживающей способностью белков и структурными характеристиками сгустка. Вместе с тем, по данным Баранова (2007), чрезмерное снижение массовой доли жира может привести к повышенной кислотности и излишней плотности продукта, что указывает на необходимость балансирования параметров нормализации.

Особое внимание в литературе уделяется этапу пастеризации. Как отмечают Кульженко (2011) и Tamime (2007), повышение температуры пастеризации до 85–90 °C сопровождается частичной денатурацией сывороточных белков, что способствует увеличению выхода творога на 15–25 %. По данным Баранова (2007), такая термическая обработка может вызывать нарушения в структуре казеинового геля, снижая влагоудерживающую способность. Эти противоречивые результаты подчёркивают необходимость

подбора оптимальных режимов нагрева и последующего охлаждения для обеспечения как высокого выхода, так и стабильной структуры сгустка.

Этап заквашивания также имеет различные трактовки в научных источниках. Традиционно для заквашивания применяют мезофильные стрептококки (*Lactococcus lactis, Leuconostoc mesenteroides*) в количестве 1–5 % (Кульженко, 2011). Однако современные исследования направлены на поиск альтернативных заквасочных культур - низкокислотпродуцирующих штаммов, адаптированных к молоку коз и овец (Tamime, 2007), что позволяет снизить кислотность и улучшить органолептические свойства готового продукта. Сопоставление литературных данных показывает отсутствие единого подхода к выбору культур и их дозировке, что указывает на научную и практическую актуальность дальнейшего изучения этого вопроса.

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что несмотря на общепринятую структуру технологического процесса производства творога, остаются нерешёнными вопросы, связанные с выбором оптимальных температурных режимов пастеризации и подбором заквасочных культур с учётом специфики исходного сырья. Эти противоречия определяют направление и актуальность проводимого исследования.

При ускоренном способе сквашивания в молоко вносят 2,5% закваски, приготовленной на культурах мезофильного стрептококка и 2,5% термофильного молочнокислого стрептококка. Температура сквашивания при ускоренном способе повышается в теплое время года до 35, в холодное - до 38°С. Продолжительность сквашивания молока сокращается на 2-3,5 ч, при этом выделение сыворотки из сгустка происходит более интенсивно.

При сычужно-кислотном способе производства творога после внесения закваски добавляют 40%-ный раствор хлорида кальция (из расчета 400 г безводной соли на 1 т молока), приготовленного на кипяченой и охлажденной до 40-45°С воде. Хлорид кальция восстанавливает способность пастеризованного молока образовывать под действием сычужного фермента плотный, хорошо отделяющий сыворотку сгусток. Немедленно после этого в молоко в виде 1%-ного раствора вносят сычужный фермент или пепсин из расчета 1 г на 1 т молока.

Сквашивание при кислотном методе продолжается 6-8 ч, сычужно-кислотном – 4-6, с использованием активной кислотообразующей закваски – 3-4ч. Важно правильно определить конец сквашивания, так как при недосквашенном сгустке получается кислый творог мажущейся консистенции.

1. Разрезание сгустка и отделение сыворотки. Готовность сгустка определяют по его кислотности (для жирного и классического творога должна быть 58-60, для нежирного – 75-80°Т) и визуально - сгусток должен быть плотным, давать ровные гладкие края на изломе с выделением прозрачной зеленоватой сыворотки.

Для ускорения выделения сыворотки, готовый сгусток разрезают специальными проволочными ножами на кубики с размером граней 2 см. При кислотном методе разрезанный сгусток подогревают до 36-38°С для интенсификации выделения сыворотки и выдерживают 15-20 мин, после чего ее

удаляют. При сычужно-кислотном - разрезанный сгусток без подогрева оставляют в покое на 40-60 мин для интенсивного выделения сыворотки.

8. Самопрессование и прессование творога. Для дальнейшего отделения сыворотки сгусток подвергают самопрессованию и прессованию. Для этого его разливают в бязевые или лавсановые мешки по 7-9 кг (на 70% вместимости мешка), их завязывают и помещают несколькими рядами в прессстележку. Под воздействием собственной массы из сгустка выделяется сыворотка.

Самопрессование происходит в цехе при температуре не выше 16°С и продолжается не менее 1ч. Окончание самопрессования определяется визуально, по поверхности сгустка, которая теряет блеск и становится матовой. Затем творог под давлением прессуют до готовности. В процессе прессования мешочки с творогом несколько раз встряхивают и перекладывают.

9.Охлаждение творога. Во избежание повышения кислотности прессование необходимо проводить в помещениях с температурой воздуха 3-6°С, а по его окончании немедленно направлять творог на охлаждение до температуры не выше 8°С.

10.Фасование, маркирование. Готовый продукт фасуют на автоматах в мелкую и крупную тару. Творог фасуют в чистые, пропаренные деревянные кадки или чистые алюминиевые, стальные, луженые широкогорлые фляги или картонные ящики с вкладышами из пергамента, полиэтиленовой пленки. В мелкую упаковку творог фасуют в виде брусков массой 0,25; 0,5 и 1 кг, завернутых в пергамент или целлофан, а также в картонные коробочки, пакеты, стаканы из различных полимерных материалов, упакованные в ящики массой нетто не более 20 кг. Маркировка единицы потребительской тары должна содержать информационные данные о продукте аналогичные питьевому молоку с добавлением: количество молочнокислых микроорганизмов;

11. Хранение, транспортирование и реализация. Продукт должен храниться в холодильных камерах при температуре 4±2 ºС и относительной влажности 80-85% не более 36 час, в том числе на предприятии-изготовителе не более 5час. Хранение продукта на складах транспортных организаций не допускается. Транспортирование продукта должно производиться специализированным автомобильным транспортом в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов, действующими на данном виде транспорта. Сроки реализации в зависимости вида творога, от конкретных производственных условий и вида тары не должны превышать 36 час при температуре хранения 4±2 ºС (рисунок 1).



Рисунок 1 - Технология производства творога

При кислотном способе в молоко (нормализованную смесь) добавляется только закваска, при кислотно-сычужном способе кроме закваски вносятся хлористый кальций и молокосвертывающий ферментный препарат. При кислотном способе при сычужновялом молоке допускается внесение хлористого кальция. Обработка сгустка и отделение сыворотки имеют свои особенности в зависимости от используемого оборудования. Для обезвоживания сгустка используют самопрессование, прессование, обезвоживатели различного типа (барабанные, вакуумные и другие), ультрафильтрацию, сепарирование. Важное значение имеет подбор оптимальных температур и параметров подогрева сгустка. Охлаждение творога для предотвращения дальнейшего повышения кислотности может осуществляться различными способами: в холодильной камере (совмещение самопрессования в мешочках и охлаждения), в установках для прессования и охлаждения, с использованием охладителей различного типа [62].

С целью резервирования творога в весенний и летний периоды года его замораживают. Качество размороженного творога зависит от метода замораживания. Творог при медленном замораживании приобретает крупитчатую и рассыпчатую консистенцию вследствие замораживания влаги в виде крупных кристаллов льда. При быстром замораживании влага одновременно замерзает в виде мелких кристаллов во всей массе творога, которые не разрушают его структуру, и после размораживания восстанавливаются первоначальные, свойственные ему консистенция и структура. Наблюдается даже устранение после размораживания нежелательной крупитчатой консистенции вследствие разрушения крупинок

творога мелкими кристаллами льда. Замораживают творог в фасованном виде - блоками по 7-10кг и брикетами по 0,5кг при температуре 25-30°С в термоизолированных морозильных камерах непрерывного действия до температуры в центре блока -18-25°С в течение 1,5-3ч. Замороженные блоки укладывают в картонные ящики и хранят при этих же температурах в течение соответственно 8 и 12 мес. Размораживание творога проводят при температуре не выше 20°С в течение 12 ч [63-65].

При выработке творожных полуфабрикатов используют дополнительное сырье: пшеничную муку, яйца, сахар, ванилин и др. На основе мягкого диетического нежирного творога приготовляют творожные изделия - запеканки с добавлением яиц, сахара, манной крупы, изюма, соли. Все творожные полуфабрикаты перед употреблением в пищу необходимо подвергать тепловой обработке, поэтому для их изготовления можно использовать творог из непастеризованного молока повышенной кислотности. Вареники формуют на автоматах для пельменей, а сырники - на автоматах для котлет. Вареники после формования замораживают при температуре не выше минус 18°С.

Срок реализации при температуре не выше 6°С с момента изготовления составляет не более 24ч, для творожных тортов и вареников 15сут при температуре хранения не выше -10°С.

Сметану вырабатывают термостатным и резервуарными способами, как показано в рисунке 2 (большая часть сметаны производится резервуарным способом), с использованием гомогенизации сливок и/или низкотемпературной обработки сливок (физическим созреванием) перед сквашиванием.

Основным сырьем при выработке сметаны являются сливки. Оптимальной является жирность сливок, при которой нормализацию можно осуществить только за счет внесения закваски. Выбор режима пастеризации осуществляют с учетом кислотности сливок и их термоустойчивости. Предпочтительнее использовать более жесткие режимы пастеризации: (86 +/-2)°С с выдержкой от 2 до 10 мин или (94+/-2)°С с выдержкой до 20с. Гомогенизация сливок оказывает существенное влияние на качество сметаны. Температура и давление гомогенизации выбираются в зависимости от жирности сливок. Чем выше жирность сливок, тем ниже давление и температура гомогенизации: для сметаны 10-15%-ной - 12-15 МПа, 17-22%-ной - 912 МПа, 25-32%-ной - 811 МПа, 34-40%-ной - 7-10 МПа, температура гомогенизации - 60-70°С или при температуре пастеризации. Рекомендуется использовать двухступенчатую гомогенизацию (для сливок с массовой долей жира 20-30 %). Допускается проведение гомогенизации перед пастеризацией.При производстве сметаны используют закваски (бакконцентраты, культуры прямого внесения), состоящие из лактококков, лактококков и термофильных молочнокислых стрептококков. Температура сквашивания в зависимости от вида закваски составляет 28-38°С. Длительность процесса сквашивания - 10-12 ч [66].

При резервуарном способе производства по окончании сквашивания сливки перемешивают до получения однородной консистенции и направляют на фасование. При термостатном способе производства сметаны заквашенные

сливки направляются на фасование, сквашивание осуществляется в термостатной камере.



Рисунок 2 - Технологическая схема производства сметаны

Охлаждение и созревание сметаны происходит в упакованном виде в холодильной камере при температуре (4+/-2)°С с последующей выдержкой (длительность охлаждения и созревания упакованной сметаны не должна превышать 12 ч. - 24 ч.- в зависимости от вида упаковки).

В качестве сырья для выработки сметаны применяют: молоко коровье не ниже II сорта согласно ГОСТ Р 52054-2003, молоко цельное сухое высшего сорта по ГОСТ 4495, молоко сухое обезжиренное по ГОСТ10970, сливки сухие по ГОСТ 1349, масло коровье по ГОСТ 37, закваски (*Lactococcus lactis, Lactococcus cremoris, Lactococcus biovar diacetylactis, Streptococcus thermophilus*), либо концентрат бактериальный сухой мезофильных молочнокислых стрептококков, вода питьевая по ГОСТ 2874 (доля восстановления сухих молочных продуктов).

В производстве сметаны используется только молочнокислое брожение.

Производство сметаны может осуществляться двумя способами: термостатным и резервуарным, по традиционной схеме и с предварительным созреванием сливок перед сквашиванием.

Резервуарный способ является более прогрессивным способом, так как сокращает производственные площади, экономию тепла и затраты труда. Он позволяет проводить сквашивание и созревание в одном резервуаре, регулировать время розлива готового продукта.

Термостатный способ предполагает процесс сквашивания проводить после розлива заквашенного продукта в термостатных камерах, а охлаждение в холодильных.

Процесс производства сметаны резервуарным способом подробно описан в отечественной и зарубежной литературе [67–69]. Несмотря на общую последовательность технологических стадий - приём и подготовка сырья, сепарирование, нормализация, пастеризация, охлаждение, заквашивание, сквашивание и созревание - исследователи отмечают существенные различия в подходах к реализации отдельных операций, которые определяют качество и стабильность готового продукта.

По данным TechInfus, эффективность резервуарного способа во многом зависит от качества исходного молока. Высокая степень очистки и быстрая первичная обработка позволяют минимизировать микробную контаминацию и увеличить срок хранения. Сходные выводы приводят Гаврилова и соавт. (2019) [69], подчёркивая, что использование многоступенчатых фильтрационных систем обеспечивает снижение общего микробного числа и повышение органолептических показателей сметаны. При этом отмечается, что чрезмерная механическая обработка сырья может приводить к разрушению жировых шариков и нарушению консистенции, что требует оптимизации параметров очистки и охлаждения.

На этапе сепарирования исследователи рассматривают влияние температурного режима и скорости вращения барабана на полноту отделения сливок и их жировой состав. Согласно данным патентного источника [68], подогрев молока до 40–45 °C способствует более полному выделению жира, однако при превышении этого диапазона возможно ухудшение белково-жировой эмульсии. В то же время современные автоматизированные системы сепарирования позволяют поддерживать стабильные параметры процесса и минимизировать потери жира, что положительно сказывается на выходе и текстуре готового продукта.

Нормализация сливок рассматривается в литературе как один из ключевых этапов, определяющих консистенцию, вкус и устойчивость сметаны при хранении. TechInfus [67] отмечает, что оптимизация массовой доли жира и сухих веществ обеспечивает равновесие между влагоудерживающей способностью и плотностью сгустка. Гаврилова и соавт. [69] обращают внимание на необходимость использования уравнений материального баланса для расчёта количества добавляемых сливок или обезжиренного молока, что позволяет поддерживать стабильность рецептуры и технологической повторяемости продукта.

Особое значение в формировании структуры и вкусовых характеристик сметаны имеет пастеризация. Согласно Гавриловой и др., температурный режим 92–95 °C с выдержкой 15–20 с обеспечивает полную инактивацию вегетативных форм микрофлоры и ферментов (липазы, пероксидазы, протеазы), предотвращающих порчу продукта. Аналогичные данные приводятся Tamime и Robinson (2007), где отмечено, что высокая температура способствует денатурации сывороточных белков (до 60 %), повышая их гидратационные свойства и способность взаимодействовать с казеином. В результате формируется более прочный белковый сгусток с замедленным отделением сыворотки.

При этом в ряде работ указывается, что при избыточной температурной нагрузке возможно образование летучих сернистых соединений, способных изменить аромат продукта. Однако большинство исследователей отмечают, что умеренный «пастеризационный» привкус воспринимается положительно, придавая сметане характерный ореховый оттенок. Кроме того, высокая температура обработки снижает окислительно-восстановительный потенциал, что создаёт благоприятные условия для последующего развития молочнокислых бактерий закваски и ускоряет процесс сквашивания.

Таким образом, анализ литературных источников показывает, что при производстве сметаны резервуарным способом основное внимание уделяется подбору оптимальных режимов пастеризации и нормализации, обеспечивающих баланс между безопасностью продукта, его стабильностью при хранении и органолептическими свойствами. Несмотря на значительный объём исследований, остаются актуальными вопросы совершенствования температурно-временных режимов пастеризации и влияния параметров сепарирования на структурно-механические свойства готовой сметаны.

При пастеризации сливок, по данным ряда исследователей, происходят сложные физико-химические изменения, оказывающие влияние на консистенцию и стабильность сметаны. Гербер и Гаврилов (2019) [70] отмечают, что повышение температуры пастеризации выше 90 °C вызывает частичную денатурацию белковых компонентов мембран жировых шариков, что способствует разрушению их агрегатов и улучшает равномерность распределения жира. При температурах выше 95 °C наблюдается коалесценция жировых шариков и образование крупных капель жира размером до 15 мкм, что может негативно влиять на структуру и однородность продукта. В то же время, по данным Круся и соавт. (2004) [71], умеренная денатурация способствует повышению гидратационной способности белков и улучшению взаимодействия жировых глобул с казеиновыми мицеллами, формируя более плотную и вязкую текстуру сметаны. Таким образом, температурный режим пастеризации должен обеспечивать баланс между микробиологической безопасностью и сохранением структурной стабильности эмульсии.

Важным этапом, определяющим консистенцию и влагоудерживающую способность сметаны, является гомогенизация. При гомогенизации происходит диспергирование не только жировых шариков, но и белковых частиц, что увеличивает суммарную поверхность взаимодействия и способствует дополнительному связыванию влаги. В результате повышается вязкость и пластичность гомогенизированных сливок. Крусь и соавт. (2004) [71] уточняют, что при гомогенизации происходит формирование новых жирово-белковых оболочек, обеспечивающих устойчивость эмульсии к отстаиванию и снижению синерезиса. Оптимальные параметры гомогенизации зависят от жирности сливок: при массовой доле жира более 25 % рекомендуют давление около 10 МПа и температуру 70°C, тогда как при меньшей жирности (до 20%) - давление 14–18 МПа. Это объясняется тем, что более густые сливки требуют меньшей механической энергии для достижения равномерной дисперсности.

Охлаждение сливок до температуры заквашивания рассматривается в литературе как один из решающих факторов, влияющих на скорость сквашивания и развитие микрофлоры. Оптимальная температура внесения закваски варьирует от 18 до 23 °C в зависимости от сезона, что обеспечивает благоприятные условия для роста мезофильных молочнокислых стрептококков. Состав и активность заквасок оказывают существенное влияние на вкус и консистенцию готовой сметаны: при использовании многоштаммовых культур (*Streptococcus lactis, S. cremoris, S. diacetilactis, S. acetoinicus*) достигается более выраженный аромат и плотная структура продукта [70–72]. Гербер и Гаврилов (2019) отмечают, что введение заквасок в количестве 0,5–5 % позволяет регулировать скорость сквашивания и образование диацетила, определяющего характерный вкус сметаны.

При пастеризации происходит частичная денатурация оболочечного вещества жировых шариков, что способствует разрушению скоплений жировых шариков. При температуре пастеризации выше 95°С коалисцированные жировые шарики образуют капли жира размером до 15 мкм.

Для получения однородной и густой сметаны, прочно удерживающей влагу, сливки перед заквашиванием необходимо гомогенизировать. При гомогенизации происходит диспергирование не только жировых шариков, но и белковых частиц, в результате резко увеличивается (в 4-5 раз) суммарная поверхность шариков, происходит дополнительное связывание воды вновь образованными оболочками жировых шариков. Все это приводит к повышению вязкости гомогенизированных сливок.

Оптимальными режимами гомогенизации сливок в производстве сметаны массовая доля которой выше 25% жирности являются температуры 70°С и давление 10 МПа, сметаны ниже 20%-ной жирности – 14-18 МПа. Чем выше концентрация жира в сметане, тем ниже давление оптимального режима гомоге низации.

Охлаждение пастеризованных сливок до температуры заквашивания. После пастеризации и гомогенизации сливки охлаждают до температуры заквашивания: 18-22°С летом, 22-23°С зимой, и направляют в резервуары для заквашивания.

Количество вносимой закваски (от 0,5 до 5%), качественный ее состав и активность значительно влияют на продолжительность сквашивания и качество сметаны.

Для производства сметаны используют многоштаммовые закваски, приготовленные на чистых культурах гомо- и гетероферментативных мезофильных молочнокислых стрептококков: *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetilactis* или *Streptococcus acetoinicus*. Для производства ацидофильной сметаны используют ацидофильную палочку (*Lactobacillus acidophilus*) и ароматобразующий молочнокислый стрептококк. [70-72].

Используют бактериальный концентрат, выращенный на специальных средах и подвергнутый сублимационной сушке, в котором в 10-100 раз больше бактериальных клеток, чем в сухом, кроме того, его можно сразу использовать

без пересадок для приготовления производственной закваски.После внесения закваски в течение первых 3 ч сливки тщательно перемешивают через каждый час, а затем оставляют в покое до конца сквашивания.

Сквашивание сливок продолжается 9-16 ч в зависимости от активности закваски и температуры сквашивания. Сгусток образуется в результате коагуляции казеина. При сквашивании происходит отвердевание высокоплавких глицеридов в жировых шариках, вследствие чего уменьшается отрицательный заряд жировых глобул и образуются кучки. Жировые шарики и их кучки входят в состав белковых стром и формируют связывающие мостики между ними, способствуя этим образованию более плотного сгустка. Сквашивание заканчивают при достижении кислотности 60-75°Т с учетом того, что досквашивание произойдет при медленном охлаждении сметаны до температур физического созревания ее.

После сквашивания сметану фасуют в крупную тару (металлические широкогорлые фляги, в деревянные бочки массой нетто не выше 50 кг) и мелкую. Фасование сметаны в мелкую тару на специальных автоматах или полуавтоматах более удобно и составляет около 70% в общем объеме производимой продукции. Сметана как полидисперсная структурированная система не обладает достаточно прочными связями и при механическом воздействии разжижается. Поэтому желательно направлять сметану на фасование самотеком, применять механизмы, которые создают минимальное воздействие на ее структуру, или фасовать недосквашенной. Чтобы сметана приобрела плотную консистенцию, немедленно после ее фасования направляют в холодильные камеры с температурой 2-8°С, где она охлаждается и созревает. Охлаждение в крупной упаковке в холодильной камере длится около 8-16 ч и созревание 24-48 ч, в мелкой соответственно 2 и 6-8 ч.

С понижением температуры замедляется развитие молочнокислых стрептококков, а ароматобразующая микрофлора, напротив, усиливает свою жизнедеятельность и в продукте накапливаются ароматические вещества. В процессе созревания сметана приобретает оптимальную кислотность (85-100°Т), а также более густую консистенцию. Получение более густой и более плотной консистенции при созревании обязано преимущественно отвердеванию глицеридов жировой дисперсии и некоторых компонентов оболочек жировых шариков, а также в некоторой мере набуханию белков.

1. Контроль качества сметаны. На данном этапе проводят окончательный контроль качества готового продукта: массовую долю жира, белка, сухих веществ, режим пастеризации, титруемую и активную кислотность, температуру, органолептические и микробиологические показатели. По результатам контроля выписывается удостоверение о качестве, где отражаются все показатели готового продукта и условия хранения.

2. Хранение, транспортирование и реализация. Продукт должен храниться в холодильных камерах при температуре 4±2 °С не более 5 суток, в том числе на предприятии-изготовителе не более 1 суток [73-75].

Хранение продукта на складах транспортных организаций не допускается.

Транспортирование продукта должно производиться специализированным

автомобильным транспортом в соответствии с правилами перевозок скоропортящихся грузов, действующими на данном виде транспорта.

Технология производства сметаны термостатным способом.

Технологические операции – приемка, контроль качества и подготовка сырья, резервирование, сепарирование, нормализация смеси, пастеризация, гомогенизация, охлаждение до температуры заквашивания, розлив, упаковка, маркировка, хранение, транспортирование и реализация аналогичны таким же операциям, что применяются при производстве напитков резервуарным способом. Отличие состоит в том, что заквашенную смесь вначале разливают в потребительскую тару и упаковывают, затем сквашивают в термостатной камере, а в холодильных камерах проводят охлаждение и созревание сметаны.

Сквашивание. Расфасованную в потребительскую тару заквашенную смесь немедленно направляют в термостатную камеру для сквашивания на 9–16 часов. Температура в термостатной камере устанавливается и постоянно поддерживается на уровне $20 \pm 2°C$.

Охлаждение и созревание сметаны. По окончанию сквашивания продукт направляют в холодильную камеру, где он постепенно охлаждается до температуры не более 2-8^{o}C, при которой происходит развитие ароматобразующих бактерий, в результате в сметане накапливаются ароматические вещества, отвердевание глицеридов жировой дисперсии и некоторых компонентов оболочек жировых шариков, а также набухание белков. Процесс созревания длится в течение 24-48 час в крупной таре, в мелкой соответственно 6-8 час, после чего технологический процесс считается законченным и продукт готов к реализации.

Производят йогурт современные заводы по следующей схеме:

Прием необходимого сырья и его подготовка к дальнейшей обработке. Для изготовления продукта применяется молоко не ниже первого сорта с определенными показателями качества.

Нормализация необходима для оптимизации показателя жирности в продукте. Большая часть готовой продукцией обладает массовой долей жира от одного до шести процентов. Нормализация осуществляется путем сепарирования цельного молока или добавления сливок.

Гомогенизация молока является обязательным этапом в процессе производства йогурта, так как обеспечивает готовому продукту однородную консистенцию, без отстаивания жира. Процесс исключает риск выделения сыворотки и помогает придать продукту характерную консистенцию. Пастеризация необходима для придания готовому йогурту микробиологической безопасности в результате уничтожения вредоносной патогенной микрофлоры. Процесс заквашивания. В молоко добавляется заквасочная культура при определенной температуре, выбор закваски зависит от вида получаемого йогурта. Так, например, в йогурт с пробиотиками, вносят дополнительную пробиотическую культуру вместе с базовой культурой термофильных молочнокислых стрептококков. До этого момента технологический процесс не будет отличаться, независимо от способа производства. Для термостатного способа производства следующим этапом будет фасовка заквашенного молока.

После чего расфасованный йогурт помещают в термостатные камеры для сквашивания.

Производящие йогурт комбинаты резервуарным способом, на следующем этапе технологии осуществляют сквашивание. Длительность и выбор температурного режима для процедуры зависит от типа используемой закваски.

Сквашивание продолжается до достижения продуктом определённой кислотности и плотности сгустка.

При получении требуемого показателя плотности и формирования сгустка, готовый продукт подвергают охлаждению. При термостатном способе, упакованный йогурт перемещают в холодильную камеру. При резервуарном, хладоноситель (ледяную воду) подают в рубашку технологической емкости, где происходило сквашивание.

При резервуарном способе производства следующий этап – фасовка. Готовый йогурт фасуют в тару и маркируют. После завершения всех этапов наступает заключительная стадия - созревание готового йогурта. Расфасованный и охлаждённый продукт выдерживают при температуре 4–6 °C не менее 6–8 часов. В этот период йогурт приобретает характерную консистенцию, вкус и аромат[76-78].

Сыры сычужные мягкие - продукты, получаемые при ферментативном кислотном и комбинированном свертывании молока с последующей обработкой сгустка и сырной массы, с созреванием или без него.

При производстве сыров данной группы используют молоко повышенной кислотности, зерно ставят крупное, второго нагревания и принудительного прессования не производят. Созревание сыров протекает послойно, т.е. начинается с наружных слоев и распространяется внутрь. При созревании сыров действуют молочнокислые стрептококки, ароматобразующие бактерии, молочнокислые палочки, активно развивается микрофлора сырной слизи и плесени.

Технологическая схема производства сыра рокфор состоит из основных технологических процессов (1-6), аналогичных при производстве твердых сыров:

1. Приемка и сортировка молока.
2. Резервирование и созревание молока.
3. Нормализация молока по жиру и белку.
4. Пастеризация и охлаждение молока.
5. Подготовка молока к свертыванию.
6. Свертывание молока.
7. Обработка сгустка и сырной массы. Зерно ставят крупное.
8. Формирование сыра.

Прессование сыра не проводится.

Последующие технологические операции аналогичны операциям при производстве твердых сычужных сыров. В начале созревания сыр рокфор прокалывают специальными иглами, чтобы дать доступ кислороду воздуха для развития голубой плесени.

При производстве сыров данной группы используют молоко повышенной кислотности, зерно ставят крупное, второго нагревания и принудительного прессования не производят. Созревание сыров протекает послойно, т.е. начинается с наружных слоев и распространяется внутрь. При созревании сыров действуют молочнокислые стрептококки, ароматобразующие бактерии, молочнокислые палочки, активно развивается микрофлора сырной слизи и плесени [79-81].

Технологическая схема производства сыра рокфор включает ряд основных этапов, большинство из которых аналогичны процессам, применяемым при производстве твердых сыров.

На первом этапе проводится приемка и сортировка молока в соответствии с установленными санитарно-гигиеническими требованиями. Далее осуществляется резервирование и созревание молока, что необходимо для достижения оптимальных технологических свойств сырья. Следующим этапом является нормализация молока по содержанию жира и белка с целью обеспечения стабильного качества готового продукта. Затем молоко пастеризуют при соответствующих температурных режимах, после чего оно охлаждается до заданной температуры.

После охлаждения производится подготовка молока к свертыванию, включающая внесение закваски и ферментных препаратов. Затем осуществляется свертывание молока с образованием сгустка.

Образовавшийся сгусток подвергается первичной обработке: его нарезают на крупные зерна и аккуратно перемешивают, чтобы сохранить необходимую структуру сырной массы. На заключительном этапе формируется сырная головка - сырное зерно помещают в формы для последующего прессования и созревания.

В производстве рассольных сыров используют молоко коровье, овечье, козье или их смеси. Рассольные сыры вырабатывают как из пастеризованного, так и сырого молока. Требования к молоку предъявляются аналогичные требованиям при производстве твердых сыров.

Молоко, предназначенное для выработки сыра подвергают:

1. Предварительной обработке, состоящей из следующих операций: созревания, нормализации по жиру, пастеризации молока, внесения химикатов, подкрашивания молока, внесение закваски молочнокислых бактерий.

2. Свертывание молока проводят сычужным ферментом, реже пепсином. Образование сгустка происходит через 20 мин после внесения раствора сычужного фермента. Затем приступают к обработке сгустка.

3. Формование и прессование сгустка. Готовый сгусток с помощью творожного ковша выкладывают на специальные столы длиной 2,5-3 м, шириной 80 см, высота бортов 15 см. Выложенный на стол сгусток на куски размером 3-5 см. Разрезанный сгусток встряхивают и оставляют на 3-5 минут, далее связывают концы серпянки и в таком состоянии выдерживают 5-10 мин. Затем серпянку развязывают и производят вторичное разрезание сгустка, а после этого снова завязывают серпянку, сверху кладут щит и оставляют на 10-15 мин для удаления сыворотки. По истечении указанного времени щит снимают, серпянку развязывают

и производят третье разрезание сгустка. Углы серпянки завязывают, кладут щит и груз из расчета 0,5 кг на 1 кг сырной массы, прессование продолжается 30-45 минут [82].

4. По окончании прессования толщина пласта должна быть 10-12 см, его разрезают по линейке на квадратные куски, размером 13х13 см. Масса куска свежей брынзы 1,5 - 2 кг. Куски брынзы на столе укладывают рядами, отделяя один от другого досками, затем поливают холодной водой (температура не выше 10°С) из расчета 1-2 л на 1 кг брынзы. Через 15-20 мин приступают к посолке.

5. Посолка рассольных сыров. После охлаждения куски брынзы кладут на сутки в рассол концентрации не ниже 20%, температура рассола должна быть не выше 12°С. Затем брынзу вынимают из рассола и солят сухой солью в специальных плотных ящиках в течении 24 час.

6. Укладка в бочки и ее хранение. После 48-часовой посолки брынзу взвешивают и укладывают в стандартные бочки, изготовленные из осины или липы. Брынзу в бочки, вместимостью 50, 100 кг, укладывают плотными рядами.

После укладки брынзы заполненную доверху бочку оставляют на 1-2 дня в прохладном помещении для уплотнения и стекания рассола, образующегося при выделении сыворотки из брынзы. Когда брынза уплотнится и осядет, укладывают еще слой брынзы. Затем верхнее днище закрывают и через отверстие наливают профильтрованный рассол 20-22% концентрации. Отверстие днища закрывают и кладут бочку набок на деревянные рейки. В процессе хранения при температуре не выше 12°С, бочки с брынзой перекатывают и доливают рассолом через каждые 2 дня. Через 15 дней рассол из бочек выливают, взвешивают, снова наливают свежий рассол, закрывают, маркируют и направляют на реализацию. Перевозят брынзу при температуре не выше 8°С. В процессе хранения бочки через каждые 5-6 дней перекатывают, 1-2 раза в месяц заменяют рассол свежим, постепенно понижая его концентрацию до 17 %.

Потребительскую тару для сметаны, творога, творожных изделий и других вязкопластичных продуктов изготовляют из упаковочного материала формированием тары различной формы и вместимости (пакеты, коробки, стаканчики и др.) с последующим завариванием или запечатыванием крышками. Перед дозированием продукта тару стерилизуют горячим воздухом, газом или подвергают бактерицидной обработке.Сгущенные стерилизованные консервы упаковывают в металлические банки № 7 и 1, а сгущенные консервы с сахаром - в металлические банки массой 115-3850 г, алюминиевые тубы вместимостью 220 и 260 г и картонные пакеты из комбинированного материала «пюр- пак асептик» массой 650 г. Перед заполнением продуктом металлические банки обрабатывают в потоке сначала горячей водой температурой 80-90°С в течение 38-40 с, а затем паром в течение 20-22 с; мытые банки обсушивают горячим воздухом температурой 110°С. Крышки обрабатывают так же, как и банки. Заполненные продуктом и закатанные на закаточной машине банки обмывают в банкомоечной машине теплой водой и обсушивают воздухом.В качестве транспортной тары для сгущенных молочных консервов используют деревянные заливные и фанерно-штампованные бочки, металлические фляги

для молока и молочной продукции, авто-, железнодорожные цистерны, ящики дощатые и из гофрированного картона [83].

Сметану, творог, творожные изделия и другие вязкие и вязкопластичные продукты фасуют и упаковывают в мелкую тару на фасовочно-упаковочных автоматах. Общими конструктивными признаками таких автоматов являются использование преимущественно объёмного способа дозирования продукта, а также периодичность движения исполнительных органов и формующего стола. Приёмный бункер автомата оснащён шнековым питателем, который подаёт продукт в зону дозатора. Из дозатора продукт порционно подаётся за счёт перемещения поршня. Объём порции регулируется изменением хода поршня дозатора.

Автомат служит для формования тары в виде прямоугольных коробок из полимерных материалов и фасования в нее сметаны порциями по 200 и 250 г с последующим запечатыванием коробок сверху алюминиевой фольгой или бумагой, ламинированной термосваривающимся слоем. Все операции фасования и упаковывания в автомате происходят последовательно по прямой. Цикл работы автомата можно разделить на три части. Первая часть - формовочный пресс, штамп запечатывания, вырубной штамп и тормоз пленки зажаты. В это время разматывается и нагревается упаковочная пленка. Коробки формуются в формовочном прессе, заполняются продуктом с помощью дозатора, закрываются запечатывающим материалом и термосвариваются с материалом коробок в штампе. Готовые упаковки вырубаются в вырубном штампе. Образовавшиеся при этом отходы наматываются на барабан. Готовые упаковки отводятся (сбрасываются) с помощью подвижного столика [84-86].

В Республике Казахстан производство и реализация кисломолочных продуктов, включая вязкопластичные разновидности, строго регламентируются в рамках национальных технических условий и международно гармонизированных стандартов. Продукция подлежит обязательной регистрации в Государственном реестре продукции, соответствующей требованиям технических регламентов, а также в реестре СТ-KZ при наличии отечественной доли сырья и переработки (таблица 5).

К категории вязкопластичных молочных продуктов в официальной терминологии Казахстана относят: творог и творожные массы, сметану, йогурты и йогуртоподобные продукты, мягкие и рассольные сыры (брынза, фета, сулугуни и др.). Данные продукты характеризуются высокой вязкостью, определённой пластичностью текстуры, наличием заквасочных или сычужных микробиологических процессов, и специфической консистенцией, отличающей их от жидких или зернистых форм (таких как кефир, ацидофилин, простокваша и др.).

Согласно требованиям Комитета технического регулирования и метрологии МИИР РК, вся молочная продукция, включая вязкопластичные виды, подлежит регистрации в Государственном реестре с указанием:

- наименования продукта и формы выпуска;
- нормативно-технической документации (ГОСТ, СТ РК, ТУ);
- идентификационного кода (ТН ВЭД);

- производителя;
- параметров качества и безопасности.

Таблица 3 - Примеры из реестра продукции, зарегистрированной по вязкопластичным категориям

Продукт	**Нормативный документ**	**Производитель**	**Категория**
Сметана 20%	ГОСТ 31452–2012	ТОО «Молпродукт»	Вязкопластичный кисломолочный продукт
Йогурт с клубникой	СТ РК 2069–2015	ТОО «Danone Казахстан»	Ферментированный продукт с пластичной структурой
Творог классический 9%	ГОСТ 31453–2013	АО «Молочный мир»	Продукт сквашивания с высокой вязкостью
Сыр рассольный «Фета»	ГОСТ 53436–2009	ТОО «СырКаз»	Белый мягкий сыр в рассоле

В реестре содержатся данные о продуктах, прошедших подтверждение соответствия требованиям национальных стандартов и технических регламентов. Ниже приведены конкретные примеры вязкопластичных молочных продуктов - творог, сметана, йогурт и мягкие сыры - с указанием регистрационных данных и применяемых стандартов (таблица 6).

Таблица 4 - Примеры вязкопластичных молочных продуктов - творог, сметана, йогурт и мягкие сыры - с указанием регистрационных данных и применяемых стандартов

Продукт	Регистрационная запись	Нормативный документ	Юр.лицо
Творог 9%	Творог, массовая доля жира 9%, 10 кг - зарегистрирован 20.06.2022	СТ РК 1733-2015 «Молоко и молочные продукты. Общие технические условия»	ООО "SANZHELI" (г. Алматы)
Сметана 15–36 %	Сметана массовой доли жира (15 %, 20 %, 36 %) - срок годности …	СанПиН нормы (предельные сроки хранения)	
Йогурт / напитки кисломолоч-ные	Кефир «Новый день» 2,5 % - действующий сертификат с 05.08.2024	СТ ТОО 39050637-02-2009 «Напитки кисломолочные «Новый день»	
Айран газированный	Айран Казахстан газированный, жир 1,4–1,9 %, ПЭТ-бутылка - действующий с 07.10.2024	СТ ТОО 39050712-02-2020 «Продукты кисломолочные с добавлением соли»	

Творог 9% - типичный представитель вязкопластичных продуктов, зарегистрирован согласно СТ РК 1733-2015, что подтверждает его соответствие общим техническим требованиям для кисломолочных продуктов и позволяет выпускать крупноформатные упаковки (10 кг) для индустриального использования.

Кефир «Новый день» - пример технологии стандартной массовой продукции, соответствующей СТ ТОО 39050637-02-2009, с регистрацией, подтверждающей внутреннюю долю и происхождение.

Газированный айран - инновационный продукт, сочетающий традиционный кисломолочный напиток с газированием, выпущенный согласно СТ ТОО 39050712-02-2020, что делает его интересным примером функционального продукта с признаками вязкопластичности и притягательности. Согласно сведениям из Государственного реестра Республики Казахстан, производство вязкопластичных кисломолочных продуктов - таких как сметана, творог, йогурты и айран - регулируется рядом национальных стандартов и санитарных норм. При выпуске творожной продукции применяются стандарты СТ РК 1733-2015 и СТ РК 94-95, а также ГОСТ 31453-2013, принятый как национальный стандарт с 1 января 2015 года.

Для йогуртов и кисломолочных напитков используются структурированные технические условия (СТ ТОО), а также соблюдаются санитарные правила и нормативы (СанПиН), которые определяют категории продукции, сроки хранения и требования к её безопасности и качеству. Кроме того, в производство внедряются инновационные формы продукции, такие как газированный айран, при обязательном условии соблюдения всех нормативных требований, обеспечивающих безопасность и стабильность продукта. Это подтверждает активное применение регламентирующих документов при производстве функциональных и традиционных кисломолочных продуктов на территории Казахстана.

При производстве вязкопластичных кисломолочных продуктов применяются следующие международные стандарты:

ISO-стандарты, применимые к кисломолочной продукции:

ISO 22000 - международный стандарт по системе управления безопасностью пищевых продуктов (FSMS), включающий принципы HACCP и программы предварительных условий (PRPs), критически важен для обеспечения безопасности на всех этапах - от сырья до готового продукта.

ISO 19344:2015 - регламентирует количественное определение молочнокислых бактерий (например, в йогуртах) методом проточной цитометрии, что необходимо при оценке качества заквасок и готовой продукции ISO.

ISO 9232:2003 (с поправкой 2023) - устанавливает требования по идентификации характерных микроорганизмов (*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus и Streptococcus thermophilus*), что важно для стандартизации заквасок ISO.

ISO 12081:2010 - титриметрический метод определения содержания кальция в молоке, ключевой для оценки минерализации продукта ISO.

ISO 11869:1997 / ISO TS 11869:2012 - кислотность ферментированных молочных продуктов измеряется потенциометрически, важна для контроля процесса сквашивания ISO (таблица 3). Другие стандарты, например по определению белка (ISO 8968), жира, показателей микробной безопасности,

сенсорной оценки и т.д., обеспечивают комплексную систему контроля качества продукции ISO [87-92].

Codex Alimentarius - предоставляет международные руководства по безопасности продуктов питания, включая ферментированные молочные. Включает общие стандарты по маркировке, гигиене, пищевым добавкам, а также коды практик и максимальные уровни содержания загрязнителей [93].

Таблица 5 - Международные и национальные стандарты производства вязкопластичных кисломолочных продуктов

Стандарт	Область применения	Примечание
ISO 22000	Система менеджмента безопасности пищевых продуктов (FSMS)	Обеспечение безопасности процесса - от сырья до готового продукта
ISO 19344:2015	Количественная оценка молочнокислых бактерий (проточная цитометрия)	Контроль численности живых культур в закваскаx и продукции
ISO 9232:2003	Идентификация заквасочных микроорганизмов (L. bulgaricus, S. thermophilus)	Гарантия соответствия используемых культур
ISO 11869 / TS 11869	Измерение кислотности ферментированных молочных продуктов	Обеспечение точного контроля сквашивания
ISO 12081:2010	Определение содержания кальция	Контроль минерального состава для пищевой ценности и текстуры
Также применимы стандарты ISO по протоколам анализа: белок, жир, консерванты, микробиологический состав и др.		

Национальные стандарты Республики Казахстан:

СТ РК ISO 19344-2016 - количественная оценка молочнокислых бактерий. Адаптация ISO 19344:2015 для казахстанских стандартов; применима к ферментированным продуктам и закваскам new-shop.ksm.kz.

СТ РК 3390-2019 - «Йогуртоподобные продукты со заменителями молочного жира». Регламентирует технологию производства молокосодержащих продуктов с заменителем молочного жира, произведённых по технологии йогурта, включая состав и микробиологические требования new-shop.ksm.kz (таблица 4).

СТ РК 1733-2015 - «Молоко и молочные продукты. Общие технические условия». Обобщённое нормативное документирование для всех упакованных молочных продуктов, включая йогурты и продукты ферментации, с указанием сроков годности, маркировки и требований к производству new-shop.ksm.kz BestProfi .

Таблица 6 - Технологическая карта производства вязкопластичных кисломолочных продуктов с учетом стандартов

Этап	Процесс	Обоснование стандартом
Сырьё	Нормализованное пастеризованное молоко	СТ РК 1733-2015; ISO 22000
Гомогенизация	Давление 20–25 МПа, температура 65–70 °С	Улучшение текстуры; требования Codex и ISO
Пастеризация	85–90°С на 5–10 мин	Санитарная безопасность - СанПиН → ISO / СТ РК
Охлаждение	До 40–45 °С, немедленное заквашивание	СанПиН требования: охлаждение и использование закваски до 6ч
Заквашивание	Культуры *L. bulgaricus* и *S. thermophilus*	ISO 9232; СТ РК 2069-2015
Сквашивание	pH 4,6–4,7 под контролем ISO 11869/TS 11869	Оптимизация кислотности и структуры
Контроль закваски	Количественная оценка бактерий методом проточной цитометрии	ISO 19344; СТ РК ISO 19344-2016
Контроль состава	Анализ: белок, кальций, тесты на безопасность	ISO 12081 и др.; совпадает с требованиями СТ РК и Codex
Упаковка/маркировка	Требования Codex + национальные	Соблюдение безопасности, маркировки и функциональности

Гармонизация с международными нормами ISO и Codex позволяет адаптировать технологии под современные требования безопасности и качества.

СТ РК 2069-2015 и 2117-2015 учитывают традиционные технологии и национальные продукты, что обеспечивает соответствие локальным продуктовым особенностям.

СТ РК ISO 19344-2016 обеспечивает актуальный метод микробиологического контроля, поддерживая требования доказательной техники.

СанПиН нормы по температурной обработке и охлаждению до заквашивания важны для технологической безопасности и минимизации риска загрязнения [94-98].

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Материалы исследования

Для выделения и культивирования чистых культур молочнокислых бактерий использовались следующие питательные среды: стандартные MRS-среды производства фирмы HiMedia, обезжиренное молоко, а также специализированная питательная среда «Бифидум». В качестве дополнительных компонентов к питательным средам добавлялись цистеин и глюкоза.

Состав MRS-агара (de Man, Rogosa, Sharpe) (в г/л): пептон – 10,0; мясной экстракт (Lab-Lemco) – 8,0; дрожжевой экстракт – 4,0; глюкоза – 20,0; сорбитан моноолеат – 1 мл; дигидрофосфат калия – 2,0; ацетат натрия – 5,0; цитрат аммония трёхзамещённый – 2,0; сульфат натрия – 0,05; агар – 10,0.

Общая масса сухой смеси составляет 62 г на 1 литр дистиллированной воды. pH питательной среды составляет 6,2±0,2. Для приготовления используется 62 г сухого порошка на 1 литр дистиллированной воды. Стерилизация проводится в автоклаве при температуре 121 °C и давлении 1 атм в течение 15 минут.

Обезжиренное молоко получают путём удаления сливок из цельного молока методом фильтрации или центрифугирования (при 700–1500 g в течение 15 минут), с последующим повторным кипячением и удалением остаточных сливок. В большинстве случаев молоко разводят водой в соотношении 2:1, после чего подвергают стерилизации при температуре 121°C в течение 15 минут.

Питательная среда «Бифидум» применяется в производстве пробиотических препаратов для культивирования бифидобактерий, а также при проведении бактериологических исследований и выделении бифидобактерий из клинического материала. Представляет собой мелкодисперсный гигроскопичный порошок светло-жёлтого цвета.

Для приготовления: 50 г порошка тщательно перемешивают с 1 литром дистиллированной воды, затем нагревают в течение 1 часа с периодическим перемешиванием до полного растворения агара. При необходимости проводят фильтрацию. Полученную среду разливают по пробиркам по 9 мл и стерилизуют при температуре 112°C в течение 30 минут. Готовая среда имеет цвет от бесцветного до жёлтого или буровато-жёлтого.

По условиям хранения: стерилизованную среду рекомендуется хранить не более 2 суток при температуре 2–8°C.

В качестве питательной среды для культивирования микроорганизмов, в том числе требовательных к питательным условиям штаммов (например, *Streptococcus pneumoniae*, *Neisseria meningitidis*, *Streptococcus pyogenes* и др.), использовали мягкий агар на основе сердечно-мозговой вытяжки (Brain Heart Infusion, BHI).

Мягкий агар BHI (агар с сердечно-мозговой вытяжкой) представляет собой питательную среду для культивирования широкого спектра микроорганизмов, включая бактерии, дрожжи и плесени, особенно

требовательных к питательным веществам штаммов, таких как стрептококки, менингококки и пневмококки. Среда обогащена такими компонентами, как вытяжка из сердечно-мозговой ткани, мясной пептон и дрожжевой экстракт, что делает её подходящей для выращивания требовательных микроорганизмов.

Среда представляет собой высокопитательный агар, содержащий компоненты животного происхождения, включая вытяжки из телячьего мозга и говяжьего сердца, а также протеозопептон, декстрозу, хлорид натрия и динатрийфосфат, что обеспечивает оптимальные условия для роста как аэробных, так и факультативно анаэробных микроорганизмов.

Для приготовления среды 52 г сухого порошка BHI разводили в 1000 мл дистиллированной воды. Смесь тщательно перемешивали, нагревали с периодическим перемешиванием до полного растворения, после чего доводили до кипения и кипятили в течение 1 минуты. Стерилизацию осуществляли при температуре 121°C в течение 15 минут в автоклаве.

2.2 Объекты исследования

1. Пробы козьего и коровьего молока различных регионов Республики Казахстан, используемые в качестве сырья для производства кисломолочных продуктов.

2. Пробы традиционных кисломолочных продуктов (козье молоко, творог из коровьего и козьего молока) Восточно-Казахстанского региона, используемые для выделения пробиотических штаммов.

3. Отечественные низкокислотопродуцирующие пробиотические штаммы молочнокислых бактерий, выделенные и отобранные по активности функциональных и технологических свойств, такие как *Lacticaseibacillus subsp. paracasei* KAN EI 4, *Bifidobacterium crudilactis* 7-2, *Lacticaseibacillus subsp. paracasei* Gch 5.2.1, *Lactococcus lactis subsp. lactis* 7-8 M, *Lactococcus lactis subsp. lactis* 7-1M, *Bifidobacterium crudilactis* 7-6C.

4. Вязкопластичный кисломолочный продукт - творог, полученный по разработанной технологии с применением низкокислотопродуцирующих пробиотических заквасок на основе козьего молока.

5. Бактериальные тест-культуры, используемые для оценки антимикробной активности пробиотических штаммов: *Bacillus cereus* 1410 A, *Staphylococcus aureus* CCM 4516, *Escherichia coli* CCM 4516, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 1961.

2.3 Методы исследования

2.3.1 Методы определения физико-химических свойств молока и молочных продуктов

Определение массовой доли жира проводилось по методу Гербера в соответствии с ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Метод определения жира по Герберу». Суть метода заключается в разрушении белков с помощью серной кислоты и последующем высвобождении жира, который отделяется в жиромере при центрифугировании. В градуированный жиромер вносили 10 мл серной кислоты, затем 10,75 мл исследуемого образца,

добавляли 1 мл амилового спирта, тщательно перемешивали, центрифугировали в течение 5 минут и выдерживали в водяной бане при температуре 65°C. Результаты определялись по шкале жиромера.

Определение титруемой кислотности проводилось титриметрическим методом согласно ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Методы определения кислотности». Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в молоке, раствором щёлочи. В 10 мл образца добавляли фенолфталеин в качестве индикатора и титровали 0,1 н. раствором гидроксида натрия до появления устойчивого розового окрашивания. Кислотность выражали в градусах Тернера (°T).

Определение активной кислотности (pH) выполнялось потенциометрическим методом в соответствии с ГОСТ 31454-2018 «Продукты молочные. Метод измерения pH». Перед началом измерений pH-метр калибровали с использованием буферных растворов с известными значениями pH. Электрод прибора погружали в исследуемую пробу, и после стабилизации показаний фиксировали значение pH.

Определение массовой доли сухих веществ (обратным методом по влажности) проводилось по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения сухого вещества». Навеску продукта массой около 2 г помещали в предварительно высушенную и взвешенную чашку Петри, затем высушивали в сушильном шкафу при температуре 102–105°C до постоянной массы. После охлаждения в эксикаторе проводилось повторное взвешивание, а содержание сухих веществ рассчитывали по формуле.

Определение плотности молока осуществлялось ареометрическим методом с использованием лактометра в соответствии с ГОСТ 18481-81 «Молоко. Метод определения плотности». Образец наливали в мерный цилиндр, измеряли температуру и затем опускали лактометр. Плотность определялась по шкале прибора, с учётом поправки на температуру, если она отличалась от 20°C.

2.3.2 Выделение молочнокислых бактерий и определение их морфологических свойств

Выделение новых штаммов молочнокислых бактерий из традиционных кисломолочных продуктов, включая козье молоко, козий творог и коровье молоко, собранных из различных регионов Республики Казахстан, осуществляли методом последовательных разведений с использованием глубокого посева в чашку Петри. Для выделения жизнеспособных микроорганизмов из жидких образцов, их разводили в 10 раз в физиологическом растворе, приготовленном из 8,5 г/л NaCI и 1 г/л пептона, при pH 7. Полученную смесь встряхнули для получения однородной консистенции, после чего из полученной разведений 1 мл внесли в стерильную чашку Петри и сверху налили растопленную агаровую среду MRS (Merck, США), приготовленную в соответствии с инструкциями поставщиков.

Инкубацию проводили при 5% - ном содержании CO_2 и температуре 37°C в течение 72 часов в анаэробных условиях, используя пакетики Anaerojar с

анаэрогеном объемом 2,5 л, в течение 72 часов. После инкубирования выросшие колонии отбирали и переносили в пробирки с бульоном MRS (Merck, США). Изоляты культивировали в течение 24 часов при температуре 37°C. Чистоту проверяли с помощью светового микроскопа. Для дальнейших целевых исследований были отобраны чистые изоляты с типичной морфологией лактобактерий.

2.3.3 Определение биохимических и технологических свойств отобранных МКБ

Для комплексной характеристики отобранных штаммов молочнокислых бактерий (МКБ) были проведены исследования их биохимических и технологических свойств, определяющих потенциал их применения в производстве функциональных кисломолочных продуктов.

Кислотообразующая способность штаммов оценивалась путём измерения титруемой кислотности (в °Т) молочной среды, засеянной исследуемыми культурами. Культуры инокулировались в стерильное нормализованное молоко и инкубировались при 37°C в течение 6 и 24 часов. После окончания инкубации определяли титруемую кислотность по методике ГОСТ 3624-92. Динамика накопления кислоты позволяла оценить темп и интенсивность кислотопродукции.

Изоляты молочнокислых бактерий (LAB) культивировали в бульоне де Мана, Рогозы и Шарпа (MRS; Merck, США) при температуре 37°C в течение 24 часов. В качестве тест-микроорганизмов использовали *Staphylococcus aureus CEM 4516, Escherichia coli CCM 4516, Bacillus cereus 1410A* и *Pseudomonas aeruginosa CCM 1961*, которые культивировали в бульоне для инфузии мозгового вещества (BHI) при 37°C в атмосфере с 5% CO_2 в течение 18 часов.

Способность к размножению в молоке – КОЕ и pH во время ферментации. Чтобы проверить рост бактерий в молоке, штаммы отслеживали на предмет их роста в обезжиренном ультрапастеризованном молоке 0,3% жирности. Штаммы анализировали для определения их pH и количества клеток. Стеклянные пробирки заполняли по 5 мл каждой среды вместе с 5 %-ным посевным материалом. pH измеряли через 0, 6 и через 24 часа, а количество клеток наблюдали через два разных промежутка времени - через 0 и 24 часа. Для подсчета количества клеток использовали методику последовательных разведений для выделения жизнеспособных микроорганизмов из бульона MRS (Merck, США) и обезжиренного ультрапастеризованного молока 0,3% жирности. Среду, используемую для их выращивания, разбавляли в 6-8 раз физиологическим раствором пептона, приготовленным из 8,5 г/л NaCl и 1 г/л пептона при pH 7. Разведение в соотношении 1:10 получали путем смешивания 1 мл бактериальных штаммов с 9 мл физиологического раствора с пептоном, взбалтывали эту смесь до получения однородной массы, добавляли 10 мкл этой смеси в чашку Петри и после инкубации подсчитывали колонии. Культивирование в обезжиренном ультрапастеризованном молоке проводили при температуре 37°C, в аэробных условиях. pH во время ферментации проверяли три раза: 0, 6 и после 24 часов инкубации.

2.3.4 Определение основных пробиотических свойств отобранных МКБ

Антагонистическую активность тестировали в 10 мл мягкого агара BHI + 100 мккл патогенов, pH 6,5, где использовали инокуляцию патогенов в количестве 10^4-10^5 КОЕ/мл. После затвердевания агара на поверхность пипеткой наносили 5 мкл свежих штаммов и культивировали чашки при 37°C в 5 % растворе CO_2 в течение 24 часов. После инкубации измеряли диаметр и прозрачную зону для определения антимикробной активности.

В начале исследования была проверена концентрация патогенных бактерий, используемых для данного теста, в соответствии с чем была проведена работа для получения желаемой концентрации 10^4 - 10^5 КОЕ/мл.

Гидрофобность клеточной поверхности (CSH)

Адгезию микроорганизмов к углеводородам (MATH) оценивали с помощью метода, модифицированного (Abdulla, 2014). Для проверки гидрофобности поверхности клеток изоляты выращивали в бульоне MRS при 37 °C в 5 %-ном растворе CO_2 в течение 18 часов. Штаммы отбирали центрифугированием при 6000 ×g и 4°C в течение 10 мин и дважды промывали в PBS (фосфатно-солевом буфере). Содержание PBS: (137 мм NaCl - 8 г/л, 2,7 мм KCL - 0,2 г/л, 10 мм Na2HPO4 - 1,44 г/л, 1,8 мм KH2PO4 - 0,24 г/л) с регулировкой pH перед стерилизацией на 7,2.

Оптическую плотность бактерий регулировали до A600 Нм = 0,5 ± 0,05. 3 мл бактериальной суспензии смешивали с 1 мл ксилола, н-гексана и гексадекана (Sigma-Aldrich, США). В качестве неполярного растворителя был выбран ксилол, поскольку он отражает гидрофобность и гидрофильность поверхности клеток. Двухфазную систему тщательно перемешивали в течение 30 секунд. Двум фазам позволили разделиться в течение 1 часа при температуре 37°C, осторожно отобрали 1 мл водной фазы и измерили ее при длине волны 600 нм. Уменьшение поглощения водной фазы рассматривали как показатель гидрофобности поверхности клетки (H%), который рассчитывали на основе уравнения:

H (%) = [(A0-At)/A0] x 100,

где A0 и A - поглощение до и после экстракции ксилолом, н-гексаном и гексадеканом

Анализ на аутоагрегацию проводили с использованием метода, модифицированного (Collado, Meriluoto et al., 2008). Изоляты выращивали в бульоне MRS в течение 18 часов при температуре 37°C. Бактериальные клетки собирали центрифугированием при 6000 ×g и 4°C в течение 10 мин, дважды промывали PBS и ресуспендировали в буфере PBS. Оптическую плотность бактерий регулировали до A600 Нм = 0,5 ± 0,05, бактериальную суспензию объемом 20 мл встряхивали в течение 30 секунд и оставляли стоять без движения. Измерение оптической плотности проводили путем тщательного удаления 1 мл суспензии с поверхности в разное время (0, 6 и 24 часа). Процент автоагрегации рассчитывали на основе уравнения:

Автоагрегация (%) = (1- At/A0) x 100 %,

где At представляет собой поглощение в момент времени через 6 ч и 24 ч, а A0 - поглощение в момент времени t=0 ч.

Автоагрегацию (%) изолятов рассчитывали через 6 ч и 24 ч инкубации. Каждое значение представляет собой среднее значение ± стандартное отклонение (SD) (n = 2,3).

Анализы на образование биопленки проводились по методу {Джорджевич, 2002} с некоторыми изменениями. Штаммы культивировали в бульоне MRS в течение 24 часов, 200 мкл бульона MRS с (0,5 мкФ) инокулята вносили пипеткой в чашки для микротитрования. Одну чашку культивировали в течение 24 часов, а вторую - в течение 48 часов при температуре 37°C без встряхивания. После соответствующих инкубаций среду удаляли из лунок, а лунки планшета для микротитрования трижды промывали 200 мкл фосфатного буферного раствора (PBS) с pH 7,2 для удаления планктонных бактерий. Планшеты высушивали на воздухе в течение 30 мин и каждую лунку окрашивали 200 мкл раствора кристаллического фиолетового (0,1 % по массе), который представляет собой раствор изопропанола, метанола и PBS (1:1:18 [по объему]), в течение 30 мин. После окрашивания планшеты промывали 200 мкл стерильной дистиллированной воды и оставляли высыхать на 30 минут. Количественный анализ образования биопленки проводили путем добавления 200 мкл этанола (96% по объему) и ацетона (80:20) для очистки лунок. Из каждой лунки переносили по 100 мкл на новый планшет для микротитрования и измеряли уровень (OD) кристаллического фиолетового в осветляющем растворе при 590 нм с помощью считывателя на планшете для микротитрования (спектрофотометр PN 5321002, Biotek Instruments, Inc).,

Первый набор планшетов использовали для измерения образования биопленки через 24 часа, а второй планшет использовали для определения образования биопленки через 48 часов. Среднее значение OD для контрольных лунок вычитали из OD для всех тестовых лунок. Анализ биопленки на планшете для микротитрования проводили трижды для всех 12 штаммов, и для всех повторений эксперимента рассчитывали средние значения и стандартные отклонения.

Анализ на коагрегацию проводили с использованием того же модифицированного метода, что и аутоагрегацию. Бактериальные суспензии готовили, как описано для аутоагрегации. Бактериальные клетки собирали центрифугированием при 6000 ×g и 4°C в течение 10 мин, дважды промывали PBS и ресуспендировали в буфере PBS, оптическую плотность бактерий регулировали до A600 Нм = 0,5 ± 0,05. Бактериальную суспензию объемом 20 мл, равные объемы штаммов лактобацилл и *Escherichia coli CCM 4517*, перемешивали в течение 10 секунд, инкубацию бактериальной суспензии проводили без перемешивания при комнатной температуре. Измерение оптической плотности проводили путем тщательного удаления 0,5 мл суспензии с верхней поверхности в разное время (0, 6 и 24 часа). Процентное соотношение коагрегации рассчитывали на основе уравнения:

Коагрегация (%) = {[(Apat + Alacto)/2 - Amix]/ (Apat + Alacto)/2} x 100,

где Apat и Alacto представляют собой 600 Нм отдельных бактериальных суспензий в контрольных пробирках (только лактобактерии или патогены), а Amix представляет собой поглощение смешанной бактериальной массы. суспензия через 6 и 24 часа.

Устойчивость штаммов к росту в желчных солях определяли на микропланшетах с помощью считывателя микропланшетов Gen5™ и программного обеспечения для формирования изображений. Вкратце, бульон MRS готовили с добавлением и без добавления 0,3, 0,5 и 1,0 % (по массе) желчных солей, стерилизовали в автоклаве при температуре 1210°C в течение 15 минут. Тестируемые штаммы инкубировали при температуре 370°C в течение 24 часов в бульоне MRS, 2% посевного материала добавляли к 200 мкл среды MRS и MRS с 0,3, 0,5 и 1,0% (по массе) соли желчных кислот. Выращивание проводили при температуре 37°C путем встряхивания каждые 15 минут и контролировали в течение 48 часов спектрофотометрически при 600 нм (спектрофотометр PN 5321002, Biotek Instruments, Inc),

Программа была выполнена с использованием программного обеспечения для спектрофотометра Biotek серии Gen 5™. Температура процедуры была установлена на 370 °C. Кинетическая обработка началась в 48:00:00 с интервалом измерений 1:00:00. Встряхивание проводилось на среднем уровне в течение 15 секунд. Показания фиксировались на длине волны 600 нм.

Профиль антибиотикорезистентности каждого лабораторного штамма был исследован с использованием метода дисковой диффузии, электронного теста на минимальную ингибирующую концентрацию (MIC) и с использованием планшетов Microlatest MIC G+ (Erba Lachema s,r,o, Brno, Чехия).

Наиболее простым из них является метод дисковой диффузии, который позволял проводить тестирование на одной чашке Петри под воздействием до четырех антибиотиков. Однако, с другой стороны, необходимо учитывать тот факт, что каждый полученный результат действителен только для одной заданной концентрации антибиотиков.

Для проведения теста на чувствительность к противомикробным препаратам методом дисковой диффузии 100 мкл исследуемых штаммов с McF 1 равномерно распределяли по поверхности MRS-агара с цистеином и давали время для подачи. После этого сразу же помещали диски, пропитанные различным количеством антибиотиков, и слегка встряхивали (по 4 антибиотика на тарелку). Затем чашки инкубировали в подходящих условиях в зависимости от изучаемого микроорганизма. Диаметр зон ингибирования роста вокруг каждого диска с антибиотиком был измерен в миллиметрах, и диаметр диска также был включен в результат. В этом исследовании было использовано 15 дисков антибиотиков: ампициллин - 10 мкг, клиндамицин-2 мкг, ципрофлоксацин-5 мкг, эритромицин-15 мкг, гентамицин-10 мкг, хлорамфеникол-30 мкг, канамицин-30 мкг, линезолид-10 мкг, хинупристин-15 мкг, рифампицин-5 мкг, стрептомицин-10 мкг, тетрациклин- 30 мкг, триметоприм -5 мкг, ванкомицин -5 мкг и 30 мкг соответственно.

Электронный тест проводился с использованием пластиковой полоски, содержащей заранее определенный уровень антибиотиков, на которую нанесена шкала показаний MIC в мкг/мл. Полуколичественный электронный тест позволил нам определить даже минимальную ингибирующую концентрацию. Однако полоска-носитель и, следовательно, зона ингибирования образования капель требуют большего пространства, поэтому чашку Петри тестировали только на наличие одного антибиотика на одной чашке Петри. 100 мкл исследуемых штаммов с McF 1 равномерно распределяли по поверхности MRS-агара с цистеином и давали время для подачи. После этого полоски непосредственно переносили на чашки с агаром, затем чашки инкубировали в подходящих условиях в зависимости от исследуемого микроорганизма.

Показатели резистентности были рассчитаны в соответствии с микробиологическими пороговыми значениями (мг/мл), рекомендованными Европейским органом по безопасности пищевых продуктов [EFSA] (2012).

Для оценки бактерий штаммы были классифицированы как чувствительные или устойчивые к противомикробным препаратам:

Восприимчивый(ые): штамм бактерий определяется как восприимчивый, если его ингибирование происходит при концентрации специфического антимикробного средства, равной или ниже установленного порогового значения ($S \leq x$ мг/л).

Резистентный (R): бактериальный штамм определяется как резистентный, если он не подавляется при концентрации специфического антимикробного средства, превышающей установленное пороговое значение ($R > x$ мг/л).

После инкубации вдоль полоски видна симметричная эллиптическая зона ингибирования, поскольку рост бактерий предотвращается, MIC определяется областью ингибирования, которая является конечной точкой, где эллипс пересекает полоску. Тест-полоска для определения резистентности к девяти антибиотикам, используемым в семи изолятах: 1- гентамицин, 2-стрептомицин, 3-хлорамфеникол, 4-тетрациклин, 5-эрифромицин, 6-клиндамицин, 7-ампициллин, 8-ванкомицин, 9- канамицин.

Тест на чувствительность к традиционным антибиотикам, входящий в набор MIC G+, был проведен в соответствии с протоколом Европейского органа по безопасности пищевых продуктов (EFSA).

С планшета снимали алюминиевую упаковку, на планшет наносили этикетку с названием тестируемых штаммов, в каждую лунку добавляли по 100 мкл суспензионной среды MIC G+ в каждую лунку. Сначала готовили бактериальную суспензию, дважды промывая клетки в PBS, затем доводили плотность до 2 мкФ, раствор разливали в стерильные чашки Петри, 60 мкл бактериальной суспензии добавляли в пробирку с 13 мл суспензионной среды MIC и хорошо гомогенизировали. Планшеты помещали в полиэтиленовые пакеты и инкубировали в течение 24 часов при температуре 370°C, после чего лунки для инкубации считывали при естественном рассеянном свете.

Чувствительность к антибиотикам была протестирована у всех 10 изолятов на растворе MIC G+, включающем 12 антибиотических препаратов. Диапазон МПК для конкретных антибиотиков варьировался в зависимости от

концентрации тестируемых антибиотиков: для гентамицина 0,25-128 мг/л, для ампициллина 0,25-16 мг/л, для эритромицина 0,06-8 мг/л, клиндамицина 0,12-16мг/л, тетрациклина 0,25-12мг/л, ванкомицина 0,12мг/л.-16 мг/л, хлорамфеникол 025-32 мг/л.

2.3.5 Идентификация пробиотических штаммов молочнокислых бактерий с использованием современных методик

Идентификация молочнокислых бактерий проводилась с использованием трех различных методов: (1) масс-спектрометрии с лазерной десорбцией/ионизацией при помощи матрицы с времяпролетной детекцией (MALDI-TOF MS), (2) биохимического теста API 50 CHL (bioMérieux, Франция), а также (3) секвенирования гена 16S рРНК. Масс-спектрометрический анализ выполняли с использованием прибора MALDI-TOF Microflex (Bruker Daltonics, Германия) в соответствии с инструкциями производителя. В соответствии с рекомендациями производителя, для анализа бактерий с помощью лазерной десорбции с помощью матрицы во времени пролета использовали клетки из одной колонии свежей культуры в течение ночи (инкубировали при 37°C, 24 часа на MRS-агаре) для каждого выделения, чтобы подготовить образцы в соответствии с процедурой экстракции микроорганизмов этанолом и муравьиной кислотой. Для получения каждого масс-спектра использовали 50 лазерных импульсов с заданной мощностью излучения на уровне минимального порогового значения, достаточного для десорбции-ионизации образца. Преимуществами методики являются высокая чувствительность, быстрая и простая пробоподготовка (от 10 до 15 мин на пробу), высокая скорость измерения (1 мин на пробу), возможность автоматизации и роботизации всех этапов исследования, относительно низкая стоимость используемых реагентов, образцов.

Для фенотипической идентификации молочнокислых бактерий применяли стандартизированную биохимическую систему API 50 CH в сочетании с питательной средой API 50 CHL (bioMérieux, Франция), предназначенной для определения представителей рода *Lactobacillus* и родственных таксонов. Система включает 50 микротестов, позволяющих оценить способность бактерий ферментировать различные углеводы и их производные [107,108].

Перед проведением анализа штаммы культивировали в бульоне MRS при 37°C в течение 18–24 часов. Клеточную суспензию готовили в стерильном MRS-бульоне до оптической плотности, эквивалентной 2 McFarland, после чего смешивали с содержимым ампулы API CHL и немедленно использовали для инокуляции тест-полосок.

Тестовые полоски предварительно размещали в инкубационный контейнер с увлажнённой атмосферой, а 50 микролунок заполняли бактериальной суспензией с помощью стерильной пипетки, избегая образования пузырей. Первая лунка служила отрицательным контролем, не содержала субстрата и использовалась для сравнения. После инокуляции лунки

покрывали стерильным минеральным маслом и инкубировали при 37°C в течение 24 и 48 часов.

Ферментация субстратов сопровождалась изменением цвета среды в лунках за счёт образования кислот и сдвига pH, что визуализировалось встроенным индикатором. Результаты регистрировали через 24 и 48 часов инкубации. Профили биохимической активности анализировали с использованием программного обеспечения и базы данных APIweb (bioMérieux), позволяющей определить таксономическую принадлежность исследуемых изолятов.

Анализ бактериальной идентификации с использованием секвенирования гена 16S рРНК. Полное извлечение геномной ДНК проводили с использованием набора для выделения ДНК (DNeasy, Blood & Tissue Qiagen kit) в соответствии с инструкциями производителя. Для ПЦР-амплификации использовали универсальные праймеры 8F 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3' и 1492R 5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3'. Циклическая программа для проведения ПЦР-реакций начиналась с начальной денатурации матричной ДНК при 94°C в течение 5 минут. За этим последовало 35 циклов амплификации, где каждый цикл включал 30-секундную денатурацию при 95°C, 30-секундный отжиг грунтовки при 59°C и 1-минутную выдержку при 72°C. После заключительного цикла проводилась заключительная обработка при температуре 72°C в течение 10 минут. Полученные продукты ПЦР анализировали с помощью электрофореза в 1,5% агарозном геле.

Идентификация штаммов была проведена с помощью секвенирования 16S рРНК в Институте микробиологии Чешской академии наук (Прага, Чешская Республика). Полученные последовательности были проанализированы и идентифицированы путем сравнения с опубликованными сравнительные последовательности с помощью инструмента BLAST, предоставленного Национальным центром биотехнологической информации (NCBI), (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/). Филогенетическое древо и молекулярный анализ были проведены с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).

Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения SPSS (версия 29, IBM, Нью-Йорк, США). Данные анализировались с использованием дисперсионного анализа (ANOVA), а результаты представлялись в виде среднего значения ± стандартное отклонение. Для определения значимых различий был установлен уровень значимости $p < 0,05$.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Исследование органолептических и физико-химических свойств козьего молока, отобранного для получения творога

В качестве объекта исследования были выбраны три пробы козьего молока, поступившие из различных регионов Республики Казахстан: село Самар Восточно-Казахстанской области, Абайской и Павлодарская области. Органолептические свойства проб козьего молока приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Органалептические свойства проб козьего молока

Характеристика /Данные проб	**Село Самар Восточного Казахстана**	**Абайская область**	**Павлодарская область**
Внешний вид	Однородный, без видимых включений, слегка мутный	Прозрачный, без отложений и примесей	Слегка мутный, без видимых примесей
Цвет	Белый с кремовым оттенком	Чистый белый	Светло-белый с легким серым оттенком
Запах	Слабый, нейтральный, посторонних запахов нет	Слегка выраженный, характерный для козьего молока, без неприятных нот	Умеренно выраженный, характерный козий запах, слабокислый
Вкус	Мягкий, слегка сладкий	Нежный, слегка соленый ореховым вкусом	Слегка кисловатый, с характерным козьим вкусом
Консистенция	Однородный, без комков	Жидкий, менее плотный по сравнению с первым образцом	Однородный, средней плотности

При определении органолептических показателей было установлено, что все исследуемые пробы козьего молока соответсвовали нормам.

Физико-химический анализ проб козьего молока проводился с использованием прибора «Клевер-2»**,** предназначенного для экспресс-анализа качества молока. С его помощью определялись ключевые показатели: массовая доля белка, жира, плотность, содержание сухого обезжиренного молочного остатка, а также температура исследуемого продукта.

Процедура измерения занимала от 2,5 до 3,5 минут, в зависимости от температуры молока: молоко комнатной температуры анализировалось за 2,5 минуты, охлаждённое - за 3,5 минуты. Результаты измерений отображались на цифровом индикаторе устройства в режиме реального времени, которые показаны в таблице 8.

Таблица 8 - Показатели физико-химического состава проб козьего молока

№	Жирность,%	Белок,%	СОМО, %	Плотность, %	Температура, ^{0}C
Село Самар Восточного Казахстана	11,58	3,14	8,5	1027,88	23,8
Абайская область	5,28	3,71	9,18	1030,2	22,5
Павлодарская область	3,57	3,11	8,44	1028,84	22,4

По результатам органолептических и физико-химических свойств, козье молоко из села Самар Восточно-Казахстанской области было признано наиболее подходящим для производства творога, поскольку его характеристики оптимальны для получения продукта с вязкопластичными свойствами.

3.2 Выделение чистых штаммов МКБ из козьего молока и творога

Пробиотические культуры играют важную роль в физиологии человека, которая включает в себя стимуляцию иммунной системы и синтез необходимых витаминов [109]. В эту категорию в основном входят бактерии таких родов, как *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, которые оказывают защитное воздействие на кишечную среду человека [110].

Эти пробиотические микрооранизмы играют защитную роль в кишечнике человека, подавляя рост условно-патогенных микробов, создавая неблагоприятную среду для потенциально вредных организмов [111]. Козье молоко рассматривается как жизнеспособная альтернатива коровьему молоку для людей с аллергией или повышенной чувствительностью к молочным компонентам. Аллергические реакции, как правило, связаны с наличием специфических белков или лактозы, содержащихся в коровьем молоке. В отличие от него, козье молоко не содержит ряда аллергенных белков и характеризуется сниженным содержанием лактозы, что делает его более приемлемым для лиц с соответствующими диетическими ограничениями. [112].

Кроме того, для поддержания оптимального уровня гликемического контроля у лиц с сахарным диабетом 2 типа, нарушенной толерантностью к глюкозе, ожирением и метаболическим синдромом, в рационе нередко отдают предпочтение продуктам из козьего молока [113]. Такие продукты способствуют более мягкому воздействию на углеводный обмен, а также обогащают организм высококачественными белками, жирами, минеральными веществами и другими нутриентами, необходимыми для поддержания обменного гомеостаза [114].

Одним из ключевых параметров при оценке пробиотических штаммов является их чувствительность к антибиотикам. Помимо этого, перед внедрением изолятов в пищевую промышленность необходимо проведение

комплексной оценки других функциональных свойств. Исследование Islam и соавт. показало, что штаммы, выделенные из сырого козьего молока, обладают значительным потенциалом для применения в производстве ферментированных продуктов. Кроме того, согласно предыдущим данным, были идентифицированы основные виды МКБ, перспективные для использования в качестве заквасочных культур в регионе Сардиния. [115].

Однако в Казахстане проведено очень мало исследований, связанных с выделением пробиотических штаммов из козьего молока или продуктов из него. Поэтому целью данного исследования было изучение перспективных штаммов МКБ с высокими функциональными пробиотическими свойствами в козьем молоке и образцы творога из козьего молока, их идентификация и применение для последующего производства ферментированных продуктов [116].

В ходе исследований чистые штаммы микроорганизмов были выделены из козьего молока и двух видов творога, произведённых в одном регионе. Такой выбор обусловлен несколькими ключевыми факторами.

Во-первых, конечной целью работы является разработка функционального кисломолочного продукта - творога из козьего молока, предназначенного для диетического и детского питания. В этой связи, важно отметить, что критически важно использовать заквасочные культуры, адаптированные к специфическому составу козьего молока, которое отличается от коровьего по белковому и жировому составу, уровню кислотности и биодоступности микроэлементов. Штаммы, естественно присутствующие в козьем молоке и молочных продуктах, изготовленных на его основе изначально обладают высокой ферментативной активностью именно в этой питательной среде, что делает их более эффективными и технологически устойчивыми в процессе производства [117,118].

Во-вторых, выбор сырья с определённой географической привязкой позволяет учесть региональные особенности микрофлоры. Это особенно важно, если планируется локальное производство продуктов с использованием традиционного сырья. Географическая адаптация микрофлоры обеспечивает лучшую приживаемость и активность штаммов в условиях конкретной среды, повышая его ценность для потребителя.

Кроме того, использование автохтонных (локальных) штаммов, повышает безопасность и снижает риск нежелательных метаболитов. Это особенно важно при разработке продуктов, предназначенных для питания детей и людей с особыми диетическими потребностями. Таким образом, выделение штаммов из козьего молока и творога не только научно обосновано, но и напрямую связано с целями и задачами диссертационной работы по созданию высококачественного, безопасного и функционального кисломолочного продукта.

Из 23 чистых изолятов, выделенных из образцов, для дальнейших исследований были отобраны 5 штаммов молочнокислых бактерий - Gch 5.2.1, Cch 5.2.3, Cch 5.3.6, Cch 5.3.7 и KAN EI 4**.** Отбор проводился на начальном этапе после комплексной оценки их морфологических (по результатам

микроскопии чистых культур), технологических (интенсивность роста в молоке, скорость снижения pH, накоплению КОЕ), а также антагонистических свойств по отношению к тест-микроорганизмам.
Происхождение этих изолятов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Происхождение отобранных штаммов

№	Штаммы	Происхождение
1	KAN EI 4	Козье молоко (село Самара Восточно-Казахстанской области)
2	Cch 5.2.3	Творог из коровьего молока (село Самара Восточно-Казахстанской области)
3	Cch 5.3.6	
4	Cch 5.3.7	
5	Gch 5.2.1	Творог из козьего молока (село Самара Восточно-Казахстанской области)

Физиологические, морфологические, технологические и пробиотические свойства штаммов были определены в лабораториях кафедры «Сельское хозяйство и биоресурсы» Инженерно-технологического факультета Инновационного Евразийского Университета.

Были изучены основные фенотипические признаки чистой культуры выделенных штаммов: культуральные свойства колоний, морфология клеток в микроскопических препаратах, а также каталазная активность с использованием методов анализа, общепринятых в микробиологии. Лактобациллы представляли собой чистые культуры, неподвижные, не образующие каталазы. Видовая идентификация лактобацилл проводилась на основе изучения их морфологических свойств с учетом их ферментативной активности.

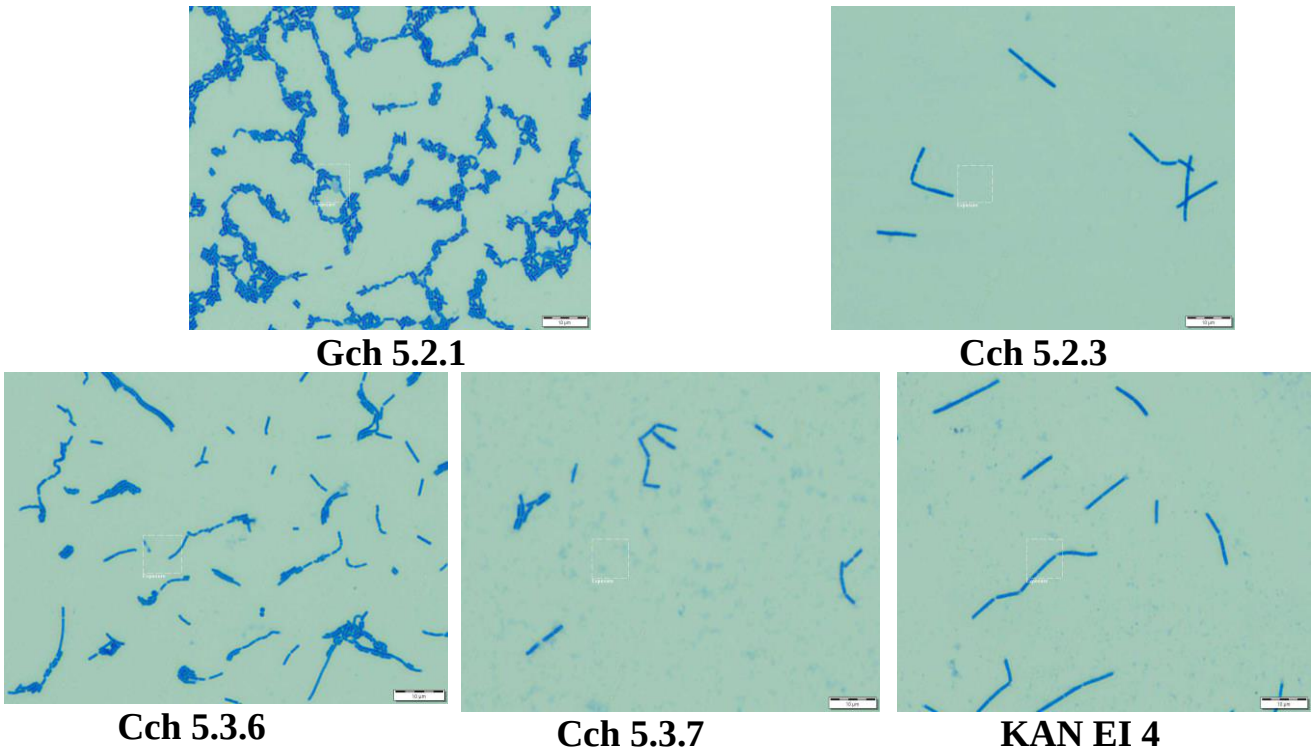


Рисунок 3 - Морфология клеток изолятов молочнокислых бактерий

Определение морфологии клеток, проводилось с использованием микроскопических методов с помощью микроскопической камеры Olympus DP 74. Морфология клеток 5 основных штаммов молочнокислых бактерий, являющихся объектом данного проекта, представлена на рисунке 3.

Отобранные культуры характеризуются типичными для рода *Lactobacillus* морфологическими признаками (неподвижные, грамположительные, каталазоотрицательные палочки).

Таким образом, проведённый этап позволил выделить и предварительно охарактеризовать автохтонные штаммы молочнокислых бактерий, обладающие потенциалом для использования в качестве заквасочных и пробиотических культур при производстве функциональных кисломолочных продуктов из козьего молока.

3.2.1 Биохимические и технологические свойства отобранных МКБ

Козье молоко приобретает всё большую популярность благодаря своим высокопитательным свойствам, хорошей усвояемости, а также потенциальной пользе для здоровья по сравнению с коровьим молоком. Одним из ключевых показателей качества молока, особенно при его ферментации, является микробиологическая чистота. Количество микроорганизмов в свежем и ферментированном козьем молоке является критически важным параметром, отражающим как исходную микробиологическую безопасность продукта, так и активность ферментативных процессов [119].

Результаты количественной оценки микрофлоры представлены в таблице 10**,** где показано содержание микроорганизмов (КОЕ/мл) в образцах козьего

молока до и после самопроизвольного брожения на различных питательных средах.

Таблица 10 - Количество микроорганизмов в свежем козьем молоке и после самопроизвольного брожения на различных питательных средах

Образцы	**MPC+ ванк. КОЕ/ml**	**Желчь эскул. КОЕ/ml**	**MPC КОЕ/ml**	**M17 КОЕ/ml**	**Кан+ эскул. КОЕ/ml**
Козье молоко	-	-	-	$4.2*10^7$	-
Козье молоко после самопроизвольного брожения	$1.7*10^7$	$1.5*10^6$	$8*10^6$	$5.3*10^7$	$1*10^4$

Анализ данных демонстрирует значительное увеличение общей численности микроорганизмов после ферментации, особенно на средах MRS (для лактобацилл) и M17 (для лактококков). Это указывает на активное развитие желательной молочнокислой микрофлоры в процессе самопроизвольного брожения, что может способствовать улучшению функциональных и пробиотических свойств продукта.

Напротив, слабый или отсутствующий рост на желчном эскулиновом агаре и канамицин-эскулиновом агаре свидетельствует о низком содержании энтерококков и других нежелательных бактерий в ферментированном молоке. Это может указывать на селективное подавление потенциально патогенных или нежелательных микроорганизмов в ходе спонтанного брожения.

Помимо микробиологических характеристик, пробиотические штаммы лактобацилл были протестированы на наличие технологически значимых свойств. Лактобациллы играют ключевую роль в процессе ферментации лактозы с образованием молочной кислоты, что способствует снижению pH и, соответственно, улучшению текстуры и органолептических свойств кисломолочных продуктов.

Результаты ферментационной активности штаммов представлены на рисунке 4 и в таблице 11**.**

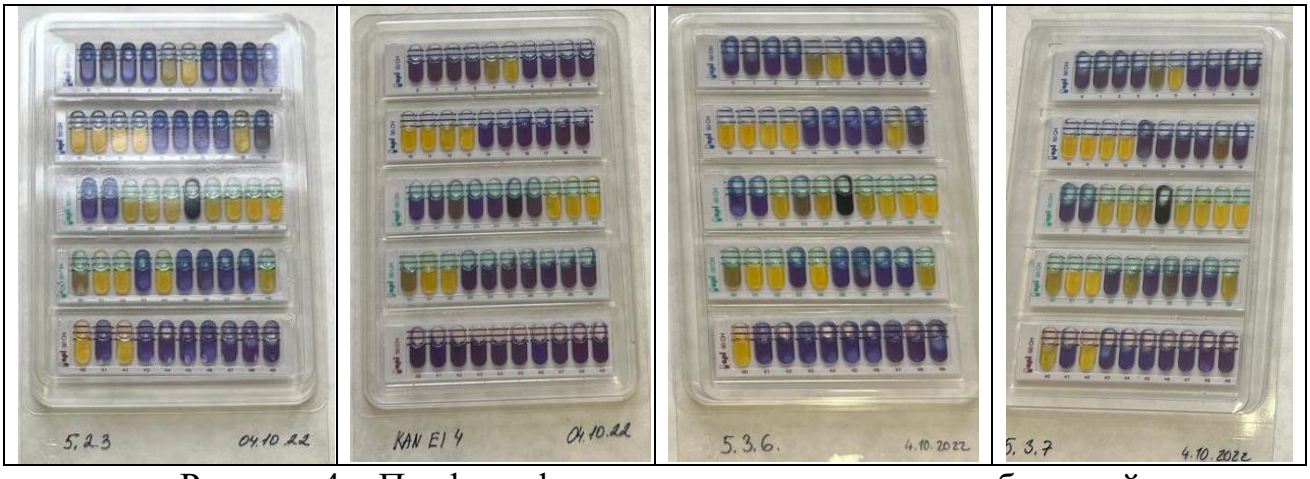


Рисунок 4 – Профиль ферментации штаммов лактобактерий

Таблица 11 - Сравнительные результаты ферментации углеводов штаммами

Активные ингредиенты	**Тест**	**Gch 5.2.1**	**Cch Cch 5.2.3**	**Cch Cch 5.3.6**	**CchCch 5.3.7**	**KA N EI 4**
L-арабиноза	LARA	+	±	±	±	±
D-рибоза	RIB	+	+	+	+	+
D-галактоза	GAL	+	+	+	+	+
D-глюкоза	GLU	+	+	+	+	+
D-фруктоза	FRU	+	+	+	+	+
D-манноза	MNE	+	+	+	+	+
Дульцитол	DUL	-	-	-	-	-
L-сорбоза	SBE	-	-	-	-	-
Целлобиоза	CEL	+	+	+	+	+
L-рамноза	RHA	-	-	-	-	-
D-маннитол	MAN	+	+	+	-	-
D-сорбит	SOR	+	-	-	-	-
N-ацетилглюкозамин	NAG	+	+	+	+	±
Амигдалин	AMY	+	+	+	+	-
Арбутин	ARB	+	+	+	+	-
Салицин	SAL	+	+	+	+	-
Мелезитоза	MLZ	+	+	+	±	-
Амидон (крахмал)	AMD	-	-	-	±	-
D-Тураноза	TUR	-	+	+	±	-
Мальтоза	MAL	+	+	+	+	+
Лактоза	LAC	+	+	+	+	+
Мелибиоза	MEL	+	±	±	±	±
Сахароза	SAC	+	+	+	+	+
Инулин	INU	-	-	-	-	-
Метил-D-глюкопиранозид	MDG	-	-	-	-	-
Гентиобиоза	GEN	±	±	+	±	-
D-трегалоза	TRE	+	+	+	+	+
D-Тагатоза	TAG	-	+	-	+	-
Глюконат калия	GNT	±	-	-	-	-
D-ксилоза	DXYL	+	--	-	-	-
РЕЗУЛЬТАТЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ		*Lb,pentosus*	*Lb,plantarum*	*Lb,plantarum*	*Lb,plantarum*	*Lb,curvatus*

На основе результата API теста получили профиль углеводной ферментации для каждого штамма в сравнении, с акцентом на их метаболическую гибкость, что является важным пробиотическим критерием.

Штамм Gch 5.2.1 продемонстрировал наиболее широкий ферментативный спектр среди исследованных культур, успешно утилизируя 19 углеводных субстратов**,** включая как простые сахара (глюкоза, фруктоза, галактоза), так и более сложные соединения (амигдалин, арбутин, мелезитоза, трегалоза). Он также умеренно ферментирует глюконат калия и гентиобиозу**,** что свидетельствует о его метаболической адаптивности**.** При этом неспособность метаболизировать такие субстраты, как дульцитол, инулин и крахмал, не критична для его потенциального применения.

Штамм Cch 5.2.3 продемонстрировал широкий, но менее разнообразный ферментативный профиль**,** утилизируя 18 углеводов, включая важные сахара, такие как мальтоза, лактоза и сахароза. Частичная ферментация арабинозы и гентиобиозы указывает на присутствие соответствующих ферментативных систем, однако неспособность усваивать сорбит, инулин и ксилозу ограничивает его метаболическое разнообразие**.**

Ферментативный профиль Cch 5.3.6 в целом повторяет характеристики Cch 5.2.3**,** однако выделяется способностью к умеренной ферментации глюконата калия и гентиобиозы**,** что слегка расширяет его метаболическую нишу. Тем не менее, как и Cch 5.2.3, он не метаболизирует ряд специфических субстратов, таких как инулин и сорбит.

Cch 5.3.7 обладает самым ограниченным спектром ферментации среди штаммов Lb. plantarum. Он метаболизирует только основные моносахариды и дисахариды, при этом демонстрирует лишь частичную активность **(±)** по отношению к нескольким сложным углеводам. Отсутствие ферментации большинства специфических субстратов, таких как маннитол, арбутин и инулин, указывает на ограниченную ферментативную систему**.**

Штамм KAN EI 4 показал самый узкий ферментативный профиль**,** ферментируя только 10 базовых углеводов. Слабая активность к арабинозе и мелибиозе указывает на частичную реализацию углеводного обмена**,** а неспособность усваивать такие функциональные сахара, как сорбит, арбутин и трегалоза, подтверждает низкую метаболическую адаптивность**.** Gch 5.2.1 обладает высокой метаболической гибкостью**,** что делает его наиболее универсальным и перспективным штаммом для использования в производстве пробиотических и функциональных молочных продуктов.

Следующим этапом работы был изучение параметров ферментации штаммов и количество микроорганизмов до и после культивирования в обезжиренном ультрапастеризованном молоке. Результаты представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Ферментативные характеристики штаммов и изменение численности микроорганизмов до и после культивирования в обезжиренном ультрапастеризованном молоке.

№	Штаммы	pH t-0	pH t-6	pH t-24	КОЕ t-0	КОЕ t-24
1	Gch 5.2.1	6,4	6,1	4,6	$1.6*10^7$	$1.5*10^8$
2	Cch 5.2.3	6,5	6,5	4,4	$6.3*10^6$	$1.7*10^9$
3	Cch 5.3.6	6,3	6,1	4	$3.7*10^7$	$1.4*10^8$
4	Cch 5.3.7	6,3	5,3	3,8	$1.5*10^7$	$1.0*10^9$
5	KAN EI 4	6,5	5,7	4,3	$3.4*10^6$	$6.7*10^8$

В результате исследований штаммы лактобактерий, выделенные из козьего молока и творога, продемонстрировали выраженную способность к ферментации обезжиренного ультрапастеризованного молока, о чём свидетельствует значительное снижение уровня pH - до 3,8 спустя 24 часа инкубации при температуре 37°C.

Снижение pH с начальных значений 6.3-6.5 до 3.8-4.6 через 24 часа инкубации подтверждает активную ферментативную деятельность всех исследованных штаммов. Это свидетельствует об эффективном превращении лактозы в молочную кислоту - ключевом процессе для создания кисломолочных продуктов (таких как йогурт, творог и др.) [120].

Увеличение количества колониеобразующих единиц (КОЕ/мл) в 10–100 раз указывает на высокую жизнеспособность и активное размножение штаммов в молочной среде, что является критерием их технологической пригодности.

Наиболее перспективные штаммы по кислотообразующей активности: Cch 5.3.7 - достиг минимального значения pH (3.8), при этом численность клеток увеличилась более чем в 60 раз. Cch 5.2.3 - продемонстрировал максимальный прирост микробной массы (увеличение КОЕ в 270 раз), при конечном pH 4.4.

Все изученные штаммы обладают потенциалом для использования в производстве кисломолочной продукции. Особенно штаммы Cch 5.2.3 и Cch 5.3.7 показали наилучшие результаты по скорости ферментации и приросту микробной биомассы. Это указывает на их высокий технологический потенциал и возможные пробиотические свойства, что делает их перспективными кандидатами для включения в состав заквасочных культур. Результаты анализа технологических свойств выделенных штаммов лактобактерий приведены в таблице 12 и в рисунке 5.

В результате было показано, что все протестированные штаммы вызывали коагуляцию молока при температуре 37 °C в течение 24 часов, что свидетельствует об их способности к эффективной ферментации.

Статистический анализ показал, что достоверных различий ($p>0,05$) в скорости роста между штаммами при инкубации в молоке не наблюдалось. Тем не менее, уровень pH значительно снизился **(**$p<0,05$**)** спустя 24 часа по сравнению с начальными значениями, зафиксированными на 0 и 6 часах инкубации.

Эти данные подтверждают, что исследуемые штаммы лактобацилл способны к активному развитию в молочной среде, что приводит к образованию плотной, однородной и гладкой структуры продукта с характерным вкусом и ароматом, аналогичным традиционным йогуртам и другим ферментированным молочным изделиям.

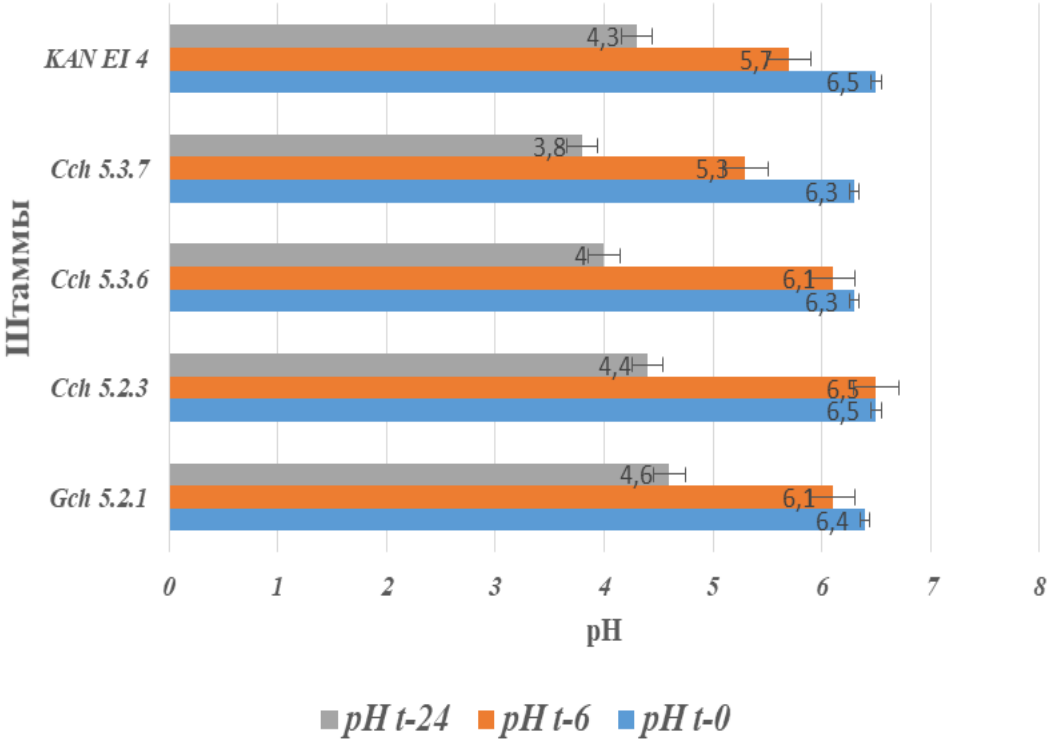


Рисунок 5 - Динамика изменения pH при ферментации обезжиренного молока

Определение органических кислот, производимое в лабораторных условиях, является важным аналитическим методом в области пищевой науки и технологии ферментации [121]. В рамках проведенного исследования результаты анализа методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) отобранных 2 штамма (Gch 5.2.1 и KAN EI 4) представлены в таблице 13 и на рисунке 6.

Согласно полученным данным, молочная кислота обнаружена в наибольшей концентрации по сравнению с лимонной, янтарной и уксусной кислотами ($p < 0,05$). Эти различия отражают специфические метаболические пути, преобладающие в исследуемых образцах.

Согласно результатам, полученным Сильвой и соавт. [122], различные штаммы лактобацилл преимущественно продуцируют именно молочную кислоту как основной метаболит. Аналогично, в другом исследовании установлено, что экспериментальный образец козьего сыра, изготовленного с использованием пробиотических штаммов, характеризовался высокой концентрацией молочной кислоты и низким содержанием лимонной [123].

Это обусловлено тем, что молочнокислые бактерии преимущественно метаболизируют углеводы посредством анаэробной ферментации, в процессе которой основной конечный продукт - молочная кислота. Они не склонны к активации альтернативных метаболических путей, ведущих к образованию других органических кислот. Такая метаболическая направленность, в сочетании со способностью МКБ эффективно развиваться в условиях ограниченного кислорода, приводит к доминированию молочной кислоты в

общем спектре органических кислот, в отличие от других метаболитов, характерных для смешанных микробных сообществ [124].

Высокая концентрация молочной кислоты в исследуемых образцах свидетельствует об эффективной работе МКБ-культуры и указывает на высокую метаболическую активность, что имеет практическую ценность при разработке функциональных кисломолочных продуктов.

Таблица 13 – Результаты ВЭЖХ-анализа органических кислот в образцах молочной продукции (мг/гл)

Образцы	**pH**	**Количество образцов, г, использованных для ВЭЖХ-анализа**	**Результаты ВЭЖХ Количество [мг/г]**			
			Лимонная кислота	**Янтарная кислота**	**Молочная кислота**	**Уксусная кислота**
Gch 5.2.1	4,4	0,15	0,06	0,03	-	-
	4,4	0,19	0,01	0,02	6,29	0,52
	4,6	0,15	0,00	0,02	6,98	0,62
	4,7	0,17	0,00	0,01	5,50	0,53
KAN EI 4	5,0	0,16	0,12	0,04	3,30	0,22
	5,1	0,16	0,18	0,06	3,87	0,26
	5,2	0,17	0,10	0,05	3,35	0,21

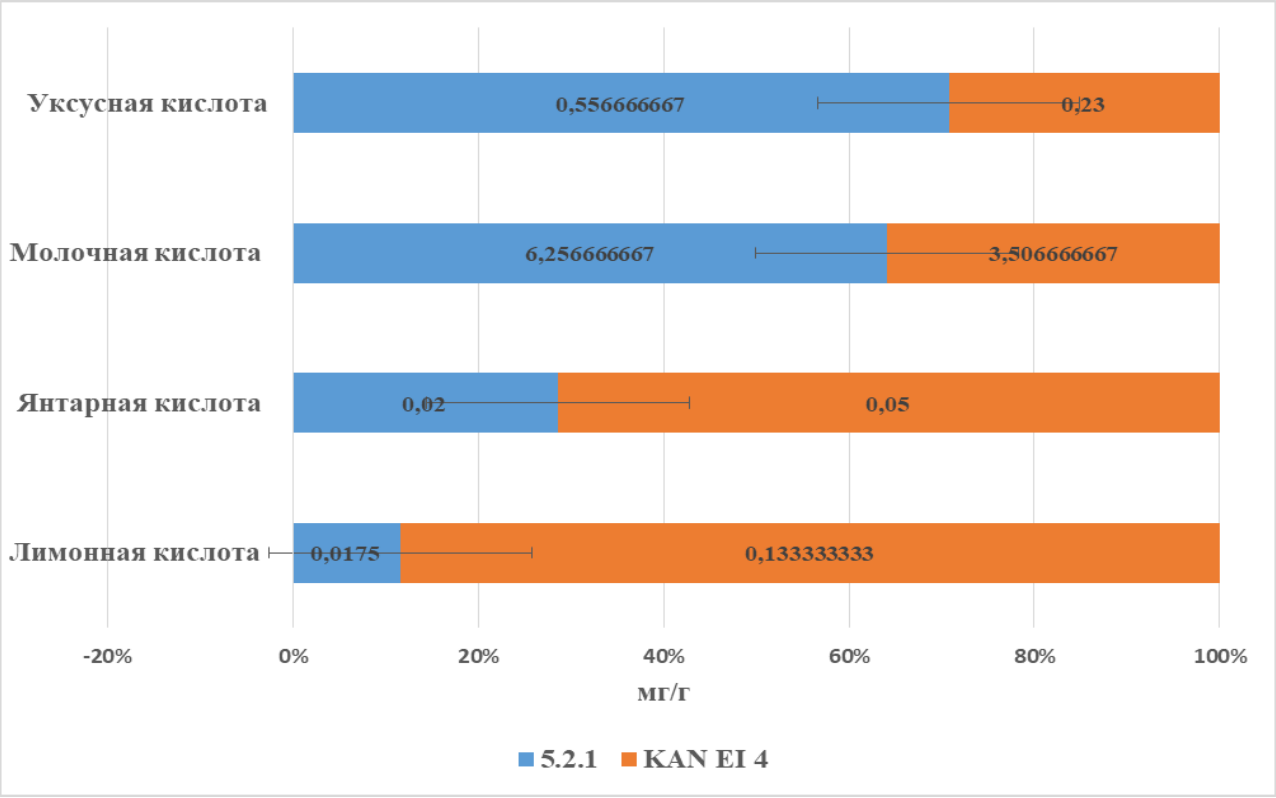


Рисунок 6 - Результаты анализа органических кислот методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ)

3.2.2 Изучение пробиотических свойств отобранных штаммов МКБ

3.2.2.1 Антимикробная активность

Антагонистическая активность штаммов по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам имеет важнейшее значение для разработки природных биоконсерваторов, а также для повышения микробиологической безопасности пищевых продуктов [125].

В ходе проведенного эксперимента были получены данные по зонам ингибирования роста тест-культур, представленные в таблице 14 и визуализированные на рисунке 7.

Результаты показали, что все исследованные штаммы МКБ обладают выраженной антагонистической активностью в отношении 3 патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Наиболее высокую ингибирующую активность продемонстрировал штамм Gch 5.2.1, что может свидетельствовать о его высоком антимикробном потенциале.

Однако ни один из штаммов не продемонстрировал активности в отношении *Pseudomonas aeruginosa* - распространённого условно-патогенного микроорганизма. Эти данные согласуются с результатами предыдущих исследований, в которых было показано, что некоторые штаммы, выделенные из козьего сыра и сливочного масла, также не способны эффективно подавлять рост *P. aeruginosa*. [126].

Отсутствие ингибирования в настоящем исследовании может быть связано с генетической спецификой. Возможно, им не хватает выработки определённых бактериоцинов, органических кислот, перекиси водорода или других метаболитов, необходимых для ингибирования *P. aeruginosa*.

Таблица 14 - Результаты антагонистического теста (диаметр зоны ингибирования)

№	Штаммы	*B.cereus 1410 A*	*S.aureus CCM 4516*	*E.coli CCM 4516*	*P.aeruginosa CCM 1961*
1	Gch 5.2.1	26.0	++++	35.14	-
2	Cch 5.2.3	28.58	++++	27.57	-
3	Cch 5.3.6	26.3	++++	24.9	-
4	Cch 5.3.7	28.18	++++	31.8	-
5	KAN EI 4	++++	20.4	++++	-
Примечание: ++++ зона ингибирования ≥ 40					

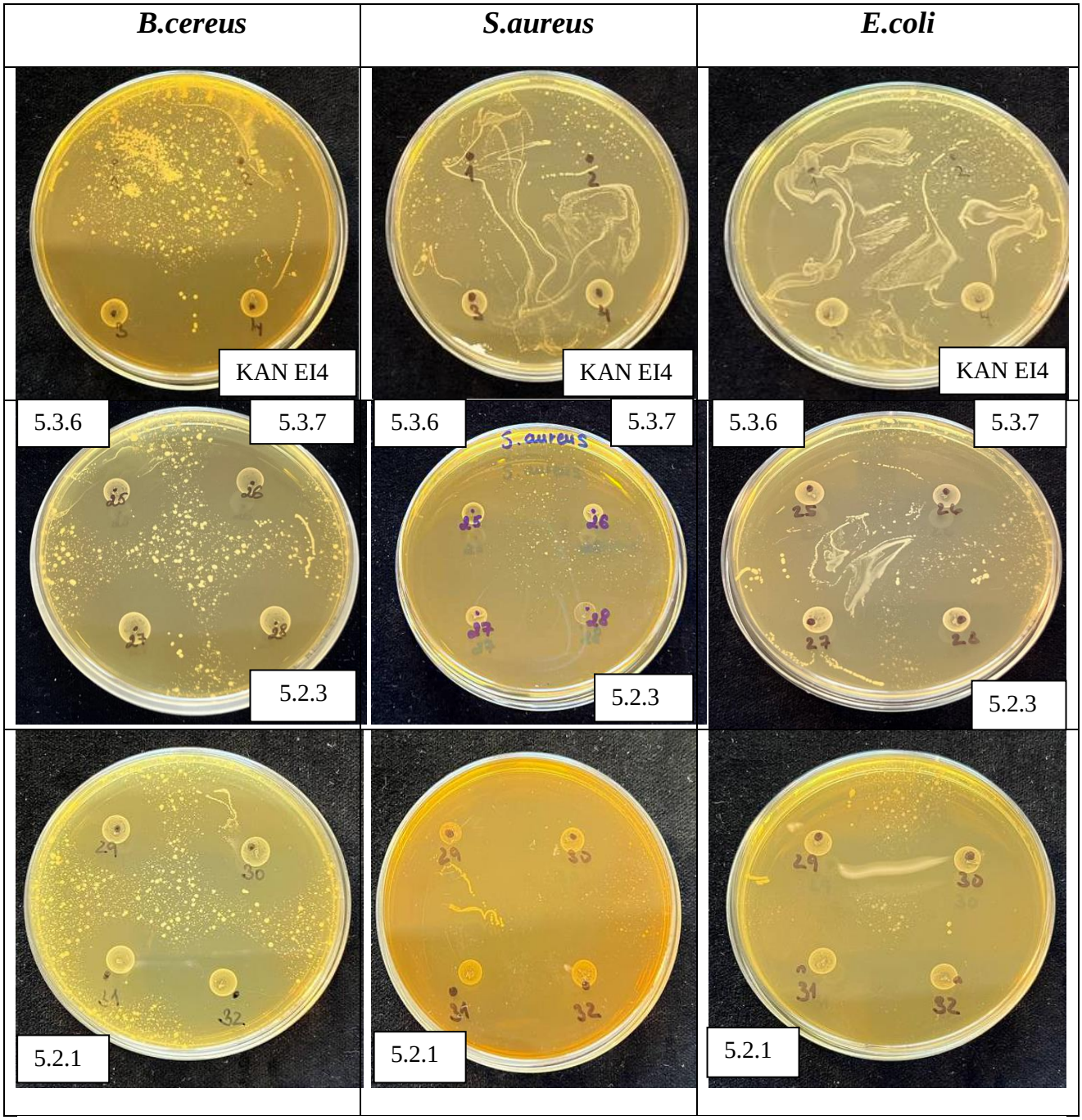


Рисунок 7 - Результаты антимикробного тестирования штаммов (KAN EI 4, Gch 5.2.1, Cch 5.2.3, Cch 5.3.6, Cch 5.3.7) на *B.cereus*, *S.aureus* и *E.coli*.

Установлено, что исследуемые штаммы МКБ обладают перспективными антагонистическими свойствами в отношении большинства патогенов, за исключением *P. aeruginosa*. Наиболее активным оказался штамм Gch 5.2.1, который может быть рекомендован для дальнейших исследований как потенциальный компонент биозащитных заквасок.

3.2.2.2 Гидрофобность клеточной поверхности

Гидрофобность клеточной поверхности (CSH) является одним из ключевых параметров при оценке пробиотических свойств бактериальных штаммов. Данный показатель отражает способность микробных клеток к адгезии на слизистых оболочках, особенно в кишечнике, что напрямую влияет на эффективность колонизации и функциональную активность пробиотиков в организме [127].

В настоящем исследовании была определена гидрофобность клеток штаммов (A600 Нм = 0,5 ± 0,05, A600 Нм = 1,0 ± 0,05), выделенных из козьего молока и творога 2-х видов, по их сродству к трем неполярным растворителям: ксилолу, н-гексану и гексадекану. Анализ полученных данных отражён в таблицах 15 и 16, а графическое представление результатов представлено на рисунках 8 и 9.

В других исследованиях *L. paracasei* также продемонстрировал сильную гидрофобность [128,129]. Результаты демонстрируют заметные различия в способности клеток связываться с неполярными растворителями, что позволяет оценить потенциал адгезии и, следовательно, пробиотическую активность исследуемых штаммов. Gch 5.2.1 - лидер по гидрофобности показал максимальные значения по всем растворителям: ксилолу - 65%, н-гексану - 37%, гексадекану - 46%. Эти показатели указывают на высокую способность к адгезии к слизистой оболочке кишечника, что критично для пробиотической активности. Низкое стандартное отклонение для гексана и гексадекана указывает на стабильность результата**.** Штаммы Cch 5.2.3, Cch 5.3.6 показали умеренную гидрофобность - показатели варьируются в диапазоне 20–27%**,** что может указывать на среднюю способность к адгезии**.** Результаты согласуются с данными других исследований, в которых штаммы *Lactobacillus paracasei* демонстрировали высокую гидрофобность - например, до 38,18 % при взаимодействии с гексадеканом, тогда как *L. casei* показал только 14,7 % [130]. Штамм *L. plantarum*, выделенный из верблюжьего молока, достигал гидрофобности до 99 % по отношению к ксилолу [131].

Аналогично, по данным Бинду и Лакшмидеви (2021) [133], некоторые изоляты демонстрировали 41–53% гидрофобности к н-гексану и 58–66 % - к гексадекану, что подтверждает существование значительных межштаммовых различий. Эти различия могут быть обусловлены составом клеточной стенки, наличием белков-адгезинов, липидным профилем и другими молекулярными особенностями поверхности клеток [134].

Кроме того, важно учитывать методические параметры при определении CSH, включая точность измерения оптической плотности и выбор растворителя, так как это влияет на корректность оценки [135].

Штамм Gch 5.2.1 является наиболее перспективным кандидатом для пробиотического применения благодаря высокой и стабильной гидрофобности, особенно по отношению к ксилолу (аналог неполярной среды слизистой ЖКТ). Он имеет потенциал для успешной колонизации кишечника**,** что важно при создании функциональных кисломолочных продуктов.

Таблица 15 - Гидрофобность поверхности клеток (%) пробиотических штаммов по отношению к ксилолу, н-гексану и гексадекану (А600 Нм = 0,5 ± 0,05)

№	Штаммы	А0 600 OD	1 эксперимент						А0 600 OD	2 эксперимент						Н % К ± SD %	Н % Г ± SD %	Н % ГД ± SD %
			КСИЛОЛ	ГЕКСАН	ГЕКСАДЕКАН	Н% К	Н % Г	Н % ГД		КСИЛОЛ	ГЕКСАН	ГЕКСАДЕКАН	Н % К	Н % Г	Н% ГД			
1	Gch 5.2.1	0.569	0.14	0.36	0.319	75	37	44	0.494	0.22	0.306	0.26	55	38	47	65±14.0	37±0.9	46±2.4
2	Cch 5.2.3	0.537	0.425	0.467	0.463	21	13	14	0.521	0.42	0.356	0.365	19	32	30	20±1.0	22±13.2	22±11.4
3	Cch 5.3.6	0.56	0.397	0.473	0.424	29	16	24	0.508	0.384	0.387	0.394	24	24	22	27±3.3	20±5.9	23±1.3
4	Cch 5.3.7	0.511	0.447	0.459	0.428	13	10	16	0.502	0.45	0.395	0.418	10	21	17	11±1.5	16±7.9	16±0.3
5	KAN EI 4	0.527	0.404	0.459	0.437	23	13	17	0.537	0.287	0.321	0.421	47	40	22	35±16.4	27±19.3	19±3.2

Примечание: Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение.
Н - уровень гидрофобности клеточной поверхности, выраженный в %.

Таблица 16 - Гидрофобность поверхности клеток (%) пробиотических штаммов по отношению к н-гексану и гексадекану (А600 Нм = 1,0 ± 0,05)

Штаммы	**А0 600 OD**	**А КСИЛОЛ**	**А КСИЛОЛ**	**Ср.значение**	**Н% Экс-1**	**Н% Экс-2**	**Ср.значение**	**Н %±SD%**	**А0 600 OD**	**А ГЕКСАН**	**А ГЕКСАН**	**А ГЕКСАН**	**Ср.значение**	**Н% Экс-1**	**Н% Экс-2**	**Н% Экс-3**	**Ср.значение**	**Н % +- SD %**
Gch 5.2.1	1.03	0.766	0.761	0.763	26	26	26	26±0.3	1.08	0.504	0.536	0.542	0.527	53	50	50	51	51±1.9
Cch 5.2.3	0.95	0.507	0.523	0.515	47	45	46	46±1.2	1.064	0.181	0.373	0.383	0.373	83	65	64	71	71±10.7
Cch 5.3.6	0.97	0.149	0.354	0.251	85	64	74	74±14.9	0.996	0.746	0.701	0.686	0.694	25	30	31	29	29±3.1
Cch 5.3.7	0.83	0.514	0.483	0.498	38	42	40	40±2.6	0.952	0.174	0.176	0.114	0.114	82	82	88	84	84±3.7
KAN EI 4	1.03	0.072	0.091	0.081	93	91	92	92±1.3	0.985	0.29	0.385	0.391	0.385	71	61	60	64	64±5.8

Примечание: Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение.
Н - уровень гидрофобности клеточной поверхности, выраженный в %.

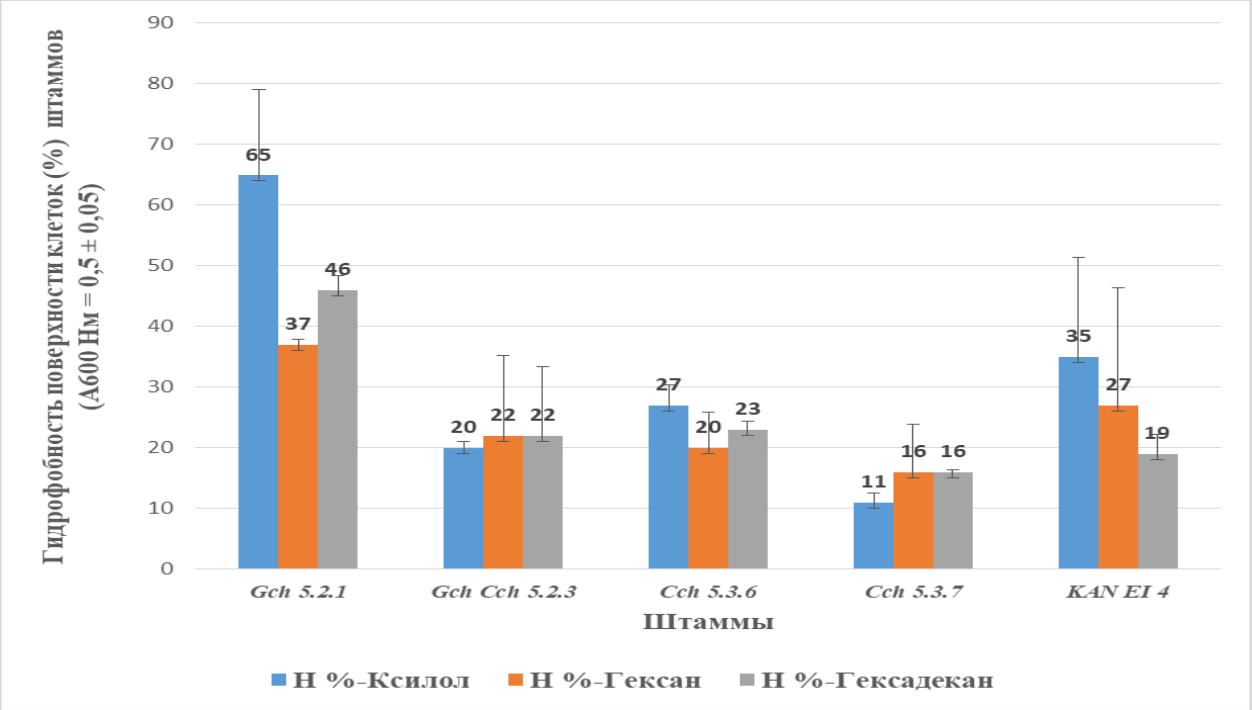


Рисунок 8 - Гидрофобность поверхности клеток (%) штаммов по отношению к ксилолу, н-гексану и гексадекану (A600 Нм = 0,5 ± 0,05)

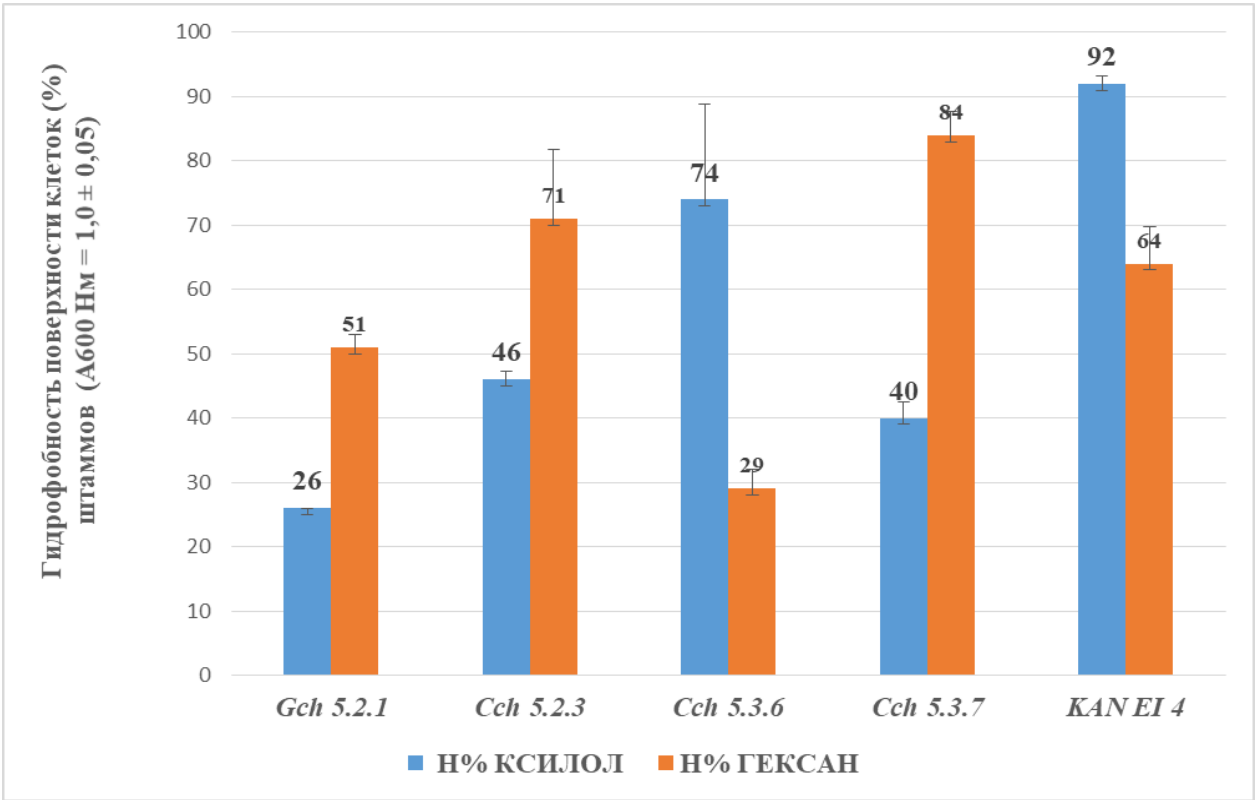


Рисунок 9 - Гидрофобность поверхности клеток (%) штаммов по отношению к ксилолу и н-гексану (A600 Нм = 1,0 ± 0,05)

Были сравнены результаты гидрофобности клеточной поверхности (CSH) пробиотических штаммов при разной оптической плотности суспензии бактериальных клеток - $A_{600} = 0,5 \pm 0,05$ и $A_{600} = 1,0 \pm 0,05$.

У штамма Gch 5.2.1 при увеличении OD наблюдается снижение гидрофобности к ксилолу, но увеличение - к гексану. У KAN EI 4 - резкий рост гидрофобности по обоим растворителям, особенно к ксилолу (до 92 %). Штаммы Cch 5.2.3, 5.3.6 и 5.3.7 демонстрируют резкое увеличение CSH, что может говорить о том, что их клеточная поверхность проявляет более выраженные гидрофобные свойства при высокой плотности. Такое поведение может быть обусловлено различиями в структуре клеточной стенки, наличием поверхностных белков, липидного слоя, а также механизмами регуляции в зависимости от концентрации клеток.

Изменение оптической плотности суспензии влияет на измеренные значения гидрофобности, что требует строгой стандартизации условий при проведении CSH-тестов.

При $A_{600} = 1,0$ большинство штаммов продемонстрировали более высокие значения гидрофобности, особенно по отношению к гексану, что может быть полезно при отборе штаммов для пробиотического применения. Штаммы KAN EI 4, Cch 5.3.6 и Cch 5.2.3 проявили наивысшие значения гидрофобности при высокой OD, что делает их перспективными для дальнейших исследований по адгезии и колонизации кишечника.

3.2.2.3 Аутоагрегация

Высокая аутоагрегация (самоагрегация) пробиотических бактерий считается важным показателем их адгезивного потенциала, так как тесное скопление клеток способствует лучшему прикреплению к эпителию кишечника и формированию колоний, устойчивых к перистальтике и внешним стрессам [136].

В лабораторных условиях был проведён анализ аутоагрегационной способности пяти штаммов, выделенных из козьего молока. Измерения осуществлялись через 6 и 24 часа инкубации. Результаты представлены в таблице 17, а динамика изменения показателей - на рисунке 10.

Во всех случаях наблюдалось значительное увеличение процента агрегации через 24 часа по сравнению с 6 часами. Это отражает естественное поведение пробиотических культур - формирование агрегатов по мере роста и метаболической активности.

Наиболее выраженная автоагрегация через 24 ч - Cch 5.3.7 показал наивысшую аутоагрегацию: 80 % ± 10.9. За ним следуют KAN EI 4 - 79 % ± 0.9 и Gch 5.2.1/Cch 5.2.3 - 78 % ± 13–14. Это демонстрирует высокий адгезивный потенциал, особенно у штаммов Cch 5.3.7 и KAN EI 4.

Наилучший результат через 6 часов показал KAN EI 4 - 38 % ± 17.2. Остальные штаммы продемонстрировали низкую начальную аутоагрегацию (от 14 % до 22 %), но резко улучшили показатели через 24 часа, что говорит о зависимости агрегации от времени культивирования.

Таблица 17 - Результаты определения аутоагрегации (%) штаммов через 6 и 24 часа

№	ШТАММЫ	1 ЭКСПЕРИМЕНТ					2 ЭКСПЕРИМЕНТ								
		A0 OD 600	At-6	At-24	A% 6h	A% 24h	A0 OD 600	At-6	At-24	A% 6h	A%24h	A % 6h	A% 24	A%-6h ± SD %	A%-24h ± SD %
1	Gch 5.2.1	0.536	0.464	0.169	13	68	0.562	0.425	0.073	24	87	19	78	19±7.7	78±13.1
2	Cch 5.2.3	0.489	0.395	0.155	19	68	0.473	0.419	0.055	11	88	15	78	15±5.5	78±14.2
3	Cch 5.3.6	0.542	0.4	0.255	26	53	0.478	0.397	0.237	17	50	22	52	22±6.5	52±1.8
4	Cch 5.3.7	0.491	0.302	0.137	38	72	0.442	0.484	0.055	-10	88	14	80	14±33.9	80±10.9
5	KAN EI 4	0.524	0.39	0.109	26	79	0.435	0.218	0.096	50	78	38	79	38±17.2	79±0.9

Примечание: Значения представлены как среднее ± стандартное отклонение.
A - аутоагрегация штаммов через 6 и 24 часа соответственно, выраженный в %.

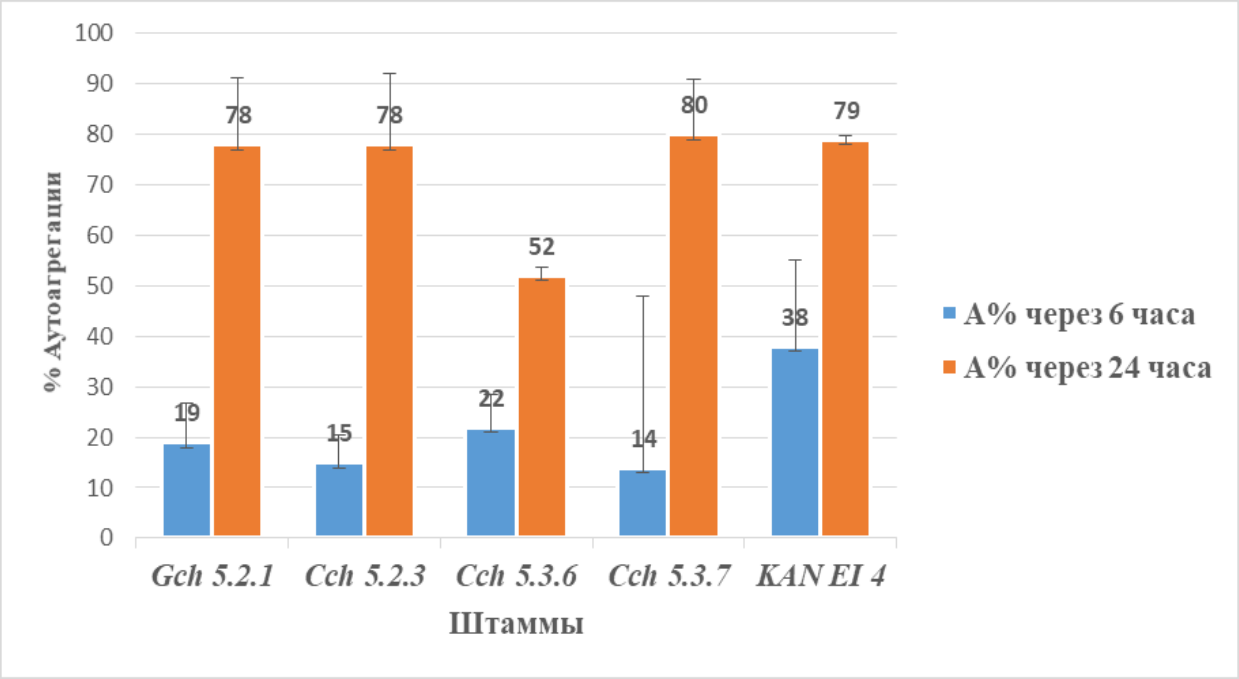


Рисунок 10 - Результаты определения аутоагрегации (%) через 6 и 24 часа.

Штаммы Gch 5.2.1, Cch 5.2.3, Cch 5.3.7 и KAN EI 4 продемонстрировали высокую аутоагрегационную активность на 24-м часу, что делает их перспективными для создания пробиотических продуктов с высокой колонизационной способностью.

KAN EI 4 оказался наиболее агрегационно-активным на ранней стадии (6 ч), что потенциально важно при краткосрочном контакте с эпителием (например, при прохождении тонкого кишечника). Исследование Yang et al. [137] показало, что у штаммов, выделенных из козьего молока, автоагрегация варьировала в пределах 30–55 %, с выраженной коагрегацией с патогенами *Listeria monocytogenes* и *Escherichia coli*. В нашем исследовании значения автоагрегации выше, что может свидетельствовать о высокой конкурентоспособности и антагонистической активности штаммов.

3.2.2.4 Анализ коагрегации

Исследование коагрегационной активности пробиотических штаммов с патогенной бактерией *Escherichia coli* CCM 4517 позволило оценить их потенциал в качестве пробиотических агентов. Все исследуемые штаммы продемонстрировали способность к коагрегации с *E.coli*, однако степень выраженности этого свойства варьировалась как между штаммами, так и в зависимости от времени инкубации (6 и 24 часа). Наиболее высокую коагрегационную активность показал штамм Gch 5.2.1 - процент коагрегации составил 49 % через 6 часов и 76 % через 24 часа, что подтверждает его высокую коагрегационную активность ($p < 0,05$). Это может указывать на сильную способность штамма взаимодействовать с патогеном и формировать агрегаты, потенциально препятствуя прикреплению *E. coli* к слизистой оболочке кишечника. Вторым по эффективности оказался Cch 5.3.6 с

приростом коагрегации от 13 % до 83 %**.** Штамм KAN EI 4**,** несмотря на низкий начальный уровень коагрегации **(**2 % через 6 часов**),** к 24-му часу достиг 66%**,** демонстрируя запаздывающий, но значительный эффект взаимодействия с *E. coli*.

Ранее опубликованные исследования указывают, что штаммы, выделенные из козьего молока, в целом проявляют умеренную коагрегацию с патогенными микроорганизмами, по сравнению со штаммами из коровьего молока [138]. Тем не менее, в одном из исследований штамм, полученный из сырого нигерийского козьего молока, продемонстрировал высокие показатели коагрегации в диапазоне 34–94% при взаимодействии с 14 различными патогенами [139].

Эти данные подтверждают, что коагрегация может быть штамм-специфичной и зависеть от таких факторов, как происхождение изолята, структура клеточной поверхности и скорость адаптации к кишечной микрофлоре.

Наиболее активными коагрегантами являются Gch 5.2.1 и Cch 5.3.6, что делает их перспективными кандидатами для пробиотической терапии и биозащиты. KAN EI 4 демонстрирует потенциал при длительном взаимодействии, несмотря на медленный старт. Различия в коагрегационных свойствах могут быть связаны с: особенностями клеточной стенки; способностью к выработке поверхностных белков; афинностью к патогену. Результаты коагрегационного анализа приведены в таблице 18, а их графическая интерпретация - на рисунке 11.

Эти данные особенно важны при подборе штаммов для создания функциональных кисломолочных продуктов с пробиотическим эффектом, нацеленным на подавление патогенных бактерий.

Таблица 18 – Показатели коагрегации (%) между *Escherichia coli* CCM 4517 и бактериальными изолятами через 6 и 24 часа инкубации

№	ШТАММЫ	A0 600 OD	A -пат	A -6h	A -24h	C%-6h	C% -24h
1	Gch 5.2.1	0.544	0.469	0.256	0.122	49	76
2	Cch 5.2.3	0.484	0.475	0.411	0.107	14	78
3	Cch 5.3.6	0.552	0.475	0.446	0.088	13	83
4	Cch 5.3.7	0.478	0.475	0.428	0.282	10	41
5	KAN EI 4	0.481	0.509	0.485	0.166	2	66

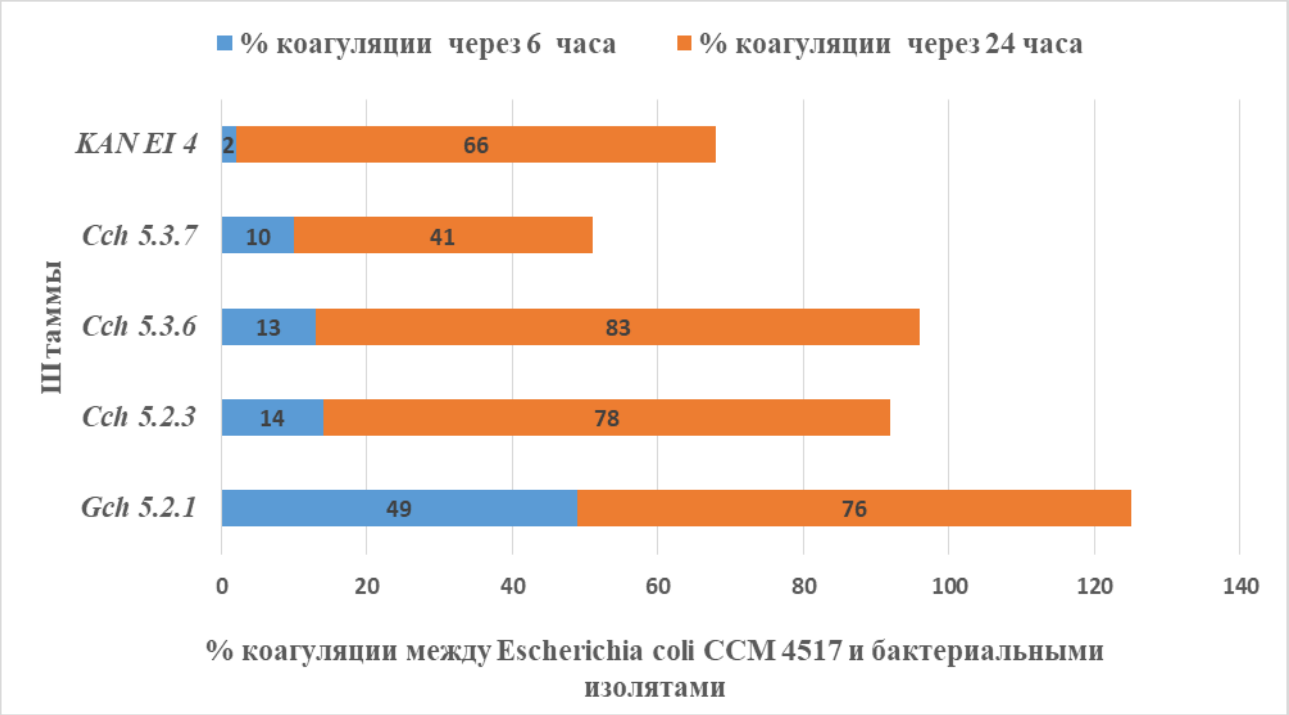


Рисунок 11 - Результаты анализа коагрегации (%) между *Escherichia coli* CCM 4517 и бактериальными изолятами через 6 и 24 часа инкубации

3.2.2.5 Способность к образованию биопленок

Способность пробиотических штаммов к образованию биоплёнок является важным фактором их эффективности, так как она способствует более прочной адгезии к эпителию кишечника, повышает устойчивость к неблагоприятным условиям и способствует вытеснению патогенных микроорганизмов из микробиоценоза [140].

В ходе эксперимента была изучена интенсивность образования биоплёнки у пробиотических штаммов в течение 24 и 48 часов культивирования. Результаты представлены в таблице 19, а также визуализированы на рисунке 12.

Таблица 19 - Результаты формирования биопленки у пробиотических штаммов (OD 590) через 24ч and 48ч

№	Штаммы	(OD590) через 24 ч			Ср. зн	Образование биоплёнки, ±SD ($OД_{590}$)	(OD590) через 48 ч			Ср.зн	Образование биоплёнки, ±SD ($OД_{590}$)
		1	2	3			1	2	3		
1	Gch 5.2.1	0.145	0.114	0.108	0.122	0.049±0.019	0.232	0.175	0.199	0.202	0.114±0.029
2	Cch 5.2.3	0.24	0.209	0.215	0.221	0.148±0.016	0.27	0.225	0.258	0.251	0.163±0.023
3	Cch 5.3.7	0.274	0.326	0.246	0.282	0.208±0.041	0.439	0.458	0.487	0.461	0.373±0.024
4	KAN EI 4	0.103	0.106	0.109	0.106	0.032±0.003	0.097	0.137	0.136	0.123333	0.035±0.023

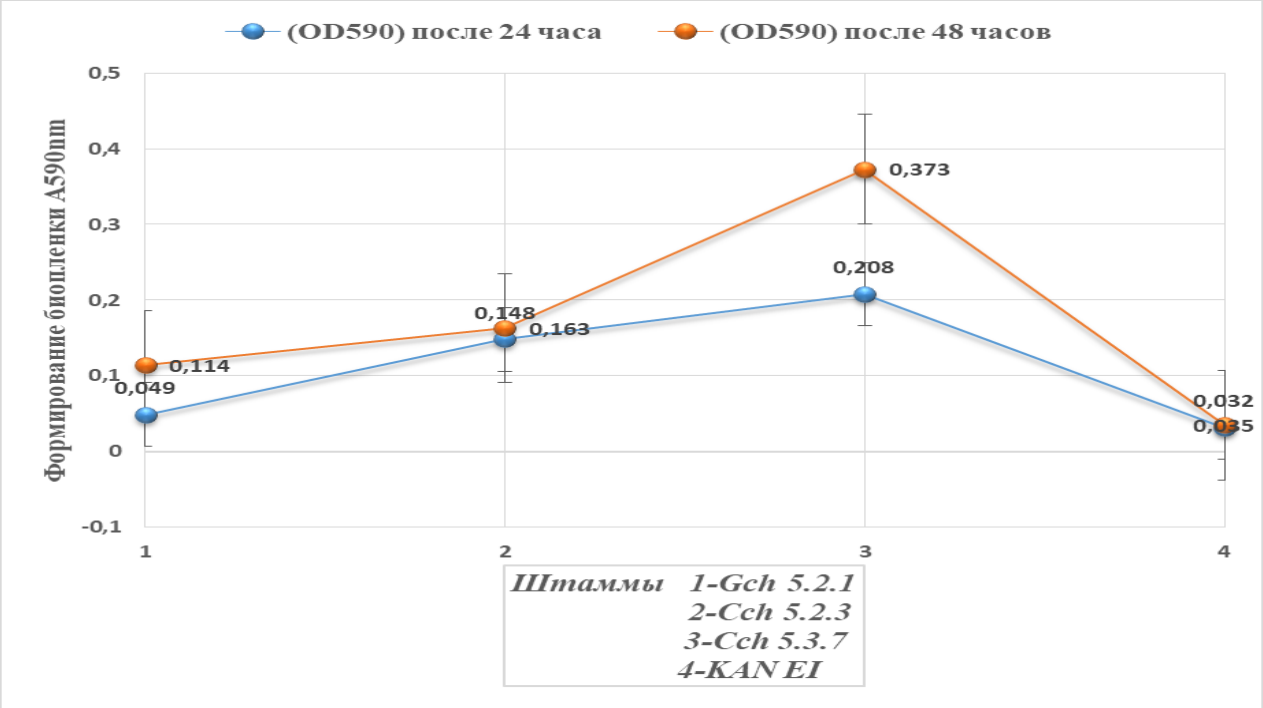


Рисунок 12 - Динамика формирования биоплёнки у пробиотических штаммов (OD_{590}) по истечении 24 и 48 часов.

Проведённое исследование показало, что изученные пробиотические штаммы обладают различной способностью к формированию биоплёнок. Наиболее выраженную адгезивную активность продемонстрировали штаммы Cch 5.3.7 и Cch 5.2.3, что подтверждается более высокими значениями OD_{590} через 24 и 48 часов культивирования. Штаммы Gch 5.2.1 и KAN EI 4 образуют биоплёнку менее интенсивно. Полученные данные указывают на потенциал штаммов с высокой биопленкообразующей способностью для более эффективной колонизации кишечного эпителия, что может способствовать повышению их функциональной активности и конкурентоспособности в микробиоценозе кишечника.

3.2.2.6 Переносимость желчи

Переносимость солей желчных кислот является одним из ключевых критериев при оценке пробиотического потенциала штаммов молочнокислых бактерий. Устойчивость к желчи позволяет пробиотическим микроорганизмам преодолевать стрессовые условия желудочно-кишечного тракта и сохранять жизнеспособность в процессе пищеварения [141].

В рамках данного исследования изучалась динамика оптической плотности (OD600) после 30-часовой инкубации штаммов при концентрациях желчи 0,3%, 0,5% и 1%. При концентрации 0,3% штамм KAN EI 4 демонстрировал незначительное увеличение OD600 - от 0,179 до 0,190, что свидетельствует о крайне слабом росте в присутствии желчных солей даже в минимальной концентрации. При 0,5% желчи уровень OD600 оставался практически неизменным (0,170–0,174), что указывает на выраженную

чувствительность штамма к данному стрессовому фактору. Однако при повышении концентрации до 1% наблюдалось повышение оптической плотности до 0,208, что может свидетельствовать о запуске адаптационных механизмов и восстановлении роста после первоначального угнетения. Таким образом, штамм KAN EI 4**,** несмотря на начальную чувствительность к желчи, способен к частичной адаптации при более продолжительном инкубационном периоде. В условиях 0,3% желчи штамм Gch 5.2.1 демонстрировал небольшой, но устойчивый рост: OD600 увеличилась с 0,179 до 0,189. При концентрации 0,5% желчи наблюдался значительный рост - от 0,207 до 0,462, что указывает на хорошую переносимость и возможность активного клеточного деления. При концентрации 1% желчи прирост OD600 был умеренным (до 0,321), однако сохранялся на достаточно высоком уровне, что свидетельствует о способности штамма сохранять жизнеспособность в условиях выраженного стрессового воздействия. Следовательно, штамм Gch 5.2.1 демонстрирует хорошую толерантность к средним и высоким концентрациям солей желчных кислот.

Штаммы Cch 5.3.6, Cch 5.2.3, Cch 5.3.7 проявили значительно более высокие показатели роста по сравнению с KAN EI 4 и Gch 5.2.1. Так, при концентрации 0,3% желчи штамм Cch 5.2.3 достиг максимальных значений OD600 - до 1,718**,** что свидетельствует о выраженной устойчивости и высокой метаболической активности. Остальные представители данной группы также показали стабильный и интенсивный рост (Cch 5.3.6 - до 0,346; Cch 5.3.7 - до 0,751). При 0,5% желчи рост сохранялся на высоком уровне (0,36–0,46), а при концентрации 1% - достигал значений более 0,4**,** что подтверждает их высокую адаптацию к стрессовым условиям. Наилучшие показатели роста в условиях желчи продемонстрировали штаммы группы Cch**,** которые характеризовались высокой биомассой и устойчивостью на всех тестируемых концентрациях, что подтверждает их пробиотический потенциал.

Эти данные соотносятся с предыдущими исследованиями, в которых штаммы *L. mucosae, L. plantarum и Lactococcus lactis***,** выделенные из козьего молока, также демонстрировали устойчивость к желчи при моделировании желудочно-кишечных условий [142,143].

Согласно литературным данным [144], молочнокислые бактерии из сырого козьего молока показывали уровень выживаемости от 5,21 до 8,23 КОЕ/мл уже при концентрации желчи менее 1%**,** что подтверждает чувствительность большинства изолятов к этому стрессовому фактору. Штамм Gch 5.2.1 проявил умеренную устойчивость и хорошие показатели роста при 0,5% и 1% желчи, что делает его потенциальным кандидатом для использования в условиях желудочно-кишечного тракта. Сравнительный анализ полученных данных позволяет сделать вывод о различной степени устойчивости исследуемых штаммов к желчи. Наименее устойчивым оказался штамм KAN EI 4**,** демонстрировавший минимальные значения OD600 и слабый рост даже при низких концентрациях солей желчных кислот. Однако на более высоком уровне (1%) наблюдалось частичное восстановление роста, что может указывать на запуск адаптационных ответов. Динамика роста бактериальных

штаммов при концентрациях желчи 0,3%, 0,5% и 1% (OD_{600}) представлена в виде диаграмм на рисунках 13, 14 и 15 соответственно.

На основании полученных данных можно заключить, что штаммы молочнокислых бактерий обладают разной степенью устойчивости к желчи. KAN EI 4 отличается чувствительностью и требует более длительного времени для адаптации, тогда как Gch 5.2.1 демонстрирует удовлетворительную переносимость. Штаммы Cch 5.3.6, Cch 5.2.3, Cch 5.3.7 являются наилучшими по показателям роста и представляют интерес для дальнейшего изучения в контексте пробиотических свойств.

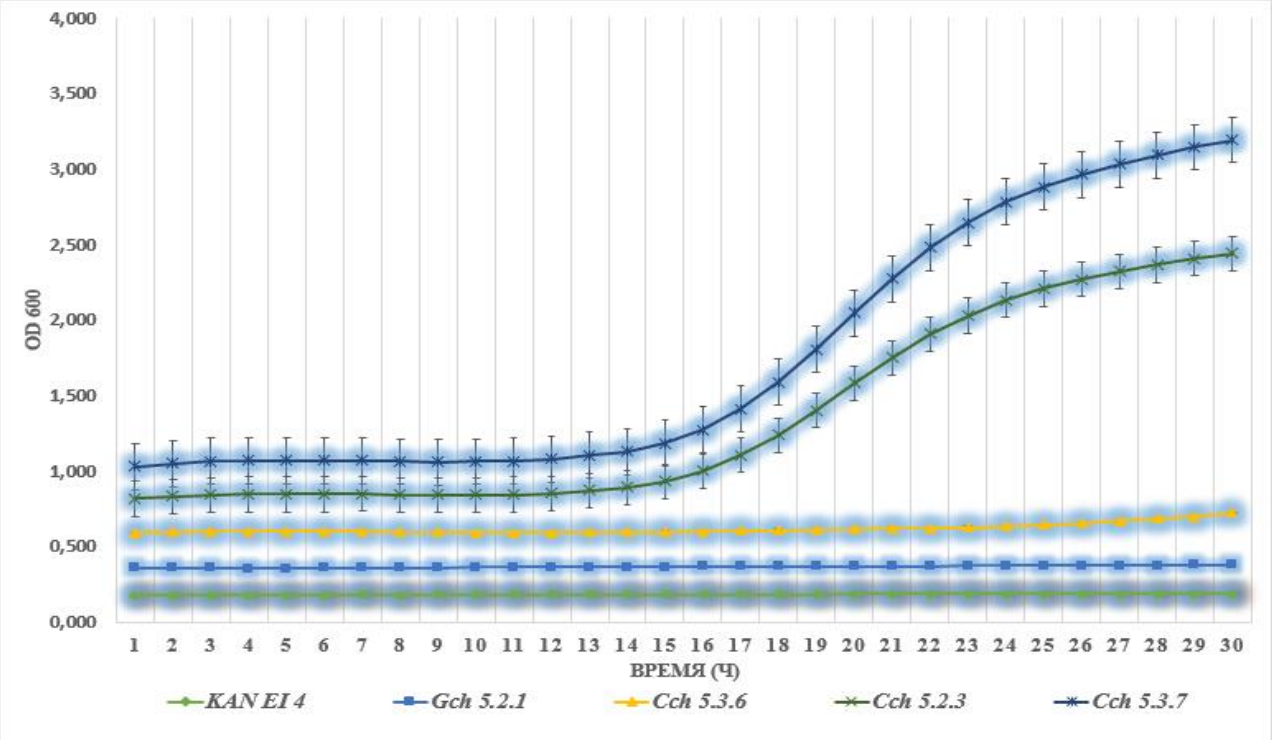


Рисунок 13 – Динамика роста бактериальных штаммов при 0,3% желчи (OD600)

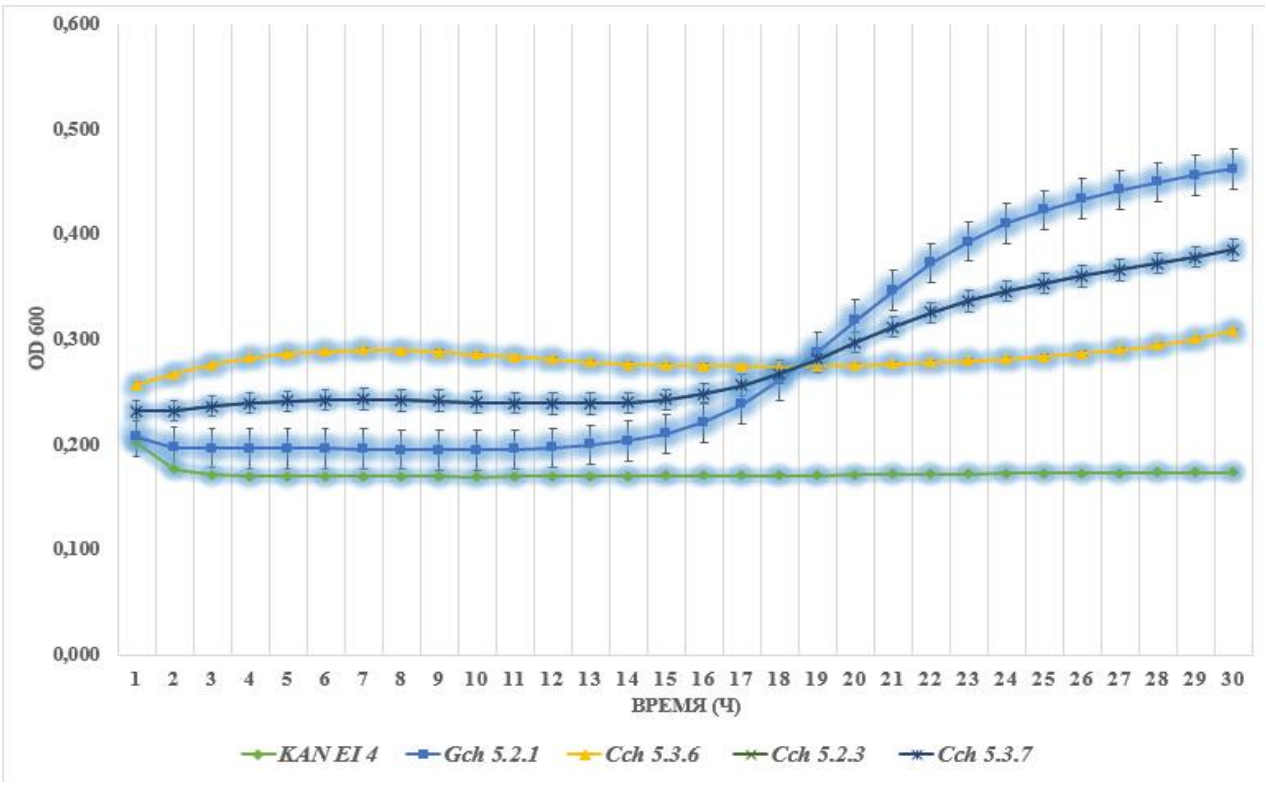


Рисунок 14 – Динамика роста бактериальных штаммов при 0,5% желчи (OD600)

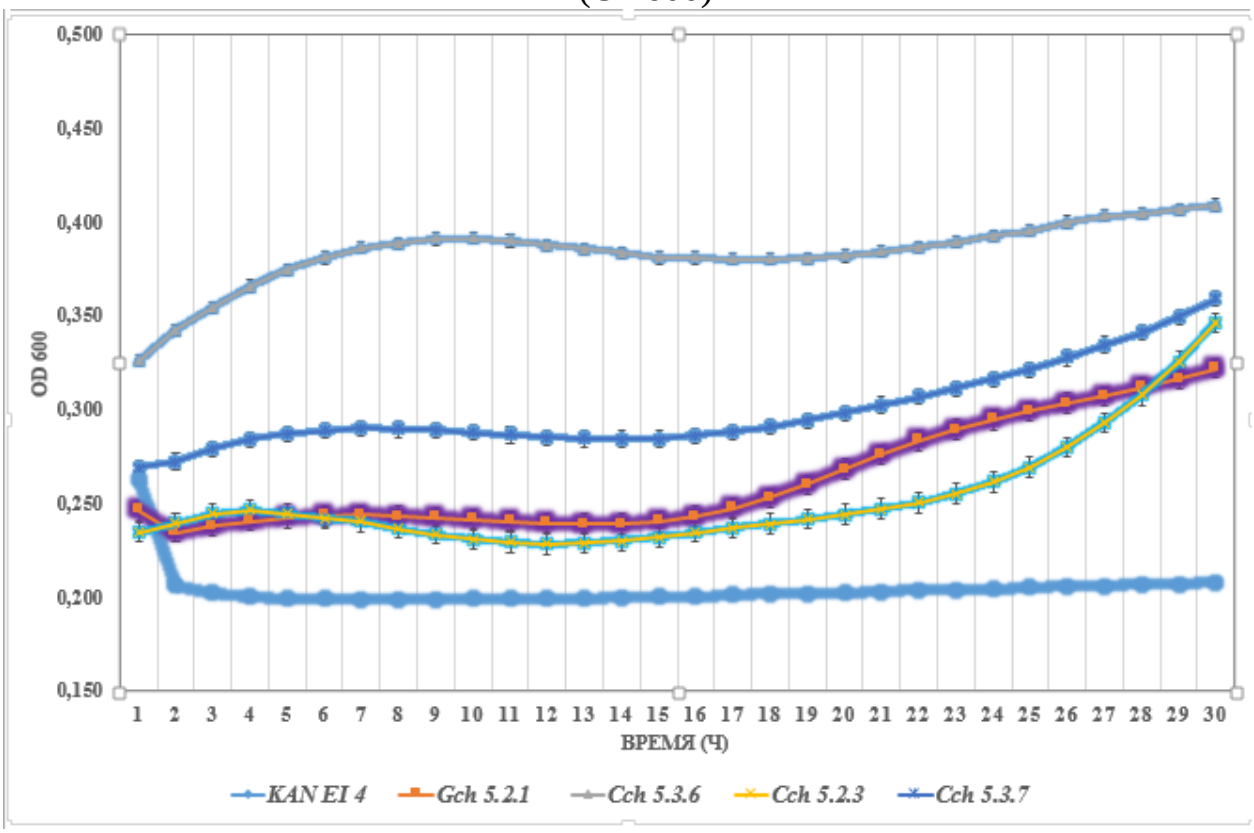


Рисунок 15 - Динамика роста бактериальных штаммов при 1% желчи (OD600)

3.2.2.7 Устойчивость к антибиотикам

Чувствительность к антибиотикам является критически важным параметром для пробиотических штаммов лактобактерий, поскольку эти микроорганизмы широко применяются в пищевой промышленности и процессах ферментации, где они оказывают положительное влияние на здоровье человека. При этом важно сохранять их функциональные свойства, одновременно контролируя развитие устойчивости, что может представлять угрозу как для здоровья человека, так и для безопасности пищевых продуктов [145].

В настоящем исследовании чувствительность к антибиотикам штаммов была определена методом дисковой диффузии, результаты которого приведены в таблице 20. Штаммы показали различный уровень чувствительности к различным антибиотикам. Ампициллин (10 мкг) проявил промежуточный уровень чувствительности (I) к обоим штаммам. В то же время антибиотики эритромицин, хлорамфеникол, линезолид и рифампицин характеризовались высокой чувствительностью (S) с зонами ингибирования от 22 до 37 мм. Напротив, ванкомицин, гентамицин, канамицин и ципрофлоксацин оказались неэффективными, демонстрируя устойчивость (R) к данным штаммам. Аналогичные результаты были получены при исследовании изолятов лактобактерий, выделенных из ливанского козьего молока: 100% устойчивость к канамицину, ванкомицину и спектиномицину, а также 97%-ная резистентность к гентамицину [146].

Полученные данные позволили выделить как наиболее чувствительные, так и устойчивые штаммы, что имеет важное значение при их дальнейшем использовании в пищевой промышленности.

Штамм Gch 5.2.1 показал высокую чувствительность к большинству исследованных антибиотиков, включая эритромицин, тетрациклин, линезолид, рифампицин и хлорамфеникол. При этом наблюдалась промежуточная чувствительность к ампициллину и клиндамицину, тогда как устойчивость была зафиксирована к ванкомицину, гентамицину, канамицину, стрептомицину и ципрофлоксацину. В целом, штамм характеризуется высоким уровнем чувствительности и может считаться перспективным кандидатом для использования в производстве функциональных кисломолочных продуктов с низким риском распространения генов антибиотикорезистентности. Схожие характеристики наблюдаются у штамма Cch 5.2.3 - он также чувствителен к большинству антибиотиков, таких как эритромицин, тетрациклин, линезолид и рифампицин. Умеренная чувствительность была отмечена к ампициллину, клиндамицину и триметоприму, в то время как устойчивость выявлена к ванкомицину, гентамицину и канамицину. По своим свойствам этот штамм сопоставим с Gch 5.2.1 и может быть также рекомендован для безопасного пробиотического применения. Таким образом, по итогам исследования наиболее перспективными штаммами с точки зрения антибиотикочувствительности являются Cch 5.3.7**,** а также Gch 5.2.1 и Cch 5.2.3**.** Эти штаммы продемонстрировали высокую чувствительность к большинству антибиотиков и являются безопасными для использования в

качестве пробиотических культур. В то же время, штаммы Cch 5.3.6 и особенно KAN EI 4 проявили выраженную устойчивость, что ограничивает их применение в производстве функциональных продуктов питания.

Если выбирать штаммы для разработки функционального творога с пробиотическими свойствами, целесообразно отдавать предпочтение Cch 5.3.7, Gch 5.2.1 и Cch 5.2.3. Они обладают приемлемым профилем антибиотикочувствительности, что снижает риски распространения антибиотикорезистентных генов и повышает безопасность конечного продукта.

В таблице 20 указаны пробиотические штаммы лактобактерий, которые исследовались на чувствительность к антибиотикам, а также оптимальные температуры их выращивания в процессе проведения тестов. Температура роста важна, потому что эффективность антибиотика и активность бактерий зависят от условий среды.

Таблица 20 - Условия роста для тестов на чувствительность к антибиотикам

Strains	**Organism**	**Temperature**
Gch 5.2.1	*Lacticaseibacillus paracasei*	37^0C
Cch 5.2.3	*Lacticaseibacillus paracasei*	37^0C
Cch 5.3.6	*Lactiplantibacillus plantarum*	28^0C
Cch 5.3.7	*Lacticaseibacillus paracasei*	37^0C
KAN EI 4	*Lacticaseibacillus paracasei*	37 ^{0}C

В исследовании было проанализировано пять штаммов лактобактерий, выделенных из козьего молока и молочных продуктов: Gch 5.2.1, Cch 5.2.3, Cch 5.3.6, Cch 5.3.7 и KAN EI 4. Тестирование на чувствительность к 15 различным антибиотикам выявило значительные различия в профилях устойчивости и чувствительности среди штаммов. Зоны подавления роста вокруг антибиотиковых дисков визуализируются с помощью диско-диффузионного метода (рисунок 15), а их интерпретация проводится на основе установленных диапазонов диаметров, представленных в таблице 21.

Особое внимание стоит уделить штамму KAN EI 4, который показал более выраженную устойчивость, в частности к пенициллину, ампициллину и ванкомицину. В отличие от него, штаммы Gch 5.2.1 и Cch 5.3.7 продемонстрировали относительно высокую чувствительность к ампициллину и пенициллину, что свидетельствует о различиях в генетических и физиологических особенностях данных штаммов.

Промежуточные значения зон ингибирования (I) были выявлены для ампициллина у большинства штаммов, что говорит о необходимости

осторожного и контролируемого использования этого антибиотика при потенциальном лечении инфекций, вызванных этими микроорганизмами.

Различия в профилях антибиотикочувствительности важны при выборе пробиотических штаммов для использования в производстве функциональных кисломолочных продуктов, так как устойчивость к некоторым антибиотикам может представлять риск передачи резистентных генов в микробиоту человека. Следовательно, штаммы с высокой чувствительностью к основным антибиотикам предпочтительнее для безопасного использования в пищевой промышленности.

Таблица 21 - Диапазон диаметров зоны диффузии антибиотиковых дисков и интерпретация результатов для антибиотиков

Антибиотики	**Сокра-щение**	**Disk (μg)**	**Gch 5.2.1**	**Cch 5.3.6**	**KAN EI 4**	**Cch 5.2.3**	**Cch 5.3.7**
			18 (I)	17 (I)	16(I)	19(I)	21(S)
Ванкомицин	VAN	5	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)
Ванкомицин	VAN	30	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)
Гентамицин	CN	10	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)
Канамицин	K	30	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)
Стрептомицин	S	10	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)	-(R)
Эритромицин	ERY	15	27 (S)	26 (S)	35(S)	35(S)	38(S)
Клиндамицин	CLI	2	11(I)	17(I)	27(S)	31(S)	35(S)
Тетрациклин	TE	30	22(S)	22(S)	37(S)	39(S)	43(S)
Хлорамфеникол	C	30	28 (S)	-(R)	33(S)	39(S)	42(S)
Триметоприм	TEM	5	-(R)	15(I)	27(S)	34(S)	26(S)
Квинупристин и Дальфопристин	QD	15	14(I)	14(I)	23(S)	24(S)	29(S)
Линезолид	LZD	10	34(S)	37(S)	31(S)	36(S)	39(S)
Ципрофлоксацин	CIP	5	-(R)	-(R)	16(I)	14(I)	14(I)
Рифампицин	RIF	5	24(S)	25(S)	30(S)	32(S)	34(S)

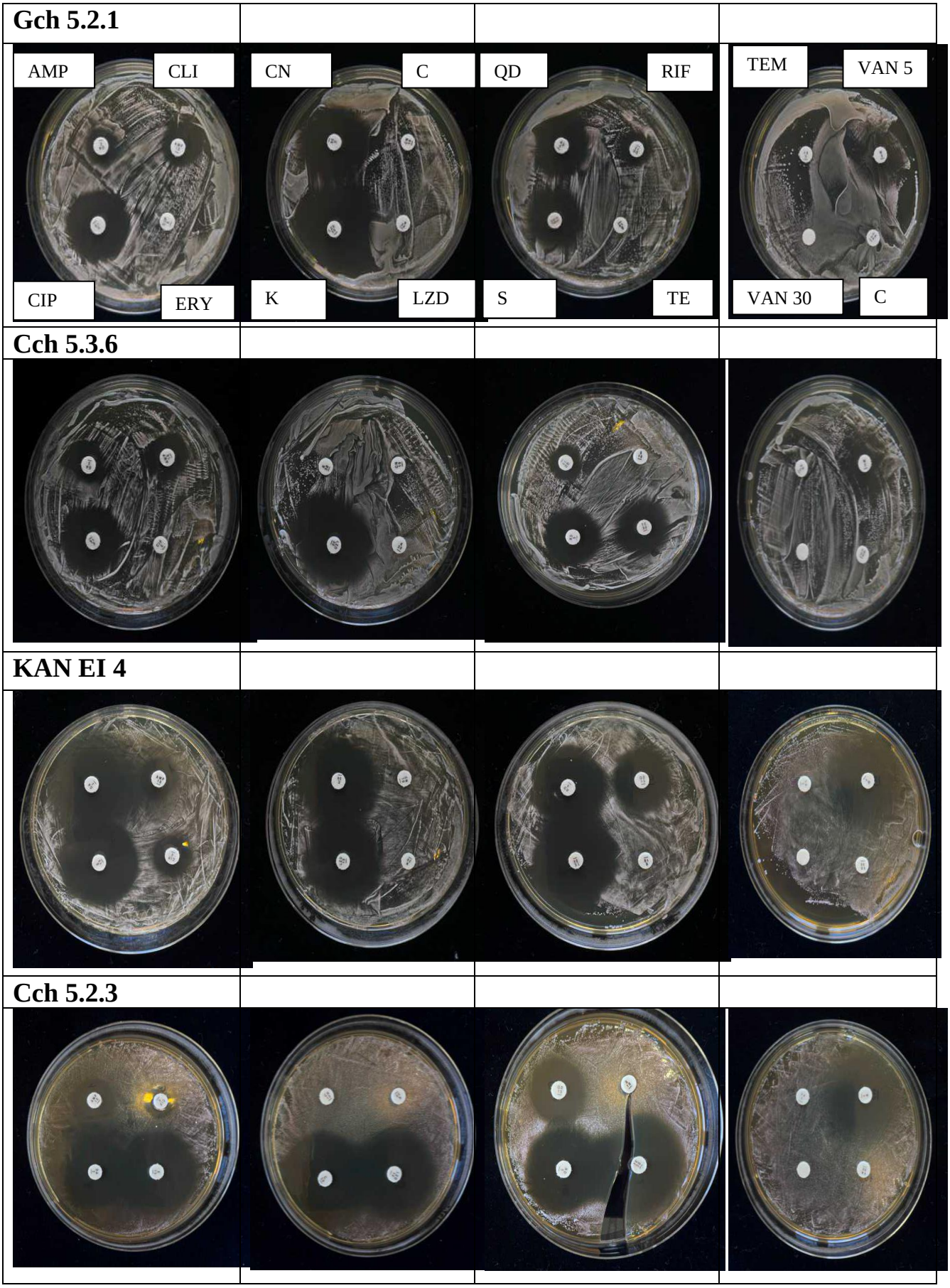


Рисунок 16 - Визуализация зон подавления роста бактериальных штаммов вокруг антибиотиковых дисков (диско-диффузионный метод)

Таким образом, результаты подчеркивают необходимость регулярного мониторинга антибиотикорезистентности среди пробиотических культур, а также тщательного отбора штаммов для производства функциональных продуктов, особенно на основе козьего молока. Это позволит минимизировать возможные риски для здоровья человека и сохранить эффективность антибиотиков при лечении инфекционных заболеваний.

Для подтверждения данных, полученных методом дисковой диффузии, был проведён электронный тест (E-test) с определением минимальной подавляющей концентрации (MIC) антибиотиков, применяемых в отношении штаммов Gch 5.2.1 и KAN EI 4**.** Результаты представлены в таблице 22 и на рисунках 17 и 18, где визуализированы ингибирующие зоны вокруг пропитанных антибиотиками полосок для соответствующих штаммов. Полученные значения MIC, выраженные в мкг/мл**,** позволяют более точно оценить уровень устойчивости или чувствительности бактерий к каждому препарату.

Профиль чувствительности, полученный методом дисковой диффузии, подтвердился результатами электронного теста с количественным разведением, который продемонстрировал устойчивость всех исследованных штаммов к канамицину и гентамицину. В таблице 22 приведено распределение минимальных ингибирующих концентраций (MIC) для различных антибиотиков. Штамм Gch 5.2.1 оказался чувствительным к ампициллину (AMP) и линезолиду (LZD), в то время как штамм KAN EI 4 проявил высокую устойчивость, особенно к пенициллину (PEN), ампициллину (AMP) и ванкомицину (VAN). Штамм KAN EI 4 продемонстрировал разнообразный профиль чувствительности**,** в котором сочетаются как чувствительные, так и устойчивые реакции.

Исследование Grujović и соавторов [147] выявило устойчивость штаммов *Lactobacillus paracasei*, выделенных из сербского козьего сыра, к гентамицину и тетрациклину с помощью микротитрационного анализа.

Различия в устойчивости обусловлены генетической вариабельностью и приобретением генов резистентности, часто благодаря горизонтальному переносу генов, что позволяет лактобактериям адаптироваться к различным условиям окружающей среды. Например, значительное число лактобактерий имеет один или несколько генов, ассоциированных с устойчивостью к тетрациклину [148].

Отклонения в значениях MIC, полученных различными методами, могут объясняться различиями в условиях проведения тестов и методологии.

Таким образом, штамм KAN EI 4, несмотря на то, что ранее рассматривался как более устойчивый, по данным MIC-теста продемонстрировал более благоприятный профиль чувствительности к ампициллину, клиндамицину и тетрациклину**,** чем Gch 5.2.1. Тем не менее, устойчивость к ванкомицину, гентамицину и канамицину остаётся значительной.

Штамм Gch 5.2.1 - устойчив ко всем протестированным антибиотикам по MIC-тесту. Его использование требует осторожности, особенно в условиях, где

важно исключить передачу генов устойчивости. Штамм KAN EI 4 - продемонстрировал смешанный профиль: высокая устойчивость к ряду антибиотиков, но при этом хорошая чувствительность к ампициллину, клиндамицину и тетрациклину. Этот результат контрастирует с результатами дискового метода**,** где он считался более устойчивым. Эти различия подчёркивают важность комплексного подхода в оценке антибиотикочувствительности с использованием разных методов (дисковый метод + MIC)**.**

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что, хотя некоторые антибиотики остаются эффективными против штамма KAN EI 4, штамм Gch 5.2.1 демонстрирует значительную устойчивость, что подчеркивает необходимость учета антибиотикочувствительности этих штаммов при их применении в пробиотических продуктах и при оценке безопасности.

Таблица 22 - Профиль чувствительности к антибиотикам и соответствующие минимальные ингибирующие концентрации (мкг/мл), полученные с помощью электронного теста.

Антибиотики	**µg/ml**	**Gch 5.2.1**	**KAN EI 4**
Ампициллин	256-0.016	16 (R)	0.064(S)
Ванкомицин	256-0.016	-(R)	-(R)
Гентамицин	256-0.016	16(R)	32(R)
Канамицин	256-0.016	-(R)	-(R)
Стрептомицин	1024-0.064	-(R)	48(S)
Эритромицин	256-0.016	1.5(R)	1.0(R)
Клиндамицин	256-0.016	3(R)	0.38(S)
Тетрациклин	256-0.016	2(R)	0.38(R)
Хлорамфеникол	256-0.016	1.5(R)	4(R)

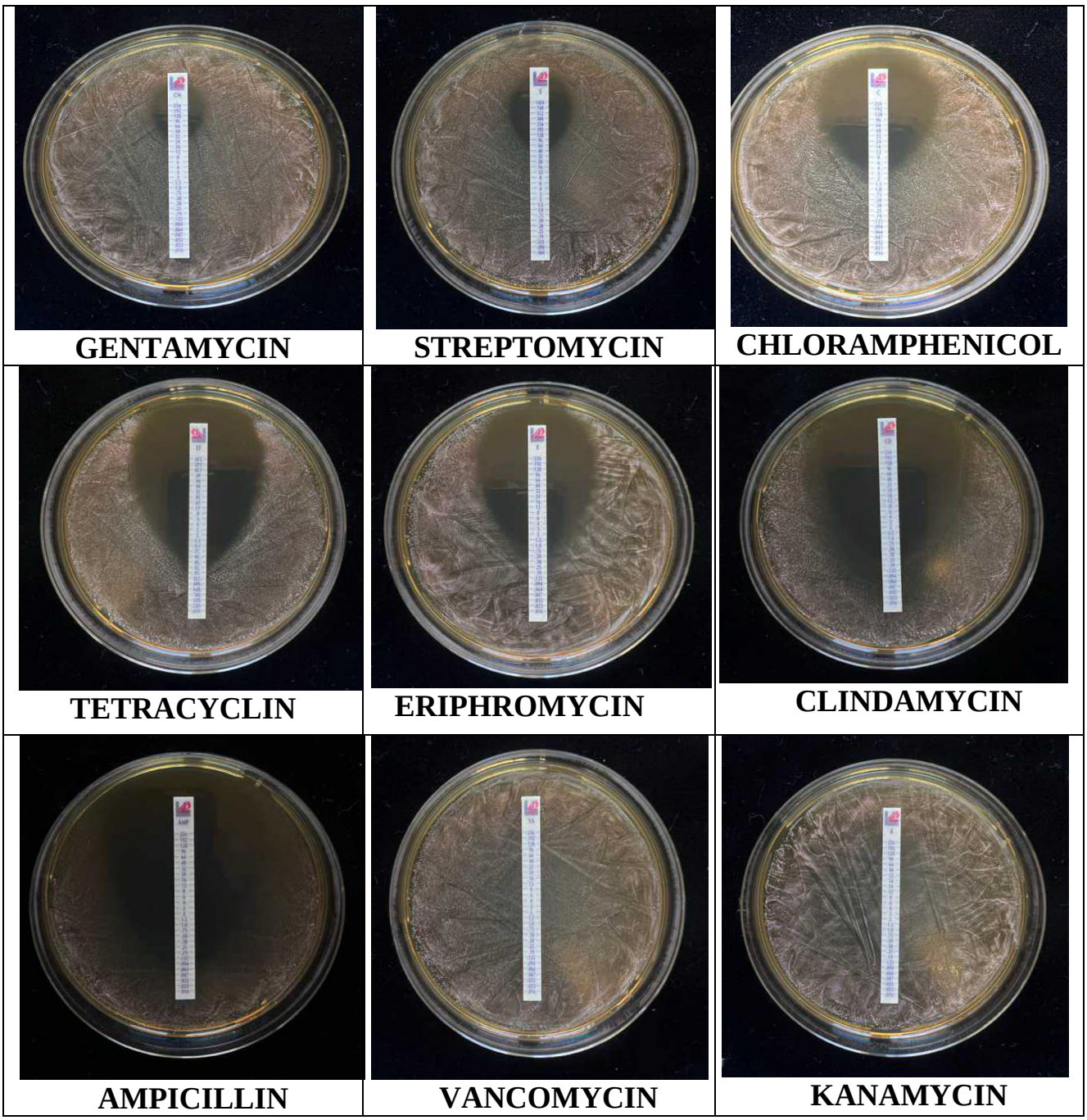


Рисунок 17 – Ингибирующие зоны вокруг пропитанных антибиотиками полосок KAN EI 4

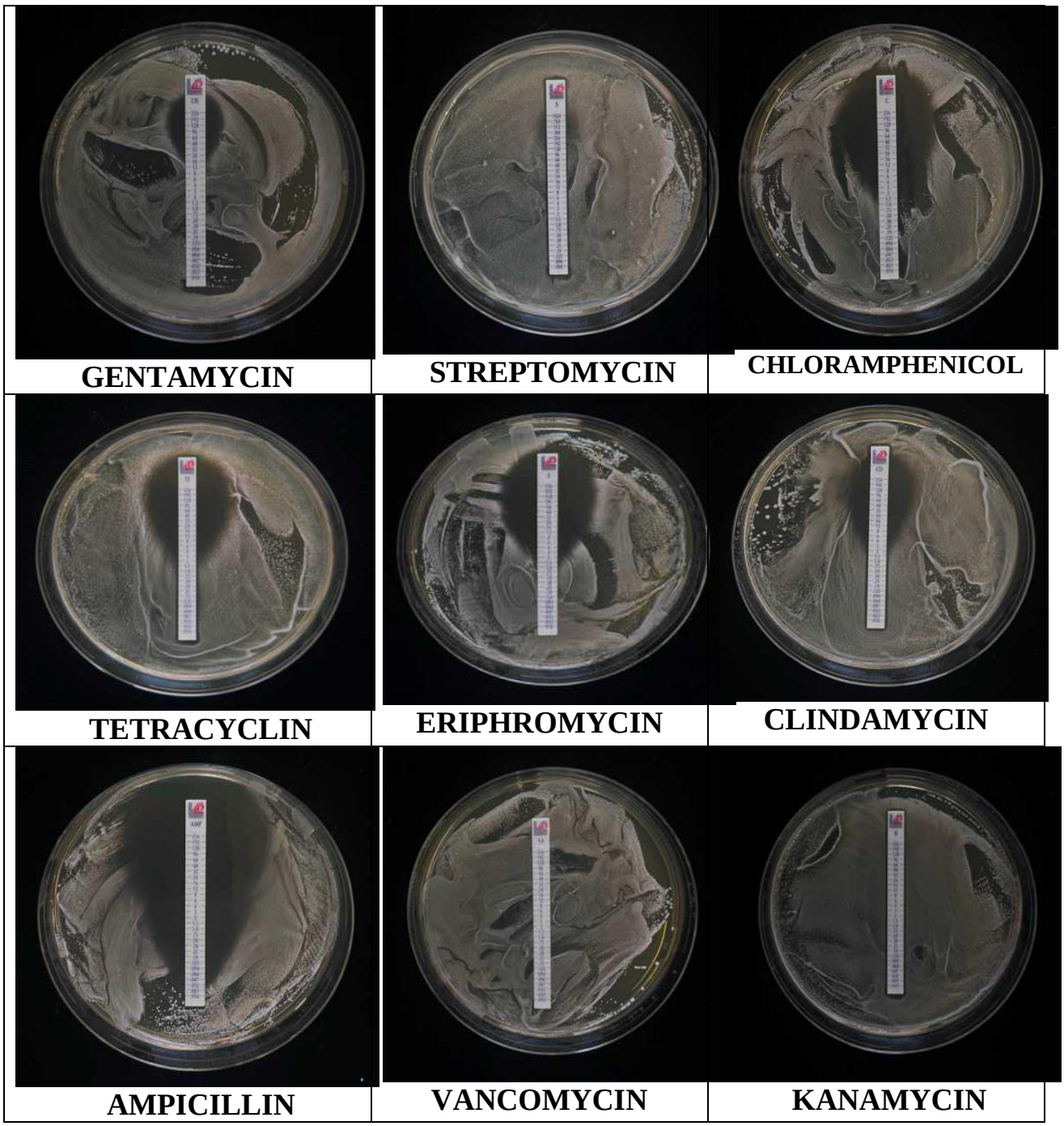


Рисунок 18 - Ингибирующие зоны вокруг пропитанных антибиотиками полосок Gch 5.2.1

Таблица 23 - Микрометрические значения (мкг/мл) различных антибиотиков для тестируемых штаммов

Штаммы	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
	PEN	**AMP**	**ERY**	**CLI**	**LIZ**	**CMP**	**TET**	**T/S**	**GEN**	**VAN**	**TEC**	**NFT**
5.2.1	≤0.5(R)	≤0.25(S)	0.06(S)	-(S)	≤0.5(S)	≤1(S)	≤4(I)	-(S)	-(S)	≥16(R)	≥16(R)	-(S)
Cch 5.3.6	≤0.5(R)	≤0.25(S)	≤4(R)	≤4(R)	≤1(S)	≤2(S)	≤0.5(S)	≤0.06/1.19(I)	≤8(R)	≤0.5(S)	≤0.25(S)	≤32(S)
KAN EI 4	≤8(R)	≤16(R)	≤4(R)	≤1(R)	≤1(S)	≤1(S)	≤8(R)	≤2/38(I)	≤16(R)	≥16(R)	≥16(R)	≤8(S)
Cch 5.2.3	≤2(R)	≤0.5(S)	-(S)	-(S)	≤0.5(S)	≤1(S)	0.25(S)	0.03/0.6(S)	0.25(S)	≥16(R)	≤1(S)	-(S)
Cch 5.3.7	≤1(R)	≤0.25(S)	0.06(S)	-(S)	≤1(S)	≤2(S)	≤4(I)	0.03/0.6(S)	0.25(S)	≥16(R)	≥16(R)	2(S)
S- чувствительный I – умеренно стойкий R -стойкий												

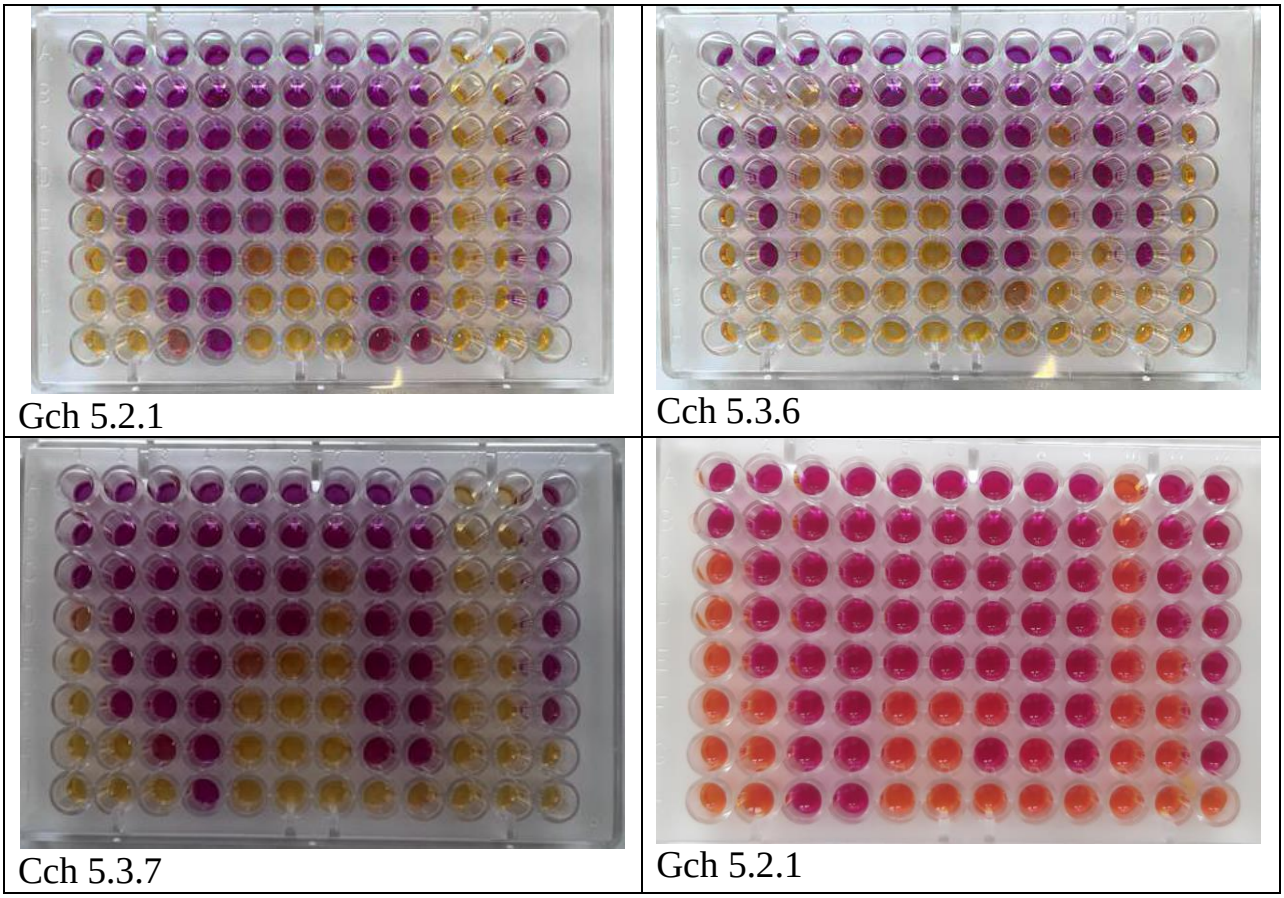


Рисунок 19 – Результаты определения чувствительности штаммов к противомикробным препаратам на панелях MIC G+

В ходе комплексного тестирования методом микробульонной разведения (MIC G+) в соответствии с рекомендациями EFSA, были получены данные по чувствительности пяти лактобациллярных штаммов к 12 антибиотикам, включающим основные классы антимикробных средств. Ниже представлена сравнительная характеристика каждого штамма на основе количественных MIC-значений и сопоставление с результатами, ранее полученными методами дисковой диффузии и E-теста. Результаты данного теста показаныв таблице 23 и в рисунке 18.

Штамм Gch 5.2.1 проявил чувствительность к ампициллину, эритромицину, линезолиду, хлорамфениколу, триметоприму/сульфаметоксазолу и нитрофурантоину. При этом наблюдалась промежуточная устойчивость к тетрациклину и выраженная устойчивость к пенициллину, ванкомицину и тейкопланину. Данный профиль подтверждает данные, полученные при дисковой диффузии: высокая чувствительность к ампициллину, макролидам и оксазолидинонам, и резистентность к гликопептидам и аминогликозидам. Следует отметить, что чувствительность к ампициллину была подтверждена также методом E-теста, что повышает достоверность оценки. Штамм демонстрирует хороший профиль чувствительности, за исключением устойчивости к гликопептидам. Может

рассматриваться как перспективный пробиотический кандидат при обязательном мониторинге VAN/TEC-резистентности.

Профиль штамма Cch 5.3.6 характеризуется чувствительностью к ампициллину, линезолиду, тетрациклину, хлорамфениколу, ванкомицину, тейкопланину и нитрофурантоину. Промежуточная устойчивость зафиксирована к T/S, а стойкость - к пенициллину, эритромицину, клиндамицину и гентамицину.

Ранее полученные результаты E-теста указывали на устойчивость этого штамма к макролидам и аминогликозидам, что подтверждено MIC-методом. Чувствительность к ванкомицину, зафиксированная в MIC, расходится с результатами дисковой диффузии, где наблюдалась резистентность. Это может быть связано с методологическими различиями или пограничными значениями чувствительности. Штамм умеренно пригоден к использованию, требует дополнительной оценки стабильности его устойчивости, особенно к клиндамицину и аминогликозидам.

KAN EI 4 продемонстрировал множественную устойчивость. Он оказался резистентным к основным β-лактамам (пенициллин, ампициллин), макролидам, линкозамидам, тетрациклину, гентамицину, ванкомицину и тейкопланину. Чувствительность зафиксирована только к линезолиду, хлорамфениколу и нитрофурантоину, с промежуточной чувствительностью к T/S.

Штамм Cch 5.2.3 проявил чувствительность ко всем антибиотикам, за исключением устойчивости к пенициллину и ванкомицину. Он оказался чувствительным к ампициллину, макролидам, линкозамидам, тетрациклину, T/S, гентамицину, тейкопланину и нитрофурантоину. Этот профиль в целом совпадает с результатами дисковой диффузии и E-теста. Стоит отметить высокую чувствительность к гентамицину, что выделяет штамм среди большинства других изолятов, обычно резистентных к аминогликозидам.

Штамм Cch 5.2.3 представляет собой перспективный объект для применения в пищевой и биотехнологической отраслях с минимальными рисками передачи резистентности.

Штамм Cch 5.3.7 проявил чувствительность к ампициллину, эритромицину, линезолиду, хлорамфениколу, T/S, гентамицину и нитрофурантоину. Промежуточная чувствительность зафиксирована к тетрациклину, устойчивость - к пенициллину, ванкомицину и тейкопланину. Результаты полностью соответствуют профилю дисковой диффузии и E-теста, где данный штамм характеризовался как один из наиболее чувствительных. Его умеренная чувствительность к тетрациклину может объясняться наличием генов, ассоциированных с природной резистентностью у Lactobacillus amylovorus. Штамм Cch 5.3.7 является оптимальным кандидатом для разработки функциональных пробиотиков, с учетом его высокой чувствительности к ключевым антибиотикам и низкой устойчивости.

Культуры пробиотических микроорганизмов играют ключевую роль в обеспечении здоровья человека, укрепляя иммунную систему, способствуя синтезу витаминов и поддержанию баланса кишечной микрофлоры. Несмотря на это, в Казахстане остается недостаточно изученной область выделения и характеристики штаммов молочнокислых бактерий, особенно из продуктов козьего происхождения, таких как козье молоко и творог [149].

Целью настоящего исследования было выделение перспективных пробиотических штаммов МКБ с высоким пробиотическим потенциалом из образцов козьего молока и козьего творога, а также оценка их пригодности для использования при производстве ферментированных продуктов.

В результате были отобраны два штамма - Gch 5.2.1 и KAN EI 4, полученные соответственно из козьего творога и козьего молока. Молекулярно-генетический анализ 16S рРНК подтвердил принадлежность штамма Gch 5.2.1 к виду *Lactobacillus paracasei*, а штамма KAN EI 4 - к представителям рода *Lactobacillus sp.*.

Кроме того, штамм Gch 5.2.1 продемонстрировал превосходные ферментативные способности, более потенциал адгезии на 20% и большее образование биопленки по сравнению с KAN EI 4, что делает его более благоприятны для разработки молочных продуктов. Он демонстрировал устойчивую коагуляцию способность работать с патогенными штаммами, что указывает на его потенциальную роль в повышении безопасности пищевых продуктов.

Штамм Gch 5.2.1 показал чувствительность ко многим антибиотикам и более универсальный профиль ферментации углеводов, что указывает на его метаболическую гибкость. и наоборот, штамм KAN EI 4 обладал заметной гидрофобностью и коагрегацией. способности, но проявили более высокую устойчивость к некоторым антибиотикам. В целом, штамм Gch 5.2.1 рекомендуется для дальнейшего использования в пищевой промышленности благодаря своим полезным свойствам, которые соответствуют требованиям, предъявляемым к рецептурам пробиотиков и ферментации молочных продуктов.

Штамм Gch 5.2.1 продемонстрировал ряд пробиотически значимых свойств, которые делают его перспективным кандидатом для применения в пищевой промышленности. В частности, данный штамм обладает выраженными ферментативными способностями, что свидетельствует о его способности эффективно участвовать в процессах молочнокислого брожения. Одним из важных показателей является высокий уровень клеточной адгезии - у Gch 5.2.1 этот показатель оказался на 20% выше по сравнению со штаммом KAN EI 4, что указывает на его потенциал к колонизации слизистой оболочки кишечника.

Кроме того, штамм характеризуется усиленной способностью к образованию биоплёнок, что дополнительно повышает его устойчивость и эффективность в кишечной среде. Способность к коагрегации с патогенными микроорганизмами также была выражена, что предполагает его возможную

роль в ингибировании патогенной микрофлоры за счёт конкурентного вытеснения.

Штамм Gch 5.2.1 также обладает широким спектром метаболизма углеводов, что говорит о его метаболической гибкости и способности адаптироваться к различным субстратам в составе пищевого продукта. Антибиотикочувствительный профиль штамма показал высокую чувствительность к большинству тестируемых антибиотиков, за исключением гликопептидов (ванкомицин и тейкопланин), что важно с точки зрения оценки безопасности его использования.

Совокупность указанных характеристик позволяет охарактеризовать Gch 5.2.1 как наиболее перспективный штамм среди исследуемых. Его высокая коагрегационная активность с патогенами дополнительно подчёркивает его потенциальную способность участвовать в формировании защитного барьера кишечной микрофлоры, способствуя предотвращению колонизации патогенных бактерий.

В отличие от него, штамм KAN EI 4 проявил более умеренные ферментативные способности и ограниченный метаболизм углеводов, что может сужать возможности его использования в ферментированных продуктах. Однако он характеризуется высокой гидрофобностью клеточной поверхности, что может повышать его способность к адгезии.

Оба штамма обладают пробиотическим потенциалом, однако Gch 5.2.1 имеет наиболее благоприятный профиль, сочетающий высокую ферментативную активность, адгезивные и коагрегационные свойства, метаболическую гибкость и чувствительность к антибиотикам.

Полученные различия в профилях коагрегации и образования биоплёнки между штаммами открывают перспективы для создания таргетированных пробиотических формул, направленных на модуляцию микробиоты кишечника и подавление патогенной флоры.

Таким образом, штамм Gch 5.2.1 и KAN EI 4 рекомендуются для дальнейшего применения в пищевой и биотехнологической промышленности как высокоэффективные пробиотики, соответствующий критериям безопасности и функциональности. Они обладает потенциалом для использования в производстве ферментированных продуктов, включая йогурты и биокефиры, с улучшенными свойствами по защите кишечной микробиоты.

3.2.3 Идентификации пробиотических штаммов молочнокислых бактерий с использованием современных методик

Ферментационный тест на углеводы с использованием системы API 50 CHL является современным и достоверным методом идентификации молочнокислых бактерий на уровне вида и штамма. Он позволяет оценить способность микроорганизмов метаболизировать широкий спектр углеводов, что является важным критерием микробиологической классификации и функциональной характеристики штаммов [150].

В ходе исследований выявлено, что штаммы Gch 5.2.1, Cch 5.2.3, Cch 5.3.6, Cch 5.3.7 и KAN EI 4 проявляют различную ферментативную активность, что отражает их метаболическое разнообразие и адаптацию к молочной среде. Штамм Gch 5.2.1 продемонстрировал наибольшую способность к ферментации широкого спектра углеводов, что делает его перспективным кандидатом для технологических процессов переработки молока и создания пробиотических продуктов [151]. Другие штаммы проявили избирательный ферментативный потенциал, что может быть обусловлено генетическими особенностями и экологической адаптацией к среде козьего молока. Результаты, полученного в ходе идентификации микроорганизма с использованием тест-системы API 50 CHL, представлен на рисунке 19**.**

Результаты API-тестирования подтверждают идентификацию штаммов на уровне вида и штамма и предоставляют информацию о функциональных возможностях культур, что важно для их дальнейшего использования в производстве диетических и функциональных кисломолочных продуктов.

По данным MALDI-TOF MS, Gch 5.2.1 демонстрирует высокую степень идентификации с *Lactobacillus plantarum* (score: 2,17–2,28), что подтверждает надёжность определения. API 50 CHL показал принадлежность к *Lactobacillus pentosus* с вероятностью 72,7–86,1%, указывая на близость этих видов. Секвенирование 16S рРНК выявило 76% идентичности с *L. paracasei*, что подтверждает его принадлежность к комплексу *L. plantarum–L. pentosus–L. paracasei*.

Несмотря на небольшие расхождения между методами, штамм Gch 5.2.1 стабильно определяется как представитель вышеуказанного комплекса. Его надёжная идентификация в сочетании с высокой метаболической активностью делает его перспективным пробиотиком для молочной промышленности.

Штамм Cch 5.2.3 - MALDI-TOF MS дал ненадёжные результаты (score < 2,0), но в некоторых случаях штамм определялся как *Lactobacillus gallinarum* (макс. score: 1,803). API 50 CHL показал идентификацию как *L. plantarum* (88,3%) и *L.paracasei* (79,9%). Идентификация Cch 5.2.3 остаётся неоднозначной, но предполагает его принадлежность к роду *Lactobacillus*. Вариативность результатов может быть связана с филогенетической близостью видов или ограничениями применяемых методов.

Штамм Cch 5.3.6 по MALDI-TOF MS штамм определялся как *L. gallinarum* (score до 1,919) (таблица 24). API 50 CHL показал высокую степень идентификации с *L. plantarum* (94,2%) и *L. paracasei* (98%). Как и в случае с Cch 5.2.3, наблюдается рассогласование результатов. Возможно присутствие

промежуточного или близкородственного вида. Необходимы дополнительные исследования методом секвенирования 16S рРНК или полногеномного анализа.

KAN EI 4, вероятно, представляет собой ранее неописанный или нетипичный штамм рода *Lactobacillus*, недостаточно охваченный существующими базами данных. Его идентификация остаётся неопределённой. Несмотря на низкий прикладной потенциал, он представляет интерес для дальнейших генетических и таксономических исследований. По MALDI-TOF MS наивысшие значения получены для *L. ultunensis* (до 2,117), а также *L. helveticus* и *L. acidophilus*. API 50 CHL показал идентификацию как *L. curvatus* (66,1%) и *Leuconostoc lactis* (98,1%), что может указывать на смешанную микробную популяцию**.** Секвенирование 16S рРНК дало 77% сходства с *Lactobacillus sp.* S18anm, не позволяя установить точную видовую принадлежность.

Таблица 24 - Результаты классификации с помощью биотипера Bruker Daltonik MALDI

Штаммы	**Организм (лучшее совпадение)**	**Score Value**	**Организм (второе лучшее совпадение)**	**Показатель Величина**
Gch Gch 5.2.1	*Lactobacillus plantarum*	2,206	*Lactobacillus plantarum*	2,103
Gch 5.2.1	*Lactobacillus plantarum*	2,264	*Lactobacillus plantarum*	2,183
Gch 5.2.1	*Lactobacillus plantarum*	2,179	*Lactobacillus plantarum*	2,13
Gch 5.2.1	*Lactobacillus plantarum*	2,282	*Lactobacillus plantarum*	2,172
Cch Cch 5.2.3	*not reliable identification*	1,679	not reliable identification	1,648
Cch 5.2.3	*Lactobacillus gallinarum*	1,78	not reliable identification	1,692
Cch 5.2.3	*Lactobacillus gallinarum*	1,803	not reliable identification	1,692
Cch 5.2.3	*Lactobacillus gallinarum*	1,742	not reliable identification	1,687
Cch Cch 5.3.6	*Lactobacillus gallinarum*	1,867	not reliable identification	1,674
Cch 5.3.6	*Lactobacillus gallinarum*	1,919	*Lactobacillus ultunensis*	1,87
Cch 5.3.6	*Lactobacillus gallinarum*	1,899	*Lactobacillus amylovorus*	1,764
Cch 5.3.6	*Lactobacillus gallinarum*	1,896	*Lactobacillus ultunensis*	1,843
Cch Cch 5.3.7	*Lactobacillus amylovorus*	1,849	*Lactobacillus helveticus*	1,801
Cch 5.3.7	*Lactobacillus ultunensis*	1,866	*Lactobacillus gallinarum*	1,85
Cch 5.3.7	*Lactobacillus ultunensis*	1,867	*Lactobacillus ultunensis*	1,836
Cch 5.3.7	*Lactobacillus ultunensis*	1,987	*Lactobacillus acidophilus*	1,862
KAN EI 4	*Lactobacillus ultunensis*	1,887	*Lactobacillus acidophilus*	1,881
KAN EI 4	*Lactobacillus helveticus*	1,957	*Lactobacillus ultunensis*	1,953
KAN EI 4	*Lactobacillus helveticus*	1,891	*Lactobacillus ultunensis*	1,871
KAN EI 4	*Lactobacillus ultunensis*	2,117	*Lactobacillus acidophilus*	1,99

Нуклеотидные последовательности отобранных штаммов полученные методом секвенирования 16S рРНК:

>10_5-2-1_EF71346868
AGCTATACGTTGATGATCGGTGCTTGCACCGAGATTCAACATGGAACGAGTGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAAC
CTGCCCTTAAGTGGGGGATAACATTTGGAAACAGATGCTAATACCGCATAGATCCAAGAACCGCATGGTTCTTGGCTGAA
AGATGGCGTAAGCTATCGCTTTTGGATGGACCCGCGGCGTATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCGATGA
TACGTAGCCGAACTGAGAGGTTGATCGGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGG
AATCTTCCACAATGGACGCAAGTCTGATGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAACTCTGTTGT
TGGAGAAGAATGGTCGGCAGAGTAACTGTTGCCGGCGTGACGGTATCCAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGC
AGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGATTTATTGGGCGTAAAGCGAGCGCAGGCGGTTTTTTAAGTCTGA
TGTGAAAGCCCTCGGCTTAACCGAGGAAGCGCATCGGAAACTGGGAAACTTGAGTGCAGAAGAGGACAGTGGAACTCCAT
GTGTAGCGGTGAAATGCGTAGATATATGGAAGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTGTCTGGTCTGTAACTGACGCTGAGGC
TCGAAAGCATGGGTAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCATGCCGTAAACGATGAATGCTAGGTGTTGGAGGGTT
TCCGCCCTTCAGTGCCGCAGCTAACGCATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGACCGCAAGGTTGAAACTCAAAGGAATT
GACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCTTT
TGATCACCTGAGAGATCAGGTTTCCCCTTCGGGGGCAAAATGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCGTGAG
ATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCTTATGACTAGTTGCCAGCATTTAGTTGGGCACTCTAGTAAGACTGCC
GGTGACAACCGGAGGAAGGTGGGGATGACGTCAATCATC
>11_5-2-3_EF71346869
AACCGAGATTCAACATGGAACGAGTGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCCTTAAGTGGGGGATAACATTT
GGAAACAGATGCTAATACCGCATAGATCCAAGAACCGCATGGTTCTTGGCTGAAAGATGGCGTAAGCTATCGCTTTTGGA
TGGACCCGCGGCGTATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCGATGATACGTAGCCGAACTGAGAGGTTGATC
GGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCACAATGGACGCAAGTCTG
ATGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAACTCTGTTGTTGGAGAAGAATGGTCGGCAGAGTAAC
TGTTGCCGGCGTGACGGTATCCAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAG
CGTTATCCGGATTTATTGGGCGTAAAGCGAGCGCAGGCGGTTTTTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCTCGGCTTAACCGAGG
AAGCGCATCGGAAACTGGGAAACTTGAGTGCAGAAGAGGACAGTGGAACTCCATGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGATATA
TGGAAGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTGTCTGGTCTGTAACTGACGCTGAGGCTCGAAAGCATGGGTAGCGAACAGGAT
TAGATACCCTGGTAGTCCATGCCGTAAACGATGAATGCTAGGTGTTGGAGGGTTTCCGCCCTTCAGTGCCGCAGCTAACG
CATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGACCGCAAGGTTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAG
CATGTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCTTTTGATCACCTGAGAGATCAGGTTTCCC
CTTCGGGGGCAAAATGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCGTG
>2_5-3-6_EF71346862
AGCTGTAAGTGACAAGTCGAACGAACTCTGGTATTGATTGGTGCTTGCATCATGATTTACATTTGAGTGAGTGGCGAACT
GGTGAGTAACACGTGGGAAACCTGCCCAGAAGCGGGGGATAACACCTGGAAACAGATGCTAATACCGCATAACAACTTGG
ACCGCATGGTCCGAGTTTGAAAGATGGCTTCGGCTATCACTTTTGGATGGTCCCGCGGCGTATTAGCTAGATGGTGGGGT
AACGGCTCACCATGGCAATGATACGTAGCCGACCTGAGAGGGTAATCGGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACTC
CTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCACAATGGACGAAAGTCTGATGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGGGTTT
CGGCTCGTAAAACTCTGTTGTTAAAGAAGAACATATCTGAGAGTAACTGTTCAGGTATTGACGGTATTTAACCAGAAAGC
CACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTGTCCGGATTTATTGGGCGTAAAGCGAGCG
CAGGCGGTTTTTTAAGTCTGATGTGAAAGCCTTCGGCTCAACCGAAGAAGTGCATCGGAAACTGGGAAACTTGAGTGCAG
AAGAGGACAGTGGAACTCCATGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGATATATGGAAGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTGTCTG
GTCTGTAACTGACGCTGAGGCTCGAAAGTATGGGTAGCAGACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCATACCGTAAACGATG
AATGCTAAGTGTTGGAGGGTTTCCGCCCTTCAGTGCTGCAGCTAACGCATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGGCCGCA
AGGCTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTCGAAGCTACGCGAAGAACC
TTACCAGGTCTTGACATACTATGCAAATCTAAGAGATTAGACGTTCCCTTCGGGGACATGGATACAGGTGGTGCATGGTT
GTCGTCAGCTCGTGTCGTGAGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCTTATTATCAGTTGCCAGCATTAAGTT
GGGCACT
>3_5-3-7_EF71346863
TGTTAAGTGCAAGTCGAACGAGTTCTCGTTGATGATCGGTGCTTGCACCGAGATTCAACATGGAACGAGTGGCGGACGGG
TGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCCTTAAGTGGGGGATAACATTTGGAAACAGATGCTAATACCGCATAGATCCAAGAAC
CGCATGGTTCTTGGCTGAAAGATGGCGTAAGCTATCGCTTTTGGATGGACCCGCGGCGTATTAGCTAGTTGGTGAGGTAA
TGGCTCACCAAGGCGATGATACGTAGCCGAACTGAGAGGTTGATCGGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACTCCT
ACGGGAGGCAGCAGTAGGGAATCTTCCACAATGGACGCAAGTCTGATGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGGCTTTCG
GGTCGTAAAACTCTGTTGTTGGAGAAGAATGGTCGGCAGAGTAACTGTTGTCGGCGTGACGGTATCCAACCAGAAAGCCA
CGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGATTTATTGGGCGTAAAGCGAGCGCA
GGCGGTTTTTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCTCGGCTTAACCGAGGAAGCGCATCGGAAACTGGGAAACTTGAGTGCAGAA
GAGGACAGTGGAACTCCATGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGATATATGGAAGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTGTCTGGT
CTGTAACTGACGCTGAGGCTCGAAAGCATGGGTAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCATGCCGTAAACGATGAA
TGCTAGGTGTTGGAGGGTTTCCGCCCTTCAGTGCCGCAGCTAACGCATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGACCGCAAG
GTTGAAACTCAAAGGAATTGACGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTT
ACCAGGTCTTGACATCTTTTGATCACCTGAGAGATCAGGTTTCCCCTTCGGGGGCAAATGACAGGTGGTGCATGGTTGTC
GTCAGCTCGTGTCGTGAGATGTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCTTATGACTAGTTGCCAGCATTTAGTTGGG
>5_KAN_EI_4_EF71346864
ATACGCTGTGATGATCGGTGCTTGCACCGAGATTCAACATGGAACGAGTGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCT
GCCCTTAAGTGGGGGATAACATTTGGAAACAGATGCTAATACCGCATAGATCCAAGAACCGCATGGTTCTTGGCTGAAAG
ATGGCGTAAGCTATCGCTTTTGGATGGACCCGCGGCGTATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCGATGATA
CGTAGCCGAACTGAGAGGTTGATCGGCCACATTGGGACTGAGACACGGCCCAAACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGGGAA
TCTTCCACAATGGACGCAAGTCTGATGGAGCAACGCCGCGTGAGTGAAGAAGGCTTTCGGGTCGTAAAACTCTGTTGTTG
GAGAAGAATGGTCGGCAGAGTAACTGTTGTCGGCGTGACGGTATCCAACCAGAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAG
CCGCGGTAATACGTAGGTGGCAAGCGTTATCCGGATTTATTGGGCGTAAAGCGAGCGCAGGCGGTTTTTTAAGTCTGATG
TGAAAGCCCTCGGCTTAACCGAGGAAGCGCATCGGAAACTGGGAAACTTGAGTGCAGAAGAGGACAGTGGAACTCCATGT
GTAGCGGTGAAATGCGTAGATATATGGAAGAACACCAGTGGCGAAGGCGGCTGTCTGGTCTGTAACTGACGCTGAGGCTC
GAAAGCATGGGTAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCATGCCGTAAACGATGAATGCTAGGTGTTGGAGGGTTTC
CGCCCTTCAGTGCCGCAGCTAACGCATTAAGCATTCCGCCTGGGGAGTACGACCGCAAGGTTGAAACTCAAAGGAATTGA
CGGGGGCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTCGAAGCAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCTTTTG
ATCACCTGAGAGATCAGGTTTCCCCTTCGGGGGCAAAATGACAGGTGGTGCATGGTTGTCGTCAGCTCGTGTCGGGAGAT
GTTGGGTTAAGTCCCGCAACGAGCGCAACCCTTATGACTAGTTGCCAGCATTTAGTTGGGCACTCTAGTAAGACTGCCGG
TGACAAACCGGAGGAA

Филогенетическое положение изучаемых штаммов было определено на основе анализа гена 16S рРНК. Построенные деревья (рисунки 20–24) демонстрируют степень родства между изолятами и близкородственными таксонами.

Филогенетический анализ на основе гена 16S рРНК показал, что штамм *Lacticaseibacillus paracasei Cch 5.2.3* кластеризуется в составе вида L. paracasei, образуя отдельную ветвь совместно с штаммом ML21 (bootstrap 67%), тогда как референс-штаммы формируют высоко поддержанный кластер (bootstrap 93–95%). Эти данные указывают на принадлежность Cch 5.2.3 к виду L. paracasei и возможную внутривидовую дивергенцию, что может отражать его уникальные генетические особенности. Для уточнения филогенетического положения планируется проведение мультилокусного анализа последовательностей (MLSA) и расчёта показателей ANI/dDDH. Bootstrap-поддержка указана в процентах (1000 реплик).

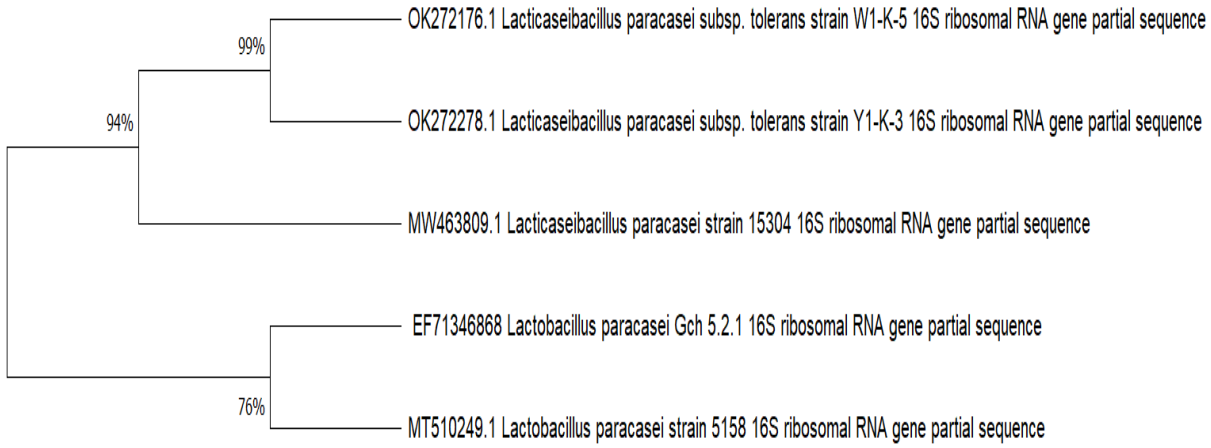


Рисунок 20 – Филогенетическое дерево штамма Gch 5.2.1 на основе частичных последовательностей гена 16S рРНК, построенное с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).

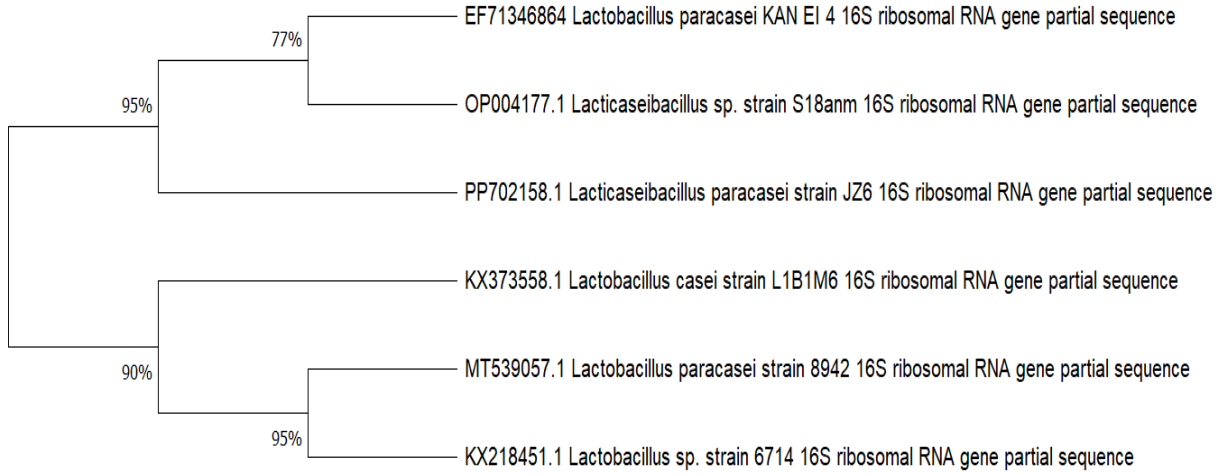


Рисунок 21 – Филогенетическое дерево штамма KAN EI 4 на основе частичных последовательностей гена 16S рРНК, построенное с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).

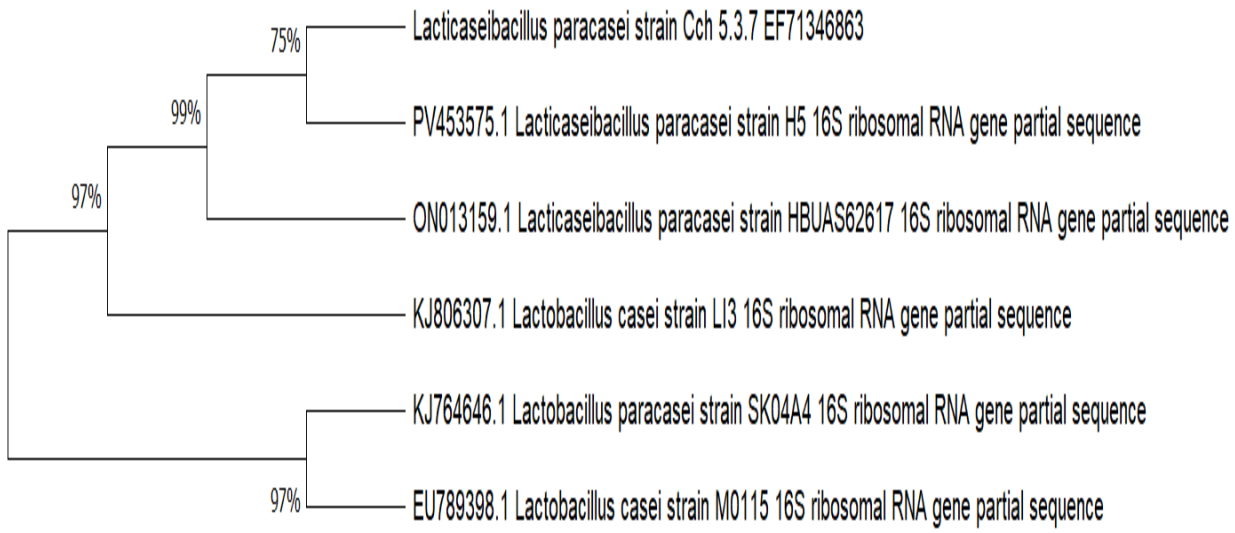


Рисунок 22 – Филогенетическое дерево штамма Cch 5.3.7 на основе частичных последовательностей гена 16S рРНК, построенное с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).



Рисунок 23 – Филогенетическое дерево штамма Cch 5.3.6 на основе частичных последовательностей гена 16S рРНК, построенное с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).

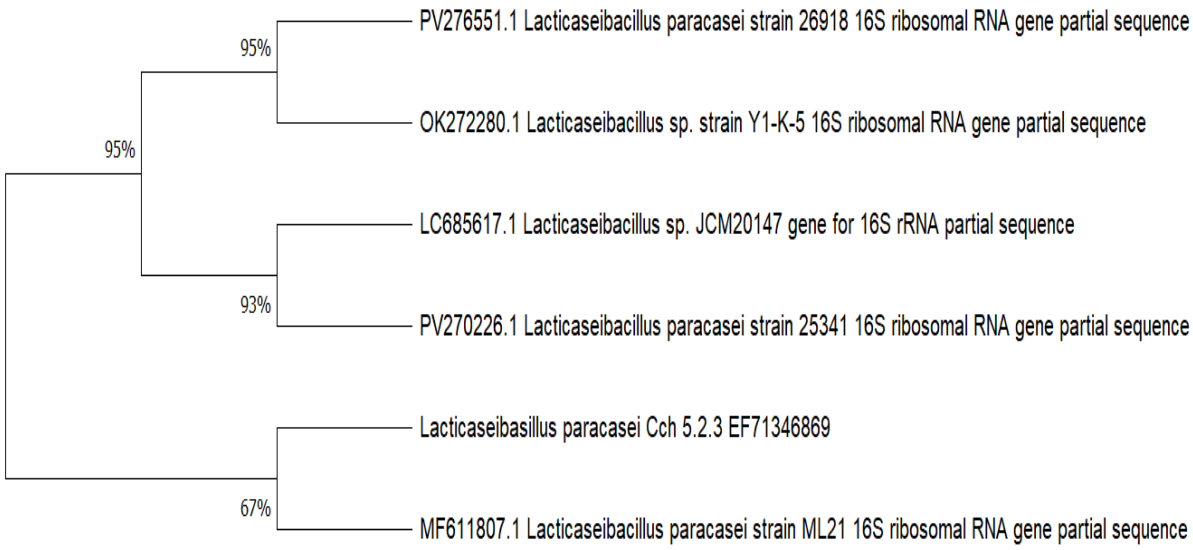


Рисунок 24 – Филогенетическое дерево штамма Cch 5.2.3 на основе частичных последовательностей гена 16S рРНК, построенное с использованием метода соседних связей (Neighbor-Joining).

Таблица 25 – Результаты идентификации с использованием MALDI-TOF/MS, биохимического теста API 50CHL и 16S rRNA секвенирования

№	Штаммы	API 50 CHL	MALDI TOF	16sRNA секвенирование
1	Gch 5.2.1	*Lb,pentosus 72,7%* *Lb,pentosus 86,1%*	*Lactobacillus plantarum*	*Lacticaseibacillus paracasei*
2	Cch 5.2.3	*Lb,plantarum 88,3%* *Lb,paracasei 79,9%*	*Lactobacillus gallinarum*	*Lacticaseibacillus paracasei*
3	Cch 5.3.6	*Lb,plantarum 94,2%* *Lb,paracasei 98%*	*Lactobacillus gallinarum*	*Lactiplantibacillus plantarum*
4	Cch 5.3.7	*Lb,plantarum 99,7%* *Lb,brevis 55,3%*	*Lactobacillus amylovorus* *Lactobacillus ultunensis*	*Lacticaseibacillus paracasei*
5	KAN EI 4	*Lb,curvatus 66,1%* *Leuconostoc lactis 98,1%*	*Lactobacillus acidophilus* *Lactobacillus ultunensis*	*Lacticaseibacillus paracasei*

MALDI-TOF/MS и API 50 CHL дают разнообразные идентификации с частичным перекрытием, часто различаются по родам и видам *Lactobacillus.* 16S секвенирование даёт более точную и однозначную идентификацию, консолидируя штаммы в *Lacticaseibacillus paracasei* и *Lactiplantibacillus plantarum,* что соответствует наиболее вероятным и современным классификациям.

Таким образом, 16S секвенирование является более точным методом идентификации по сравнению с MALDI-TOF и API 50 CHL.

3.3 Получение творога на основе коровьего и козьего молока по традиционной технологии

Для производства творога из коровьего и козьего молока особое внимание уделяется: сохранению органолептических свойств и биохимической активности; предотвращению развития патогенных микроорганизмов; обеспечению стабильности физико-химического состава, что особенно важно для получения продукта с желаемыми технологическими и вкусовыми характеристиками [152-154].

Приемка молока включает в себя несколько важных этапов. Во-первых, проводится органолептическая оценка, которая охватывает анализ запаха, вкуса, цвета и внешнего вида молока. Молоко при этом должно быть без посторонних запахов и примесей, иметь естественный цвет и однородную консистенцию. Во-вторых, проверяются физико-химические показатели, такие как плотность, титруемая кислотность, содержание жира и белка. Эти параметры служат индикаторами свежести и питательной ценности молока. В-третьих, оцениваются микробиологические показатели, включая подсчет общего числа микробов, выявление патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, что отражает санитарное состояние молока и здоровье животных. Наконец, проводится определение наличия антибиотиков и других химических веществ с помощью специальных тест-систем, что необходимо для исключения попадания в молоко запрещённых веществ и обеспечения безопасности конечного продукта.

Приемка молока осуществляется при температуре не выше +10 °C, а для козьего молока - желательно при более низкой температуре, учитывая его склонность к быстрому изменению качества.

Сразу после доения молоко необходимо быстро охладить до температуры +4...+6 °C, что значительно замедляет рост микрофлоры и сохраняет свежесть и качество сырья. Охлаждение особенно важно для козьего молока, так как оно содержит высокоактивные ферменты и более подвержено микробиологическим изменениям.

Для охлаждения применяются специальные молочные охладители (танки), обеспечивающие равномерное снижение температуры. Молоко в емкости постоянно перемешивается, что предотвращает оседание жира и образование сливочного слоя [155-159].

Промежуточное хранение молока осуществляется в стерильных охладительных резервуарах при температуре +4...+6 °C не более 24 часов, что соответствует нормативам по санитарии и качеству. В течение этого времени необходимо контролировать температуру и предотвращать контакт молока с посторонними веществами и микроорганизмами.

Подогрев молока до температуры 65 °C способствует денатурации белков и уничтожению патогенных микроорганизмов, что повышает безопасность и качество конечного продукта. Этот этап особенно важен при производстве творога из козьего молока, учитывая его особенности. После подогрева молоко необходимо быстро охладить до температуры 4–20 °C, что замедляет

активность молочнокислых бактерий и предотвращает излишнюю кислотность. Охлаждение также способствует улучшению текстуры и вкуса творога [160].

Самоквашивание молока при температуре 20–28°C в течение 24 часов позволяет развить желаемую кислотность и улучшить текстуру будущего творога. Этот процесс способствует образованию сгустка и улучшению органолептических свойств продукта. Подогрев сгустка до температуры 40–45°C в течение 30–60 минут способствует улучшению отделения сыворотки и формированию нужной консистенции творога. Этот этап важен для достижения желаемой текстуры и влажности конечного продукта.

Розлив сгустка в мешочки позволяет отделить сыворотку и формировать творог в нужной упаковке. Этот этап способствует улучшению текстуры и консистенции творога.

Отцеживание сгустка в течение 4–8 часов способствует удалению лишней сыворотки и формированию нужной консистенции творога. Этот процесс влияет на влажность и текстуру конечного продукта.

Самопрессование творога способствует улучшению его текстуры и консистенции. Этот этап позволяет достичь желаемой плотности и влажности продукта. Расфасовка и упаковка творога осуществляются в стерильных условиях с использованием соответствующих материалов, что обеспечивает сохранность продукта и его соответствие санитарным требованиям [161-165].

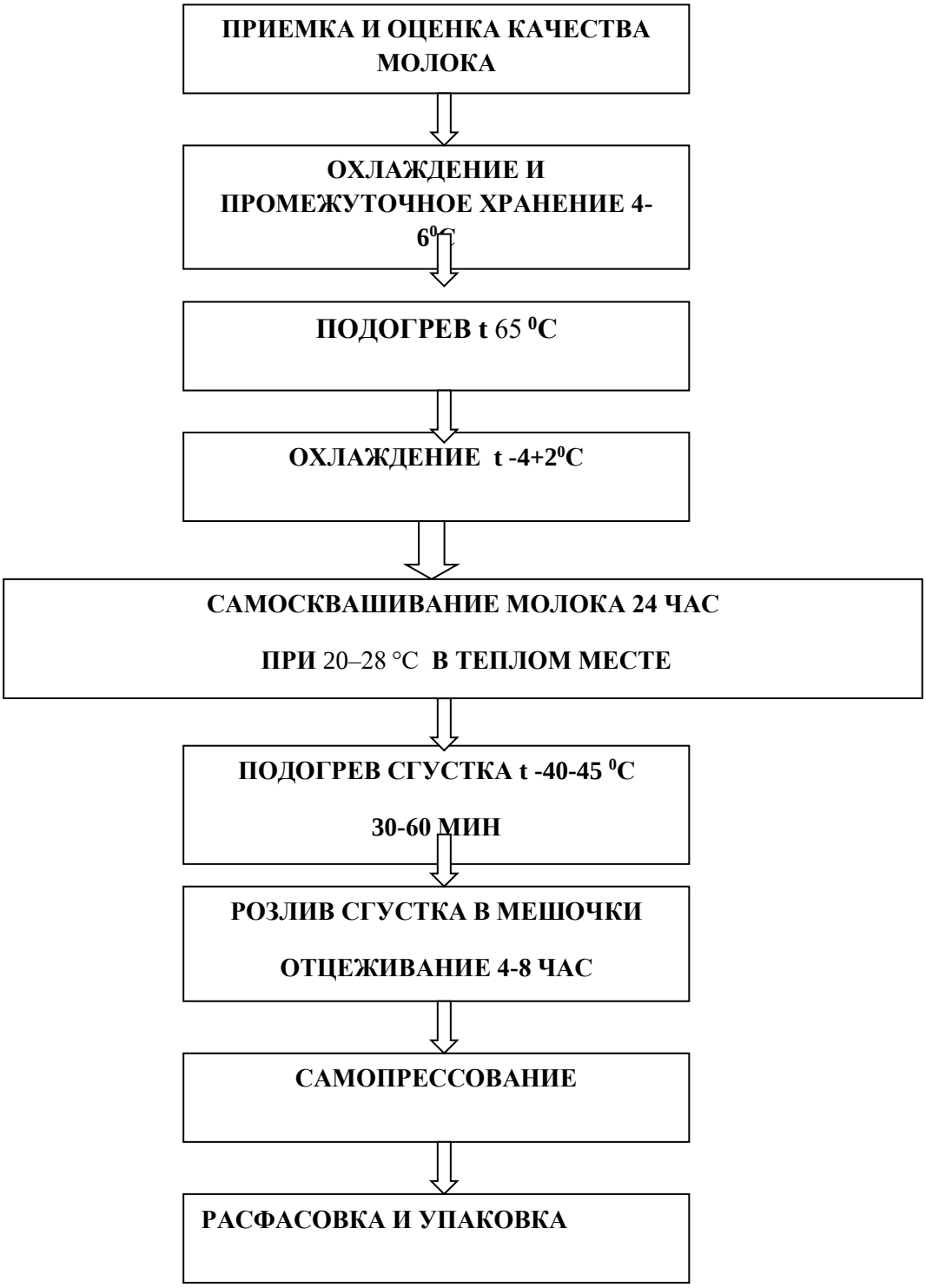


Рисунок 25 - Технологическая схема выработки творога обычным способом

3.4 Изучение органолептических и физико-химических свойств и сравнительная оценка традиционных творогов на основе коровьего и козьего молока

Органолептические характеристики образцов творога, полученных традиционным способом из коровьего и козьего молока представлены в таблице 26. Оценка проводилась по следующим параметрам: консистенция и внешний вид, вкус и запах, цвет.

Таблица 26 - Результаты определения органолептических показателей исследуемых проб творога

Исследуемые пробы творога	**Наименование показателей и характеристика**		
	Консистенция и внешний вид	**Вкус и запах**	**Цвет**
Творог, полученный традиционным способом на основе коровьего молока	Однородная, нежная, среднезернистая,	Чистый е выраженный кисломолочный запах и вкус, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.
Творог, полученный традиционным способом на основе козьего молока	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый е выраженный кисломолочный запах и вкус характерендля козьего молока, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.

Физико-химические исследования разработанных образцов творога проводились в условиях аккредитованной лаборатории Научно-исследовательского института пищевой безопасности АО «АТУ». Оценка физико-химических и органолептических характеристик творога позволяет объективно определить его питательную ценность и возможное применение в диетическом и функциональном питании. В таблицах 27 и 28 представлены результаты анализа творожных образцов, изготовленных на основе коровьего (табл. 27) и козьего молока (табл. 28) (Приложение А и Б).

Массовая доля белка в козьем твороге составляет 21,07 %, в коровьем - 27,44 %. Аналогично, при содержании жира в 9,86% (против 13,07% в коровьем твороге), жировые глобулы козьего молока мельче, а жир легче усваивается, что особенно важно для детей, пожилых людей и людей с нарушениями ЖКТ.

Калорийность козьего творога ниже - 164,81 ккал, по сравнению с 211,64 ккал у коровьего, что делает его более подходящим для диетического и функционального питания.

Содержание углеводов у козьего творога немного выше - 2,84% против 2,32%, что не оказывает существенного влияния на его пищевую ценность.

Микронутриентный состав исследовался только для козьего творога.

Анализ содержания витаминов и минеральных элементов проводился для творога на основе козьего молока. Он показал следующие результаты по содержанию минералов: калий составил 643,08 мг на 100 граммов продукта, кальций - 615,18 мг на 100 граммов, а фосфор - 374,69 мг на 100 граммов. Эти значения свидетельствуют о высокой минерализации продукта, что играет важную роль в поддержании здоровья костной системы. Кроме того, такой уровень минералов способствует профилактике остеопороза и обеспечивает нормальное функционирование сердечно-сосудистой и нервной систем.

Таблица 27 - Физико-химические свойства творога на основе коровьего молока

Наименование показателей, единицы измерения	**Фактические результаты**	**НД на методы испытаний**
1	**2**	**3**
Физико-химические показатели:		
- массовая доля белка, %	27,44	ГОСТ 34454-2018
- массовая доля жира, %	13,07	ГОСТ 5867-90
-массовая доля углеводов, %	2,32	Перманганатометрический метод
Энергетическая ценность, ккал	211,64	М-04-41-2005

Таблица 28 - Физико-химические свойства творога на основе козьего молока

Наименование показателей, единицы измерения	**Фактические результаты**	**НД на методы испытаний**
1	**2**	**3**
Физико-химические показатели:		
- массовая доля белка, %	21,07	ГОСТ 34454-2018
- массовая доля жира, %	9.86	ГОСТ 5867-90
-массовая доля углеводов, %	2,84	Перманганатометрический метод
Энергетическая ценность, ккал	164,81	
Витамин: - водорастворимые, мг/100 г	Приложение №1	М-04-41-2005
Минеральные элементы, мг/100 г:		
-калий	643,08±4,32 615,18±3,38	ГОСТ ISO 8070/IDF119-2014
-кальций	374,69±2,25	ГОСТ ISO 8070/IDF119-2014
-фосфор		ГОСТ Р 51473-99

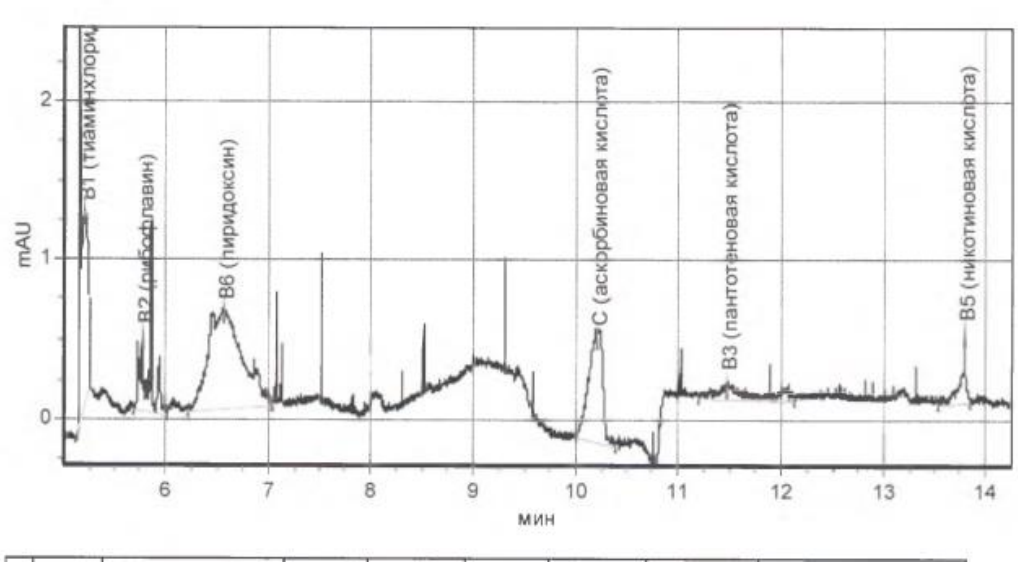


Рисунок 26 - Анализ содержания водорастворимых витаминов в творога на основе козьего молока (Конц.,мг/100г)

Анализ содержания водорастворимых витаминов в образце творога (рисунок 26) был выполнен методом капиллярного электрофореза с использованием абсолютной градуировки. Условия анализа включали температуру 30,0 °C и длину волны 200 нм. Электрофорез проводился при напряжении 25 кВ и давлении от 0 до 50 мбар.

Таблица 29 - Результаты анализа содержания водорастворимых витаминов в образце творога методом капиллярного электрофореза

N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц.,мг/л	Конц.,мг/100г
1	5.217	B1 (тиаминхлорид)	1.243	5.147	5.273	70.03	0.027	0.27±0.054
2	5.775	B2 (рибофлавин)	0.493	5.687	6.012	39.4	0.012	0.12±0.050
3	6.562	B6 (пиридоксин)	0.643	6.215	7.048	146.3	0.033	0.33±0.066
4	10.198	C (аскорбиновая кислота)	0.680	9.998	10.392	69.04	0.13	1.30±0.44
5	11.47	B3 (пантотеновая кислота)	0.103	11.195	12.130	25.49	0.019	5 0.19±0.038
6	13.795	B5 (никотиновая кислота)	0.464	13.538	13.847	15.76	0.0031	0.031±0.006

Анализ подтвердил, что в образце творога содержится широкий спектр водорастворимых витаминов, включая витамины группы В и витамин С. Особенно важно отметить:

- Высокое содержание витамина С (1.30 мг/100 г), что нетипично для молочных продуктов и может быть связано с особенностями технологии.
- Витамины В1, В2, В6 и пантотеновая кислота также присутствуют в биологически значимых количествах, обеспечивая функциональную ценность продукта.
- Низкое, но детектируемое количество никотиновой кислоты (В5), что подтверждает её наличие даже в небольших количествах.

Таким образом, данный творожный продукт может рассматриваться не только как источник белка и минералов, но и как поставщик важных витаминов, что делает его перспективным для диетического и профилактического питания [166].

3.5 Разработка различных заквасок на основе пробиотических штаммов МКБ для рационального использования в производстве творога из козьего молока

С учётом биосовместимости компонентов и адаптированности к продуктам козьего происхождения, нами были отобраны и изучены штаммы молочнокислых бактерий, выделенные из образцов козьего молока и козьего творога. Среди них наиболее перспективными оказались:

Gch 5.2.1 - штамм, выделенный из козьего творога. По данным 16S рРНК - близок к *Lactobacillus paracasei* (76% идентичности). Относится к комплексу *L. plantarum–L. pentosus–L. paracasei*, обладает высокой метаболической гибкостью и выраженными пробиотическими свойствами.

KAN EI 4 - штамм, выделенный из козьего молока. Обладает менее определённой таксономической принадлежностью. По результатам 16S рРНК - 77% сходства с *Lactobacillus sp. S18anm*, что может свидетельствовать о его принадлежности к ранее неописанным видам рода *Lactobacillus*.

Для получения вязкопластичного, функционального творога были сформированы три консорциума заквасочных культур, включающие как собственные, так и коммерческие штаммы. Это позволило сочетать адаптационные свойства местных бактерий с технологическими преимуществами стандартных заквасок.

Ниже приведена полная характеристика коммерческих штаммов *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8M, Bifidobacterium crudilactis 7-2C, Bifidobacterium crudilactis 7-6C.*

Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8M - выделен из верблюжьего молока (ПРИЛОЖЕНИЕ Ж). Клетки грамположительные, неподвижные, крупные, расположены поодиночке или парами, имеют форму кокков с выпуклыми краями. На агаре образуют белые, гладкие, глянцевые колонии диаметром 3–4 мм, вязкой консистенции, не образующие пигмента. В жидкой питательной среде наблюдается кисломолочный запах, помутнение бульона и осадок белого цвета. На питательной среде МРС-1 также отмечается кисломолочный запах и

помутнение с образованием белого осадка. Штамм сбраживает целлобиозу, рибозу, ксилозу, фруктозу, галактозу, глюкозу, лактозу, мальтозу, маннозу, салицин, маннит. Сахарозу, сорбит и раффинозу не расщепляет. Образует молочную кислоту. Подвергает гидролизу аргинин. Минимальная температура роста - 10 °С, оптимальная - 28–32 °С. В молоке наблюдается рост при 15 °С, 40 °С, 45 °С. Может расти в молоке с добавлением 0,4% фенола, однако не переносит нагревание при 60 °С в течение 30 минут. Молоко свертывается через 7–8 часов, образуется однородная масса. Предельная кислотность - до 1020 Т.

Оптимальное значение pH - 5,5–5,8, но рост возможен в диапазоне pH 3,0–8,3. Продолжительность культивирования - 48 часов. Штамм факультативно анаэробен. Максимальная жизнеспособность составляет $2{,}9\times10^{8}$ КОЕ/мл. Сохраняет жизнеспособность (10^{4} КОЕ/мл) при воздействии кислоты и желчи. Растёт в среде с 6% NaCl, 8% фенола, 30% желчи. Метиленовый синий (0,1%) восстанавливает. Образует аммиак из аргинина, не продуцирует диацетил. Антагонистическая активность (по методу антагонизма, зона задержки роста, мм):

- Staphylococcus aureus - 21 мм
- E. coli - 25 мм
- Salmonella typhimurium - 20 мм

Bifidobacterium crudilactis 7-2C - выделен из верблюжьего молока. На агаре формирует округлые колонии белого цвета с гладкими краями, диаметром 1–2 мм, мягкой консистенции, выпуклой формы. В жидкой среде наблюдается свежий кисломолочный запах и помутнение с образованием белого осадка. Сбраживает галактозу, глюкозу, фруктозу, раффинозу, туранозу, мальтозу, лактозу, сахарозу, рибозу. Не расщепляет ксилозу, целлобиозу и маннозу. Оптимальная температура роста - 25-45 °С. pH оптимум - 7,0, возможен рост до pH 8,3. Время культивирования 48 часов. Микроаэрофильный. В молоке рост не наблюдается при 40-45 °С. Умеренный рост зафиксирован при добавлении 0,4% фенола. Не переносит нагревание при 60 °С в течение 30 минут. Среднее время сквашивания молока 8-12 часов. Предельная кислотность до 1250 Т. Максимальная жизнеспособность составляет $4{,}8\times10^{6}$ КОЕ/мл. Сохраняет жизнеспособность (10^{4} КОЕ/мл) при воздействии кислоты и желчи. Устойчив к 2–6% NaCl, сохраняет активность (10^{5} КОЕ/мл) в присутствии 20% желчи.

*Bifidobacterium crudilactis 7-6*C - внешне схож с предыдущим штаммом. В питательной среде - кисломолочный запах, выпадает белый осадок. Сбраживает ксилозу, галактозу, глюкозу, фруктозу, раффинозу, маннозу, туранозу, мальтозу, лактозу, сахарозу, целлобиозу. Образует молочную кислоту, гидролизует казеин. Оптимальная температура роста составляет 30-40 °С. Оптимум pH - 7,0, возможен рост до pH 8,3. Микроаэрофильный. В молоке при 45 °С рост не наблюдается. Умеренный рост при добавлении 0,4% фенола. Не переносит нагрев при 60 °С в течение 30 минут. Сквашивает молоко за 8–12 часов. Кислотность достигается до 130^{0} Т. Максимальная жизнеспособность - $2{,}6\times10^{8}$ КОЕ/мл. Сохраняет жизнеспособность при воздействии кислот и желчи

(10^4 КОЕ/мл). Устойчив к 2-6% NaCl, сохраняет активность (10^5 КОЕ/мл) при 20% желчи.

Для разработки вязкопластичного, функционального мягкого творога были сформированы три заквасочных консорциума, включающие как выделенные, так и коммерчески доступные пробиотические штаммы. Это позволило объединить адаптационные свойства местных изолятов с технологическими характеристиками стандартных культур.

При подборе консорциумов учитывались следующие факторы:

- Низкая кислотопродукция штаммов для получения мягкой структуры творога;
- Биосовместимость компонентов, подтверждённая отсутствием антагонизма в ко-культуре;

Комбинации пробиотических штаммов, использованные в консорциумах, представлены в Таблице 30. Эти сочетания являются перспективными для производства диетических кисломолочных продуктов на основе козьего молока.

- *Lactobacillus paracasei* Gch 5.2.1 + *Lactococcus lactis* 7-8M (1:3) - являются низкокислотопродуцирующими и биосовместимыми; консорциум подобран для получения мягкого творога диетического назначения
- *Lactobacillus paracasei* KAN EI 4 + *Bifidobacterium crudilactis* 7-2C (1:3) - отечественные низкокислотопродуцирующие и биосовместимые штаммы.
- *Lactococcus lactis* 7-8M + *Bifidobacterium crudilactis* 7-6C (1:1) - Биосовместимые штаммы с низкой кислотопродукцией; консорциум предназначен для производства мягких кисломолочных продуктов диетического назначения.

Визуальное представление образцов творога, полученных с использованием трёх консорциумов, приведено на Рисунке 27**.** Все консорциумы были разработаны с целью создания функционального продукта с улучшенными текстурными свойствами и потенциалом пробиотической активности.

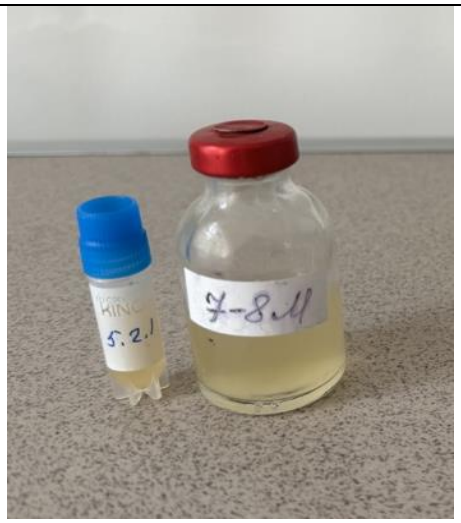
Полученные данные позволяют определить оптимальные комбинации пробиотических культур для производства функционального творога из козьего молока с заданными потребительскими свойствами.

.

Таблица 30 - Комбинации пробиотических штаммов в составе заквасочных консорциумов

Состав консорциума	Соотношение штаммов	Примечание
Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8M (1:3)	1:3	Штаммы являются низкокислотопродуцирующими и биосовместимыми; консорциум подобран для получения мягкого творога диетического назначения
Lacticasei bacillus subsp. paracasei KAN EI 4 + Bifidobacterium crudilactis 7-2 (1:3)	1:3	Отечественные низкокислотопродуцирующие и биосовместимые штаммы, характерные для микробиоты населения РК
Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C (1:1)	1:1	Биосовместимые штаммы с низкой кислотопродукцией; консорциум предназначен для производства мягких кисломолочных продуктов диетического назначения

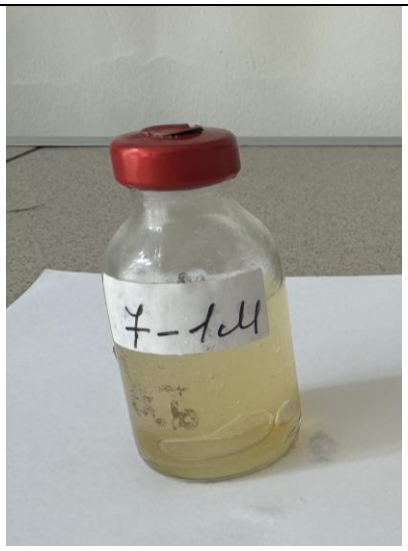
Примечание: Все штаммы, входящие в состав консорциумов, предварительно проверены на биосовместимость и не проявляют антагонизма в ко-культуре. Сочетания подобраны с учётом низкой кислотопродукции и адаптированности к микрофлоре населения Республики Казахстан, что делает их перспективными для получения мягких кисломолочных продуктов диетического назначения.



а)Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M



б)Lacticasei bacillus subsp. paracasei KAN EI 4 + Bifidobacterium crudilactis 7-2



+



в)Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C

Рисунок 27 - Три консорциума заквасочных культур сформированные для получения вязкопластичного, функционального творога (а,б,в)

При подборе консорциумов учитывались важные критерии: низкая кислотопродукция штаммов для формирования мягкой структуры творога, биосовместимость компонентов, подтверждённая отсутствием антагонизма в ко-культурах, а также адаптация к микробиоте населения Республики Казахстан. Все выбранные сочетания штаммов обладают высоким потенциалом для производства диетических кисломолочных продуктов с функциональными свойствами.

Проведённый анализ позволил определить оптимальные комбинации пробиотических культур, обеспечивающих требуемые потребительские характеристики и пробиотическую активность конечного продукта. Формирование консорциумов с участием штаммов Gch 5.2.1, KAN EI 4 и

коммерческих культур *Lactococcus lactis* и *Bifidobacterium crudilactis* подтверждает перспективность использования данных сочетаний в промышленном производстве мягкого творога диетического назначения.

Таким образом, разработанные заквасочные консорциумы обеспечивают получение функционального вязкопластичного творога, способного удовлетворить современные требования к качеству, пищевой безопасности и биологической ценности продуктов на основе козьего молока.

3.6 Оптимизация технологии производства пробиотического творога на основе козьего молока

За последние несколько десятилетий экономическое значение козоводства во всем мире возросло. Молочное козоводство в нашей Республике является небольшим сегментом молочного рынка. Козы обладают многими преимуществами, которые позволяют им поддерживать продуктивность в экстремальных климатических и географических условиях. Среди домашних жвачных животных козы обладают самой высокой способностью эффективно перерабатывать корм в мясо и молоко. Кроме того, продукты из козьего молока считаются молочными продуктами с наибольшим маркетинговым потенциалом. Важно отметить, что ферментированное козье молоко, содержащее живые клетки-пробиотики, представляет собой группу продуктов с большими перспективами в отношении их питательных и лечебных свойств [167-170].

Известно, что для производства кисломолочных продуктов функционального назначения имеет целесообразность применения заквасочных культур молочнокислых и бифидобактерий. В определённых условиях молочнокислые бактерии связывают кислород в растворенной среде, снижают окислительно-восстановительный потенциал и синтезируют факторы роста, за счет чего происходит активация роста и размножения бифидобактерий. Кроме того, активный рост молочнокислых бактерий повышает скорость молочнокислого брожения, что существенно снижает вероятность микробиологических рисков при производстве продуктов [171-175].

В этой связи перед нами была поставлена задача, разработать творог из козьего молока с функциональным свойством. Выше было указано, что козье молоко обладает высокой пищевой ценностью, хорошей усвояемостью, а также гипоаллергенными свойствами по сравнению с коровьим молоком. Его белковый состав приближен к женскому грудному молоку, а содержание β-казеина и более мелких жировых глобул обеспечивает мягкую текстуру и благоприятные органолептические характеристики конечного продукта [176-179].

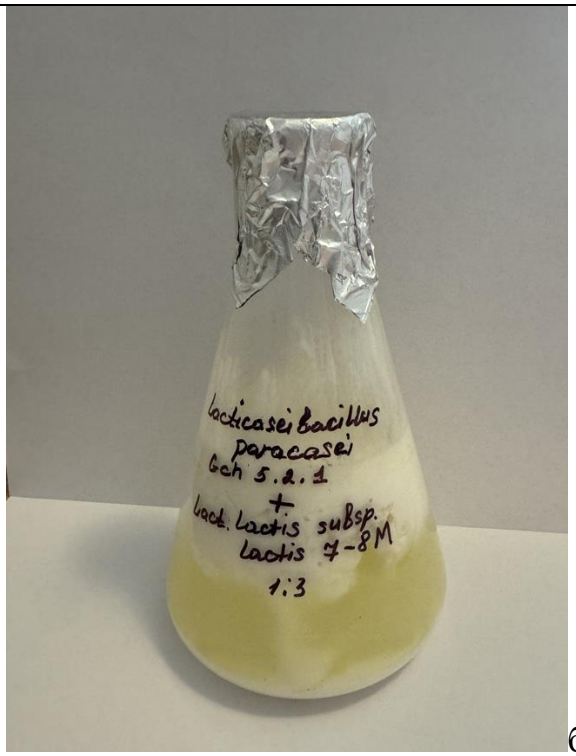
Процесс заквашивания козьего молока с использованием трёх различных композиционных заквасок, содержащих пробиотические штаммы молочнокислых бактерий, представлен на рисунке 28**.**

На основе полученных результатов был проведён анализ динамики кислотонакопления, изменения консистенции и времени образования сгустка, что позволило определить оптимальные параметры технологического процесса.

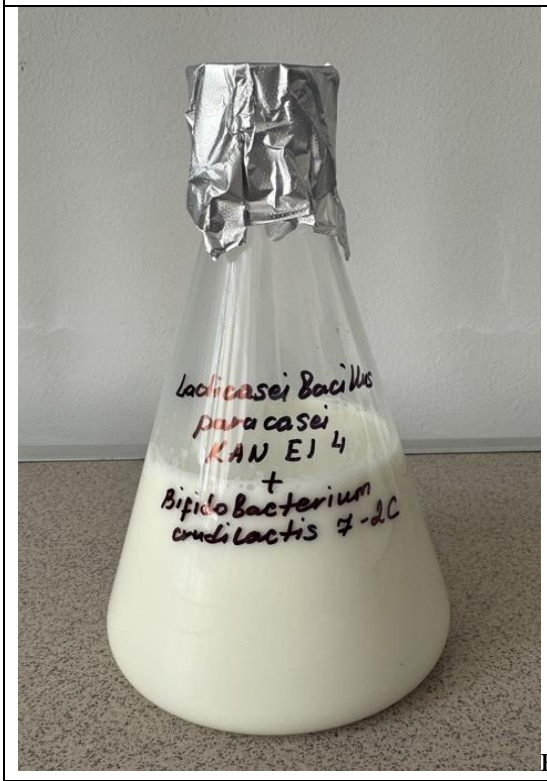
Наглядное изображение готового продукта представлено на рисунке 29**.** На рисунке показаны три образца творога из козьего молока, произведённые по усовершенствованной технологии с использованием трёх различных заквасочных композиций, а также творог, полученный традиционным способом (обозначены как а, б, в, г соответственно).



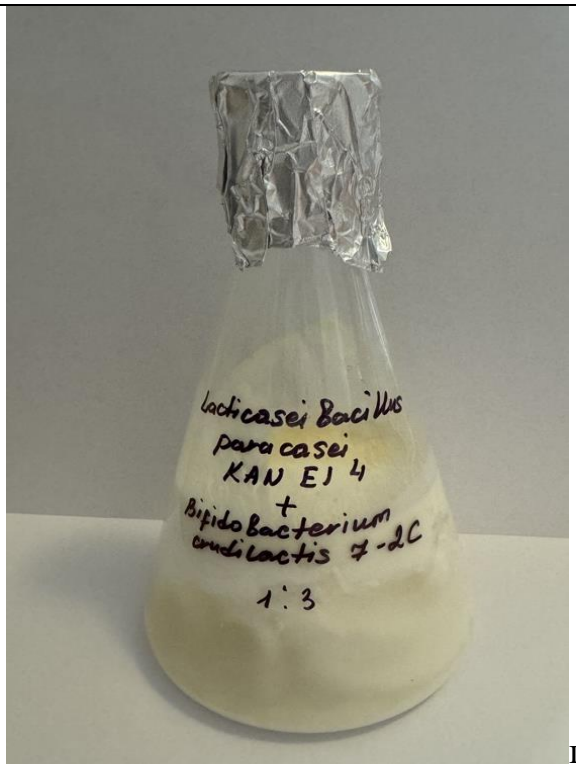
а



б



в



г



Рисунок 28 - Процесс заквашивания козьего молока закваскими 3 композиции (а,б,в,г,д,ж,з,е)

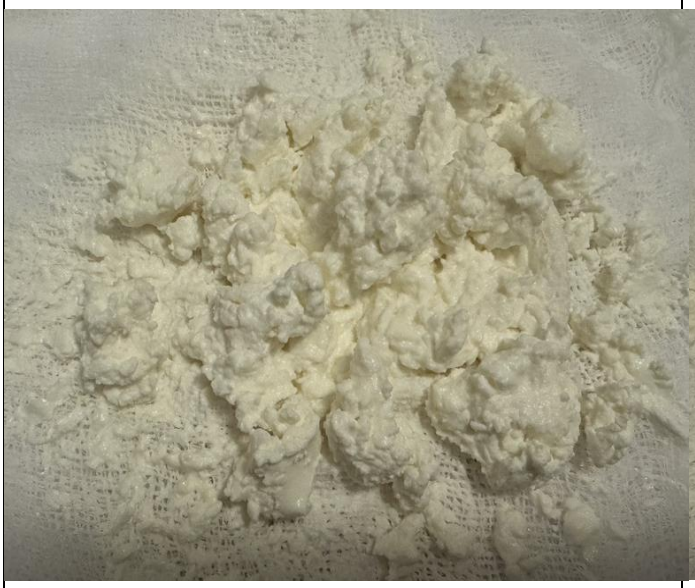
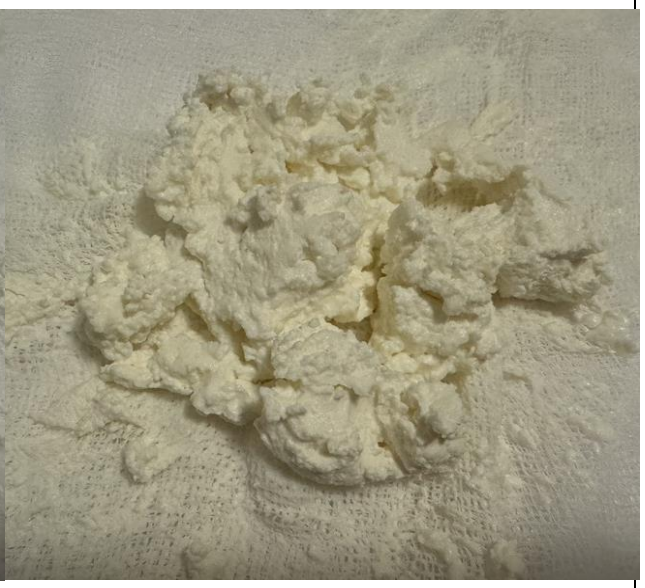
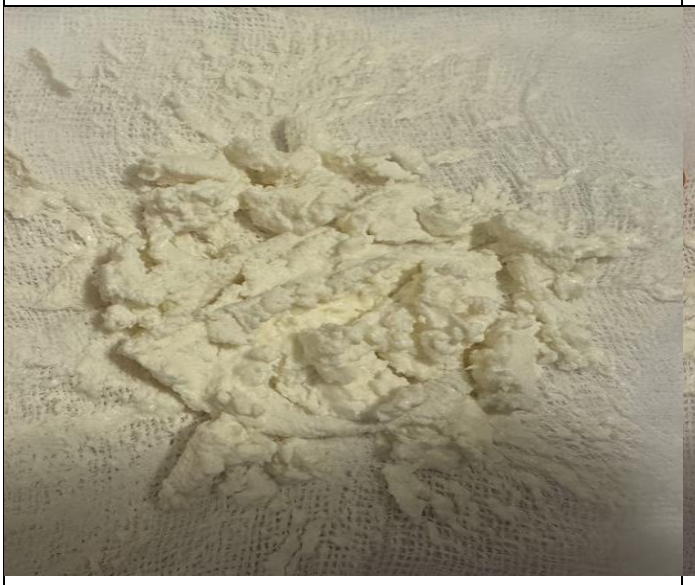
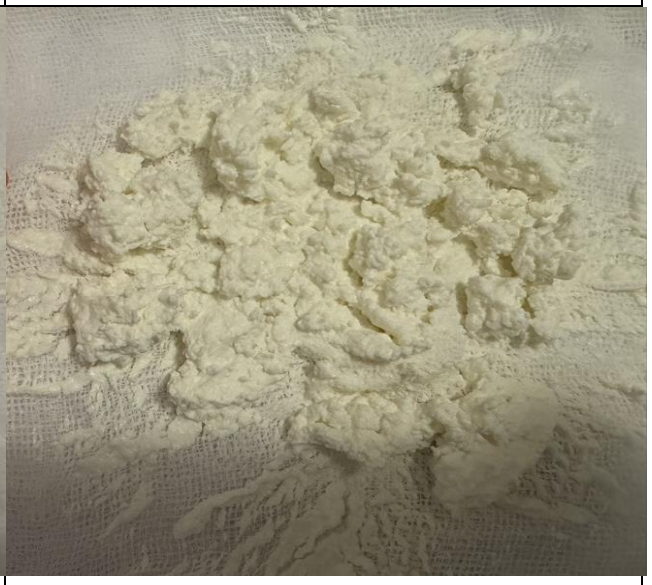
	
а)Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*	б)Творог на основе консорциума Консорциум *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C*
	
в)Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei KAN EI 4 + Bifidobacterium crudilactis 7-2*	г)Творог, полученный традиционным способом

Рисунок 29 – Три образца творога из козьего молока, полученные по усовершенствованной технологии с использованием трёх различных заквасочных композиций и творог, полученный традиционным способом (а,б,в,г)

3.7 Органолептические и физико-химические показатели пробиотического творога на основе козьего молока

Для изготовления творога функционального назначения из козьего молока была использована ассоциация следующих культур: *Lacticasei bacillus subsp. paracasei KAN EI 4, Lacticasei bacillus subsp.paracasei Gch 5.2.1, Bifidobacterium crudilactis 7-2C, Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M, Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M, C Bifidobacterium crudilactis 7-6C*. Для ферментации козьего молока ассоциация культур была использована в виде культуральной жидкости. Наряду с этим, для сравнительного анализа качественных показателей был использован творог из козьего молока, произведённый традиционным способом, описанный в разделе 3.4.

Каждый штамм, входящий в состав ассоциации, обладает уникальными свойствами, которые соответствуют критериям пробиотической эффективности.

Следующим этапом работы было определение органолептических и физико-химических показателей полученных нами проб творога. Согласно ГОСТ Р 52096-2003 по органолептическим характеристикам творога должен соответствовать требованиям, представленным в таблице 31.

Таблица 31 - Органолептические показатели творога и творожных изделий

Наименование показателя	**Характеристика**
Внешний вид и консистенция	Мягкая, мажущаяся или рассыпчатая с наличием или без ощутимых частиц молочного белка. Для нежирного творога – незначительное выделение сыворотки. Для творожных изделий – однородную, нежную, в меру плотную консистенцию.
Вкус и запах	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов. Для продукта из восстановленного и рекомбинированного молока с привкусом сухого молока. Для творожных изделий - чистые кисломолочные вкус и запах с явно выраженным вкусом и запахом вносимых добавок.
Цвет	Белый или с кремовым оттенком, равномерный по всей массе. Для творожных изделий - белый с кремовым оттенком или обусловленный вкусовыми добавками (какао, шоколадом) цвет, равномерный во всей массе.

По физико-химическим показателям творог и творожные изделия должны соответствовать нормам, указанным в таблице 32 и 33.

Таблица 32 - Физико-химические показатели творога

Наименование показателя	**Норма для творога**													
	обез. жир	нежирный			классический							жирный		
Массовая доля жира, % не менее	1,8	2,0	3,0	3,8	4,0	5,0	7,0	9,0	12,0	15,0	18,0	19,0	20,0	23,0
Массовая доля белка, % не менее	18,0				16,0				14,0					
Массовая доля влаги, % не менее	80,0	76,0			75,0		73,0		70,0		65,0			60,0
Кислотность, °Т	170-240	170-230					170-220		170-210					170-200
Фосфатаза	не допускается													
Температура при выпуске с предприятия, °С	4±2													

Таблица 33 - Физико-химические показатели творожных изделий

Продукт	**Массовая доля, %**			**Кислотность, °Т**
	Жира, не менее	Влаги, не более	Сахарозы, не менее	
Творожная масса «Особая»	23	41	26	160
Творожная масса плодово-ягодная	4,5	68	10	220
Творожная масса соленая	9	72	-	220
Сырки глазированные с ванилином	5	50	26	220
Кремы творожные с наполнителями	5	65	17	160
Ацидофильная паста	8	60	24	200
Ацидофильная столичная плодово-ягодная паста	8	70-76,5	11	190-200
Ацидофильная столичная с лимоном	8	72-78,5	9	190-200
Молочно-белковая паста «Здоровье»	5	81-69	0-15	160-150
Молочно-белковая плодово-ягодная паста	-	75-85	0-13	160

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов в твороге и творожных изделиях не должно превышать допустимых уровней, установленных СанПиН 2.3.2.1078.

Микробиологические показатели продукта должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.2.1078. Количество микроорганизмов в течение срока годности не менее 10^6 КОЕ/г продукта.

Таблица 34 - Результаты определения органолептических показателей исследуемых проб творога

Исследуемые пробы творога	**Наименование показателей и характеристика**		
	Консистенция и внешний вид	**Вкус и запах**	**Цвет**
Творог, полученный традиционным способом (контроль)	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый е выраженный кисломолочный запах и вкус, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. Paracasei KAN EI 4+ Bifidobacterium crudilactis 7-2C*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, свойственный кисломолочному продукту, менее выраженный кислый запаз и вкус, без постороннего вкуса и запаха	Белый с кремовым оттенком по всей масса.
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, имеет ароматный кисломолочный запах и слабокислый, сладковатый вкус, не имеет постороннего вкуса и запаха.	Слегка кремовый равномерный.
Творог на основе консорциума *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, кисломолочный, свойственный доброкачественному творогу, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.

Результаты изучения органолептики показали, что все исследуемые пробы соответствовали стандарту. Пробы, полученные на основе заквасочных культур по запаху, имели слабовыраженную кислотность и мягкий вкус без выраженной кислинки по сравнению с контрольной пробой. Надо отметить, что творог, полученный на основе консорциума из *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M* имел более выраженный сладкий привкус и ароматный запах.

Таблица 35 - Результаты определения физико-химических свойств творога из козьего молока, приготовленного на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei KAN EI 4+ Bifidobacterium crudilactis 7-2C*
(ПРИЛОЖЕНИЕ В)

Наименование показателей, единицы измерения	**Фактические Результаты**	**НД на методы испытаний**
Физико-химические показатели: -массовая доля белка, % -массовая доля жира,% -массовая доля углеводов, % -массовая доля влаги, % -титруемая кислотность, ^{0}Т	 14,45+0,09 16,33+0,15 2,20+0,01 66,22+0,64 51	 ГОСТ 34454-2018 ГОСТ 5867-90 Перманганатометрический метод ГОСТ 3626-73 ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал	213,02	
Витамин -водорастворимые, мг/100г	Приложение 1	М 04-41-2005
Минеральные элементы мг/100г -фосфор -кальций	 0,208+0,0833 0,151+0,02	 ГОСТ 31980-2012 ГОСТ 55331-2012

Таблица 36 - Результаты определения физико-химических свойств творога из козьего молока, приготовленного на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*
(ПРИЛОЖЕНИЕ Г)

Наименование показателей, единицы измерения	**Фактические Результаты**	**НД на методы испытаний**
Физико-химические показатели: -массовая доля белка, % -массовая доля жира,% -массовая доля углеводов, % -массовая доля влаги, % -титруемая кислотность, ^{0}Т	 14,38±0,11 21,09+0,23 3,04+0,03 56,31+0,60 79	 ГОСТ 25179-2014 ГОСТ 5867-90 Перманганатометрический метод ГОСТ 3626-73 ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал	258,73	
Витамин -водорастворимые, мг/100г	Приложение 1	М 04-41-2005
Минеральные элементы мг/100г -фосфор -кальций	 0,211+0,002 0,169+0,001	 ГОСТ 31980-2012 ГОСТ 55331-2012

Таблица 37 - Результаты определения физико-химических свойств творога из козьего молока, приготовленного на основе консорциума *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C* (ПРИЛОЖЕНИЕ Д)

Наименование показателей, единицы измерения	**Фактические Результаты**	**НД на методы испытаний**
Физико-химические показатели: -массовая доля белка, % -массовая доля жира,% -массовая доля углеводов, % -массовая доля влаги, % -титруемая кислотность, ^{0}Т	 14,6+0,13 20,80+0,25 2,66+0,04 58,89+0,47 68	 ГОСТ 34454-2018 ГОСТ 5867-90 Перманганатометрический метод ГОСТ 3626-73 ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал	255,57	
Витамин -водорастворимые, мг/100г	Приложение 1	М 04-41-2005
Минеральные элементы мг/100г -фосфор -кальций	 0,214+0,002 0,155+0,02	 ГОСТ 31980-2012 ГОСТ 55331-2012

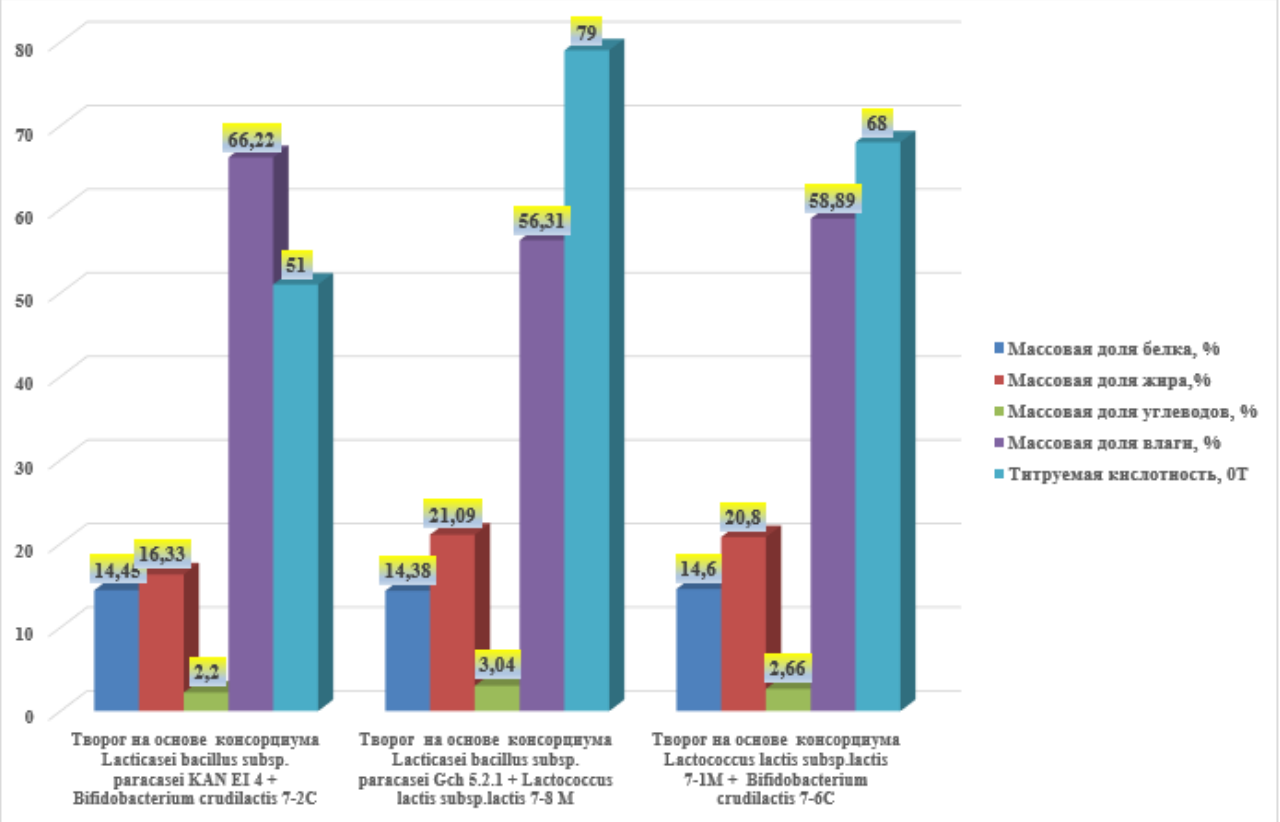


Рисунок 30 - Сравнительная диаграмма физико-химических свойств творога из козьего молока, приготовленного с использованием трёх различных консорциумов заквасочных культур

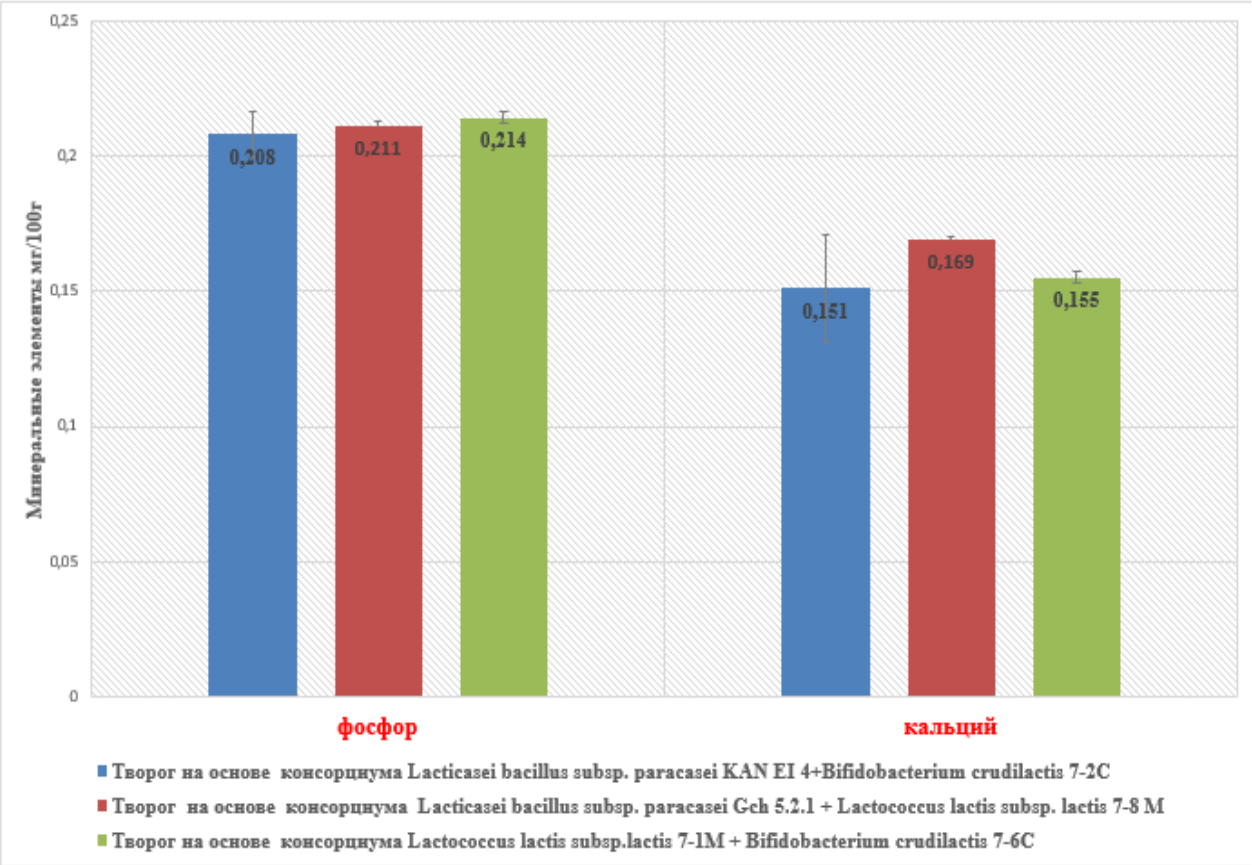


Рисунок 31 - Сравнительная диаграмма физико-химических свойств творога из козьего молока, приготовленного с использованием трёх различных консорциумов заквасочных культур

В результате проведенных исследований было установлено, что использование консорциумов молочнокислых и бифидобактерий для изготовления творога из козьего молока привело к значительному изменению физико-химических свойств по сравнению с творогом, изготовленным традиционным способом.

Образцы на основе пробиотических микроорганизмов имели значительно пониженную кислотность 51-68-79^{0}Т, в то время как творог, полученный традиционным способом, имел высокую кислотность 156^{0}Т. По массовой доле жира также опытные партии творога значительно отличались от контрольной пробы. У контрольной пробы массовая доля жира равна 9,86%, тогда как в опытных пробах равна 16,33%, 21,09% и 20,80% соответственно.

По массовой доле влаги опытные образцы имели высокий показатель 66,22%, 56,31% и 58,89%, контрольный образец имел 49,89% влаги (ПРИЛОЖЕНИЕ Е).

По литературным данным, низкий показатель кислотности творожных продуктов, обогащенного пробиотическими микроорганизмами на основе козьего молока имеет допустимое значение. Полученный нами творог относится к жирной категорий, при этом низкая кислотность имеет допустимое значение.

В этом аспекте надо учитывать, что в разработке творога мы применяли пробиотические бактерий (*Lactobacillus paracasei, Lactococcus lactis, Bifidobacterium crudilactis*) с низкими кислотообразующими свойствами, что повлияло на кислотность конечного продукта**.** Также, надо отметить особенность козьего молока, который выражается слабым кислотообразующим свойством, чем коровье, за счет меньшего количества казеина, особенно αs1-казеина. Структура белков козьего молока менее устойчива к коагуляции - сгусток может образоваться при меньшей кислотности. Это молоко лучше переваривается, но медленнее закисает при тех же условиях.

Таким образом, полученный продукт сочетает функциональные свойства пробиотика **с** характерной структурой и вкусом традиционного творога**,** и может быть отнесён к категории продуктов с направленным функциональным действием**.**

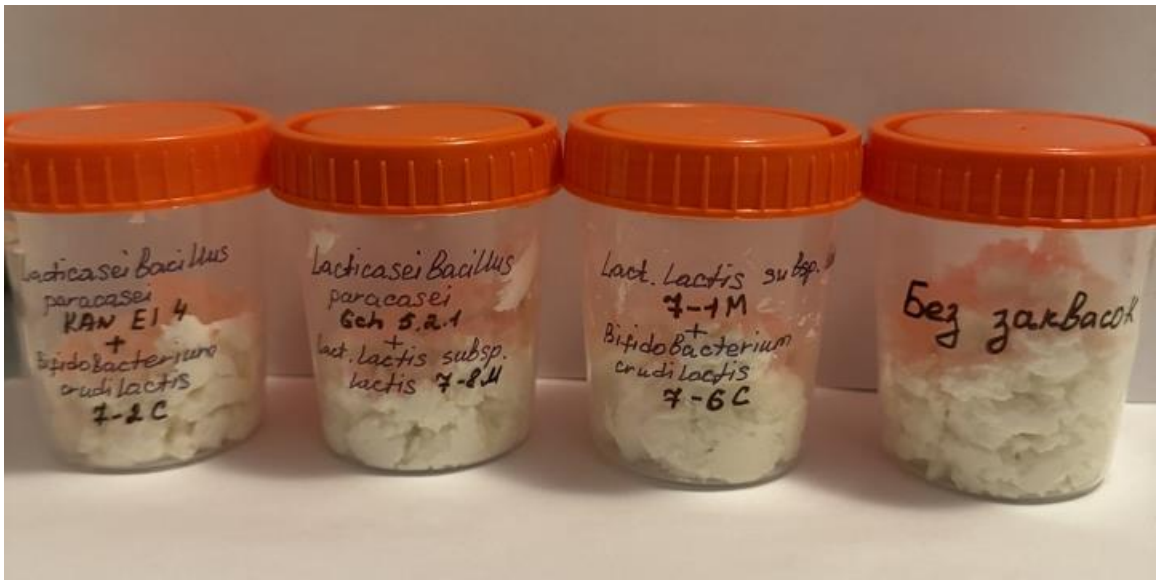


Рисунок 32 - Три образца творога из козьего молока, произведённые по усовершенствованной технологии с использованием трёх различных заквасочных композиций и творог, полученный традиционным способом

Использование консорциумов молочнокислых и бифидобактерий при производстве пробиотического творога из козьего молока обеспечило:

- Снижение кислотности до 51-79°Т (против 156°Т у традиционного творога);
- Повышение массовой доли жира до 16,3-21,1% (против 9,86% у контроля);
- Увеличение влажности до 56,3-66,2% (против 49,9% у контроля);
- Сохранение высоких органолептических показателей (мягкая консистенция, чистый кисломолочный вкус с мягкой кислотностью);
- Энергетическая ценность пробиотического творога - 213-259 ккал/100 г.

Продукт сочетает пробиотические свойства с традиционной текстурой и вкусом, относясь к категории функциональных продуктов.

- Консорциум 2 (*Lactobacillus paracasei Gch 5.2.1 + Lc. lactis* 7-8 М) даёт самый высокий уровень жира (21,09%) и углеводов (3,04%), а также максимальную кислотность (79°Т) и энергетическую ценность (258,73 ккал). Это свидетельствует о более интенсивном процессе ферментации и более насыщенном вкусе.
- Консорциум 3 (*Lc. lactis 7-1M + B. crudilactis 7-6C*) близок к консорциуму 2 по показателям, немного уступая по кислотности и жиру, но имеет чуть более высокий белок (14,6%) и схожую минерализацию.
- Консорциум 1 (Lactobacillus paracasei *KANEI4 + B.crudilactis 7-2C*) характеризуется самым низким содержанием жира (16,33%) и углеводов (2,20%), а также меньшей кислотностью (51°Т) и энергетической ценностью (213,02 ккал), что может отражать более щадящий процесс ферментации, с потенциально более мягким вкусом и текстурой.

3.8 Микробиологические показатели пробиотического творога на основе козьего молока

Важно знать, что микробиологическое исследование пробиотических кисломолочных продуктов является важным этапом в обеспечении качества и безопасности продукта, а также в подтверждении его пробиотических свойств. В связи с этим следующей задачей нашей работы была определение микрофлоры полученных проб.

Изучение микрофлоры пробиотического творога включает в себя анализ качественного и количественного состава микроорганизмов, в данном случае используемых для сквашивания заквасочных пробиотических культур. Одним из важным аспектом при микробиологических исследований пробиотических продуктов функционального назначения является определение жизнеспособности и активности заквасочных микроорганизмов. Поэтому нами были определены качественные и количественные показатели микроорганизмов в исследуемом твороге [180-184].

Определение микробиологических показателей проводили по ГОСТ Р 53430-2009 «Молоко и продукты переработки молока. Методы микробиологического анализа» и ГОСТ 10444 - серия межгосударственных стандартов, регулирующих микробиологические методы контроля пищевых продуктов, воды, кормов и объектов окружающей среды.

Результаты микробиологических исследований показаны в таблице 38.

Таблица 38 - Микробиологические показатели исследуемых проб творога на основе козьего молока

Исследуемые пробы творога	**Микробиологические показатели**		
	КМАФАнМ КОЕ/г	**Бактерии группы кишечной палочки, БГКП (коли-формы)**	**Молочнокислые и бифидобактерии КОЕ/г**
Творог, полученный традиционным способом	$1{,}1x10^1$	Не обнаружено	$5{,}2x10^3$
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. Paracasei KAN EI 4 + Bifidobacterium crudilactis 7-2C*	$1{,}7x10^2$	Не обнаружено	$1{,}1x10^7$
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1+ Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*	$1{,}2x10^2$	Не обнаружено	$2{,}9x10^8$
Творог на основе консорциума Консорциум *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + Bifidobacterium crudilactis 7-6C*	$1{,}7x10^2$	Не обнаружено	$3{,}5x10^7$

Результаты исследований показали, что во всех образцах отсутствуют общие колиформные бактерии. У всех исследуемых проб творога бактериальная обсеменённость была в пределах $1{,}3\text{-}1{,}8x10^4$.

Микрофлора обогащенных проб представлена молочнокислыми и бифидобактериями. В момент исследования количество микроорганизмов соответствовало требованиям стандартов ТР ТС 033/2013 [185]. Установлено, что содержание молочнокислых бактерий в продукте составляло не менее 10^7 КОЕ/г.

Лучшим с точки зрения сочетания органолептических, физико-химических и микробиологических свойств является творог, полученный с использованием консорциума *Lacticaseibacillus paracasei Gch 5.2.1* и *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8M.* Это обусловлено рядом факторов: во-первых, продукт обладает наивысшим содержанием жира и высокой энергетической ценностью, что делает его сытным и питательным. Во-вторых, творог отличается хорошо выраженным приятным ароматом и сладковатым вкусом, что положительно влияет на его органолептические характеристики. Кроме того, высокое содержание пробиотических бактерий ($2{,}9\times10^8$ КОЕ/г) обеспечивает выраженный пробиотический эффект. Продукт также характеризуется нормальной, слегка пониженной кислотностью, благодаря чему он мягкий на вкус и легко усваивается. Немаловажным преимуществом является и высокое содержание минеральных веществ, таких как фосфор и кальций.

Второе место по качеству занимает творог, приготовленный на основе консорциума *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M* и *Bifidobacterium crudilactis 7-*

6C. Он отличается максимальным количеством пробиотических микроорганизмов, однако имеет немного менее выраженный аромат и кислотность по сравнению с лидирующим образцом.

3.9 Усовершенствование технологии вязкопластичных кисломолочных продуктов

Настоящее исследование направлено на усовершенствование технологии производства вязкопластичных кисломолочных продуктов, в частности - творога, за счёт внедрения щадящей технологии переработки козьего молока с использованием низкокислотопродуцирующих пробиотических бактерий. Целью проведённой работы являлась оптимизация технологических параметров с учётом биохимических особенностей козьего молока и требований к качеству, безопасности и функциональности конечного продукта.

Козье молоко значительно отличается от коровьего по белковому составу, степени кислотогенеза и жирнокислотному профилю. Оно содержит меньше αs1-казеина, характеризуется более высокой перевариваемостью и биологической ценностью, а также обладает повышенным содержанием природных олигоэлементов. Эти особенности определяют его высокую пищевую и физиологическую значимость, особенно в составе диетических и детских рационов.

Разработанная технология переработки козьего молока основана на минимизации термической обработки и использовании пробиотических заквасочных культур. Такой подход позволил сохранить природные органолептические и нутритивные свойства сырья, обеспечить пробиотическую активность готового продукта и получить однородную вязкопластичную консистенцию без выраженного специфического запаха [186,187].

Важным элементом усовершенствования технологии стало применение пробиотических штаммов отечественного происхождения (*Lactobacillus paracasei*, *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium crudilactis*), адаптированных к условиям ферментации козьего молока. Эти культуры обладают низкой кислотопродуцирующей способностью и формируют сгусток с умеренной кислотностью (около 68 °Т), что соответствует нормам для мягких творожных продуктов функционального назначения [188-191].

В процессе оптимизации технологии были подробно исследованы и отработаны следующие ключевые этапы:

Во-первых, подготовка сырья включала обязательную очистку молока от механических примесей и снижение микробной обсеменённости, что обеспечивало исходную санитарную чистоту. Далее проводилась нормализация белково-жирового состава для достижения желаемой плотности и стабильности сгустка. Этап гомогенизации обеспечивал равномерное распределение жировой фазы, предотвращал расслоение и улучшал текстуру продукта. Пастеризация проводилась при пониженных температурах, что позволяло уничтожить патогенную микрофлору, при этом минимизируя тепловое разрушение биологически активных компонентов.

Во-вторых, особое внимание было уделено выбору и применению заквасочных культур. Использование пробиотических штаммов позволило не только контролировать скорость и интенсивность молочнокислого брожения, но и обеспечить формирование сгустка с нужными структурными характеристиками. Закваски подбирались с учётом способности работать в условиях пониженной температуры и с пониженной буферной ёмкостью козьего молока.

В-третьих, был оптимизирован режим сквашивания. Применялись как термостатный, так и резервуарный методы. При термостатном способе продукт сквашивался непосредственно в потребительской таре, что способствовало сохранению микробиологической индивидуальности и плотной текстуры. Резервуарный метод, напротив, позволял добиться более однородной консистенции и был целесообразен в условиях промышленного производства.

В-четвёртых, повышенное внимание уделялось органолептическим и функциональным характеристикам продукта. С помощью подбора штаммов и корректировки условий ферментации удалось получить продукт с мягким вкусом, приятным молочным ароматом и без выраженной кислинки. Такая органолептическая структура делает продукт подходящим для широкого круга потребителей, включая детей, пожилых людей и лиц с заболеваниями желудочно-кишечного тракта [192,193].

В результате применения разработанной технологии были достигнуты следующие ключевые технологические и потребительские преимущества:

1. Сохранение натурального вкуса и аромата козьего молока. Использование мягко действующих штаммов позволило избежать чрезмерного закисления, что особенно важно при работе с козьим молоком, склонным к формированию специфического запаха при агрессивной ферментации.
2. Минимальные потери биологически активных веществ. Щадящий температурный режим и поэтапная ферментация обеспечили сохранность витаминов, аминокислот и микроэлементов, что критически важно при производстве продуктов для диетического и лечебного питания.
3. Формирование мягкой, однородной консистенции без постороннего запаха. Адаптация пробиотических штаммов к козьему молоку позволила получить творог с нежной текстурой, приятным вкусом и повышенной биологической доступностью.
4. Адаптация технологии к условиям малых форм производства. Технологическая схема была разработана с учётом возможности её реализации в условиях фермерских хозяйств, локальных перерабатывающих предприятий и домашних цехов. Это делает её экономически доступной и масштабируемой.
5. Использование отечественных пробиотических культур. Применение заквасок, выделенных из микрофлоры традиционных кисломолочных продуктов Казахстана, повышает биологическую совместимость, устойчивость технологического процесса и снижает зависимость от импортных компонентов.

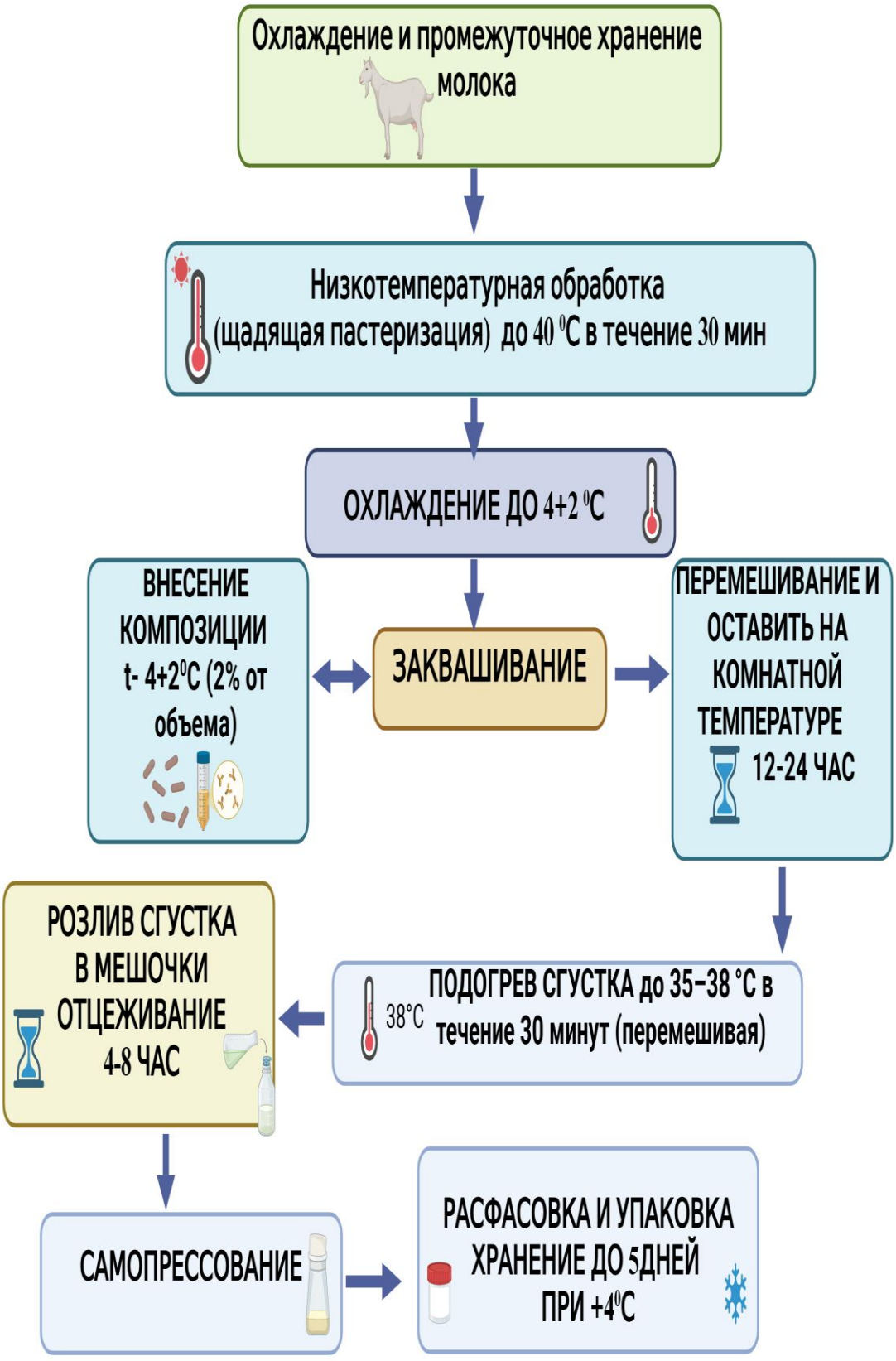


Рисунок 33 - Разработанная оптимизированная технология производства творога из козьего молока

Примечание: 40°С - максимальная граница для *Lc.lactis*, но хорошо подходит для *Lb.paracasei,* поэтому ферментация проходила одновременно эффективно и достаточно быстро. Получили нежный, с мягким вкусом творог. Пробиотики сохраняются, так как продукт не перегревали выше 43°С.

Таким образом, разработанная и апробированная технология позволяет производить вязкопластичный пробиотический творог из козьего молока с сохранением его природных свойств, высоким уровнем безопасности, стабильной консистенцией и выраженным функциональным потенциалом. Данный продукт может быть рекомендован как элемент специализированного питания, включая лечебно-профилактические диеты, питание детей раннего возраста и рациональное питание пожилых лиц.

3.10 Практическая ценность применения технологии творога на основе пробиотических заквасок

Одним из ключевых технологических элементов в производстве вязкопластичных кисломолочных продуктов является грамотный подбор заквасочной микрофлоры. Наиболее перспективными с точки зрения функциональных и органолептических характеристик являются штаммы *Lactococcus lactis subsp. lactis, Lacticaseibacillus paracasei* и *Bifidobacterium crudilactis*. Эти культуры обеспечивают контролируемое кислотобразование, формирование устойчивой вязкопластичной текстуры и развитие характерного молочного аромата. Введение указанных штаммов в рецептуру пробиотических продуктов позволяет добиться улучшения микробиологических показателей и сенсорных характеристик, сохраняя при этом высокую биологическую активность готовой продукции.

За последние годы устойчиво растёт интерес к пробиотическим кисломолочным продуктам, что связано с их доказанным благотворным влиянием на здоровье человека. Исследования подтверждают, что регулярное потребление пробиотиков способствует нормализации микрофлоры кишечника, укреплению иммунной системы, снижению воспалительных процессов и улучшению пищеварения. Это делает такие продукты особенно актуальными в условиях повышения спроса на функциональные и профилактические продукты питания, соответствующие принципам здорового образа жизни [194-197].

Оптимизация технологии производства творога на основе пробиотических культур требует комплексного подхода и включает несколько критически важных направлений:

- Обеспечение стабильного качества сырья: на данном этапе осуществляется контроль кислотности, влажности, плотности, а также бактериальной обсеменённости козьего молока.
- Рациональный выбор заквасочных культур: предпочтение отдаётся микрофлоре с заданными технологическими и пробиотическими свойствами, включая устойчивость к низкому pH, способность к адгезии и антагонизму к патогенным микроорганизмам.

- Оптимизация температурно-временных режимов сквашивания: контроль продолжительности и температуры ферментации позволяет обеспечить стабильность кислотности и структурных характеристик сгустка.
- Использование технологий, способствующих усилению текстурообразования: например, включение в процесс биодоступных форм кальция, стабилизаторов белковой структуры, а также ограниченное применение ферментов при необходимости.
- Снижение технологических потерь на всех этапах производства и хранения, что повышает экономическую эффективность продукта.

Отдельное внимание следует уделить возможности интеграции современных ферментативных и мембранных технологий. Эти методы позволяют модифицировать структуру молочного белка без разрушения его природных свойств, тем самым улучшая консистенцию, вкусовые характеристики и биодоступность продукта. Такие подходы особенно важны при разработке функциональных продуктов с высокой добавленной стоимостью [198,199].

Согласно действующим нормативным документам Республики Казахстан (включая ГОСТ, Технические регламенты ТС и СТ РК), к вязкопластичным кисломолочным продуктам предъявляются следующие требования: соответствие органолептическим показателям (вкус, запах, цвет, консистенция), микробиологическая безопасность (отсутствие патогенной микрофлоры), соблюдение установленных физико-химических параметров (жирность, кислотность, влажность), а также стабильность продукта в течение срока хранения.

В условиях расширения участия Казахстана в международной торговле и интеграции в Евразийское экономическое пространство возрастает значимость гармонизации национальных стандартов с международными нормами (Codex Alimentarius, ISO). Это открывает возможности для продвижения национальной продукции на внешние рынки, при условии соблюдения требований к качеству, безопасности и прослеживаемости.

Несмотря на наличие базовой производственной инфраструктуры, в Казахстане остаются нерешёнными ряд технологических и научных задач, включая:

- Совершенствование структуры и функциональных свойств традиционных вязкопластичных продуктов;
- Адаптацию зарубежных технологических решений к местному сырью;
- Разработку инновационных заквасочных комплексов на основе местной микрофлоры;
- Повышение биологической ценности продуктов путём включения пробиотических и пребиотических компонентов;
- Увеличение ассортимента локальной продукции с функциональной направленностью.

Решение этих задач возможно за счёт применения современных биотехнологических подходов, включая генно-инженерные штаммы, ферментативную обработку, микроинкапсулирование пробиотиков, а также

адаптацию традиционных технологий под современные требования. Это позволит существенно повысить конкурентоспособность отечественной молочной промышленности и укрепить продовольственную безопасность на уровне страны.

С практической точки зрения, внедрение технологии производства пробиотического творога на основе козьего молока и отечественных низкокислотных заквасок представляет собой перспективное направление, сочетающее в себе высокую питательную ценность, функциональность продукта и экономическую целесообразность.

Экспериментально проведён ориентировочный расчёт себестоимости одной партии творога объёмом 10 литров цельного козьего молока, что при переработке по щадящей технологии даёт на выходе в среднем около 1,3 кг готового продукта. Согласно расчётам, общая себестоимость одной партии составляет около 7 325 тенге, что эквивалентно приблизительно 5 635 тенге за 1 кг готового творога**.**

Наибольший удельный вес в структуре себестоимости занимает стоимость сырья - цельного козьего молока, составляющая около 68% всех расходов. При наличии собственного сырья на фермерском хозяйстве, эта статья затрат может быть существенно снижена, что значительно повысит рентабельность всего производства. Дополнительный экономический эффект может быть достигнут за счёт повторного использования заквасок (реинокуляция), а также многократного применения расходных материалов - фильтров, марли, упаковочной тары.

Благодаря мягкому режиму термообработки, оптимизированному выбору отечественных заквасочных культур, удалось достичь высоких органолептических показателей. Это существенно расширяет рынок сбыта продукта - от фермерских и эко-ярмарок до специализированных магазинов диетического питания [200-204].

При рыночной стоимости фермерского или премиального козьего творога в диапазоне 7 000–8 000 тенге за кг**,** потенциальная маржа может составлять от 20% до 40%**,** в зависимости от каналов реализации. Особенно привлекательной моделью является продажа по подписке, доставка в рамках программ здорового питания, а также сотрудничество с эко-магазинами и лечебно-профилактическими учреждениями.

Таким образом, использование отечественных пробиотических культур и щадящей технологии переработки козьего молока позволяет не только сохранить ценные нутриенты и пробиотическую активность готового продукта, но и обеспечивает его высокую рыночную привлекательность, устойчивость в условиях малого и среднего агропроизводства, а также экономическую эффективность при условии локальной переработки сырья.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 1,3–1,8×10^4 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 2,9×10^8КОЕ/г пробиотиков, приятный вкус и аромат, а также повышенное содержание кальция и фосфора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Alimardanova M., Shunekeyeva A. Comparative characteristics of goat milk products in farms of Akmola and North Kazakhstan regions // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. — 2022. — Vol. 16. — P. 750–764. — DOI: 10.5219/1792.
2. ALKaisy Q. H., Al-Saadi J. S., AL-Rikabi A. Kh. J., Altemimi A. B., Hesarinejad M. A., Abedelmaksoud T. G. Exploring the health benefits and functional properties of goat milk proteins // Food Science & Nutrition. — 2023. — Vol. 11, No. 13. — P. 3064–3082. — DOI: 10.1002/fsn3.3531.
3. Pastuszka R., Barłowska J., Litwińczuk Z. Allergenicity of milk of different animal species in relation to human milk // Journal of Elementology. — 2016. — Vol. 21, No. 4. — P. 1155–1164. — DOI: 10.5604/17322693.1227842.
4. Ranjha M. M. A. N., Shafique B., Batool M., Kowalczewski P. Ł., Shehzad Q., Usman M., Manzoor M. F., Zahra S. M., Yaqub S., Aadil R. M. Nutritional and health potential of probiotics: a review // Applied Sciences. — 2021. — Vol. 11, No. 23. — Article 11204. — DOI: 10.3390/app112311204.
5. Vinderola G., Ouwehand A., von Wright M., Salminen S. Trends in dairy and non-dairy probiotic products – a review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. — 2015. — Vol. 14, No. 3. — P. 505–524. — DOI: 10.1111/1541-4337.12158.
6. Farahmand N., Ouoba L. I. I., Raeisi S. N., Sutherland J., Ghoddusi H. B. Probiotic Lactobacilli in fermented dairy products: selective detection, enumeration and identification scheme // Microorganisms. — 2021. — Vol. 9, No. 8. — Article 1600. — DOI: 10.3390/microorganisms9081600.
7. Collins M. D., Vera-Jiménez N., Wellejus A. Understanding the probiotic health benefits of Bifidobacterium animalis subsp. lactis, BB-12™ // Frontiers in Microbiology. — 2025. — DOI: 10.3389/fmicb.2025.1605044.
8. Park Y. W., Juárez M., Ramos M., Haenlein G. F. W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk // Small Ruminant Research. — 2007. — Vol. 68, No. 1–2. — P. 88–113. — DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.016.
9. Gobbetti M., De Angelis M., Di Cagno R., Mancini L., Fox P. F. Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as starter cultures for cheese production // Trends in Food Science & Technology. — 2018. — Vol. 72. — P. 52–62. — DOI: 10.1016/j.tifs.2017.12.005.
10. Salminen S., Ouwehand A., Benno Y., Lee Y. K. Probiotics: how should they be defined? // Trends in Food Science & Technology. — 1999. — Vol. 10, No. 3. — P. 107–110. — DOI: 10.1016/S0924-2244(99)00023-9.
11. Певзнер М. И. Основы диетического питания (столы по М. И. Певзнеру). — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 320 с.
12. Hallab R., Kohen C., Grandison M. A., Lewis M. J., Grandison A. S. Assessment of the quality of cottage cheese produced from standard and protein fortified skim milk // International Journal of Dairy Technology. — 2007. — Vol. 60, No. 2. — P. 69–73. — DOI: 10.1111/j.1471-0307.2007.00319.x.

13. Law B. A., Tamime A. Y. Technology of Cheesemaking. 2nd ed. — Wiley Blackwell, 2010. — 512 p. — ISBN 9781405182980.
14. Pieniążek M., Żyła Pawlowska A., Kowalczyk M., Zięba G. Application of Calcium Citrate in the Manufacture of Acid Rennet Cheese Produced from High Heat Treated Goat’s Milk from Spring and Autumn Season // Molecules. — 2022. — Vol. 27, No. 17. — Article 5523. — DOI: 10.3390/molecules27175523.
15. Khademi F., Naghizadeh Raeisi S., Younesi M., Motamedzadegan A., Rabiei K., Shojaei M., Rokni H., Falsafi M. Effect of probiotic bacteria on physicochemical, microbiological, textural, sensory properties and fatty acid profile of sour cream // Journal of Dairy Science. — 2022. — Vol. 105. — DOI: 10.3168/jds.2021-21234.
16. Marco M. L., et al. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond // Current Opinion in Biotechnology. — 2017. — Vol. 44. — P. 94–102. — DOI: 10.1016/j.copbio.2016.11.001.
17. Alimzhanova G., Zhanay B. Functional properties of yogurt produced in Kazakhstan: use of probiotics and plant additives // Kazakhstan Journal of Food Science. — 2021. — Vol. 5, No. 3. — P. 12–20.
18. Law B. A. Microbiological and biochemical aspects of cheese ripening // International Journal of Dairy Technology. — 2017. — Vol. 70, No. 2. — P. 104–119. — DOI: 10.1111/1471-0307.12314.
19. Шарипова А. К., Куанышбаева С. Н. Технология производства мягких сыров с учетом климатических условий Казахстана // Журнал молочной промышленности Казахстана. — 2020. — No. 3(12). — С. 34–41.
20. Сейтжанов А., Бекеева Г. Роль кисломолочных продуктов в рационе питания населения Казахстана // Вестник КазНУ. Серия биологических наук. — 2022. — Т. 73, No. 4. — С. 45–52.
21. Кузнецова Е. Н. Биохимия молочных продуктов: состав и полезные свойства // Молочная промышленность. — 2019. — No. 6. — С. 34–41.
22. Geleijnse J. M., Witteman J. C., Swinkels L. M. et al. Dietary calcium and vitamin D intake and risk of dementia and Alzheimer's disease: a prospective cohort study // American Journal of Clinical Nutrition. — 2017. — Vol. 105, No. 5. — P. 1202–1210.
23. Hurrell R. F. Influence of vegetable protein sources on trace element and mineral bioavailability // Journal of Nutrition. — 2003. — Vol. 133, No. 9. — P. 2973S–2977S. — DOI: 10.1093/jn/133.9.2973S.
24. Шевченко И. В., Мельникова Н. А. Состав и биологическая ценность сливочного масла // Вестник пищевой промышленности. — 2020. — No. 8. — С. 12–19.
25. Simopoulos A. P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases // Journal of the American College of Nutrition. — 2002. — Vol. 21, No. 6. — P. 495–505. — DOI: 10.1080/07315724.2002.10719248.
26. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt: Science and Technology. 3rd ed. — Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. — 808 p.

27. McGregor R. A., Poppitt S. D. Milk protein for improved metabolic health: a review of the evidence // Nutrients. — 2013. — Vol. 5, No. 6. — P. 2304–2329. — DOI: 10.3390/nu5062304.
28. FAO/WHO. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food: Report of a joint FAO/WHO Working Group on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food, London, Ontario, Canada, April 30 and May 1, 2002. — Rome: World Health Organization, 2006. — 11 p. — URL: https://www.fao.org/3/a0512e/a0512e.pdf.
29. Nicolescu C. M., Bumbac M., Buruleanu C. L., Popescu E. C., Stanescu S. G., Georgescu A. A., Toma S. M. Biopolymers Produced by Lactic Acid Bacteria: Characterization and Food Application // Polymers. — 2023. — Vol. 15, No. 6. — Article 1539. — DOI: 10.3390/polym15061539.
30. Singh J. K., Devi P. B., Reddy G. B., Jaiswal A. K., Kavitake D., Shetty P. H. Biosynthesis, classification, properties, and applications of Weissella bacteriocins // Frontiers in Microbiology. — 2024. — Vol. 15. — Article 1406904. — DOI: 10.3389/fmicb.2024.1406904.
31. Carvalho F. M., Teixeira Santos R., Mergulhão F. J. M., Gomes L. C. Effect of Lactobacillus plantarum biofilms on the adhesion of Escherichia coli to urinary tract devices // Antibiotics. — 2021. — Vol. 10, No. 8. — Article 966. — DOI: 10.3390/antibiotics10080966.
32. LeBlanc J. G., Chain F., Martín R., Bermúdez Humarán L. G., Courau S., Langella P. Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria with Potential to Design Natural Biofunctional Health Promoting Dairy Foods // Frontiers in Microbiology. — 2017. — Vol. 8. — Article 846. — DOI: 10.3389/fmicb.2017.00846.
33. Sharma N., et al. Beyond Probiotics: A Narrative Review on an Era of Revolution // Food Science and Biotechnology. — 2023. — Vol. 32, No. 4. — P. 413–421. — DOI: 10.1007/s10068-022-01212-x.
34. Suez J., et al. The pros, cons, and many unknowns of probiotics // Nature Medicine. — 2019. — Vol. 25, No. 5. — P. 716–729. — DOI: 10.1038/s41591-019-0439-x.
35. Hill C., et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. — 2014. — Vol. 11, No. 8. — P. 506–514. — DOI: 10.1038/nrgastro.2014.66.
36. Barrios C., et al. Gut microbiota in the development and progression of obesity and diabetes // Clinical Science. — 2020. — Vol. 134, No. 9. — P. 1047–1064. — DOI: 10.1042/CS20200045.
37. Кондратьева И. В., Иванов П. А., Петров С. Н. Содержание казеина в молоке коров различных пород // Вестник аграрной науки. — 2018. — Т. 45, No. 3. — С. 37–42.
38. Дунаевская Е. В. Исследование химического состава молока // Научный журнал молочной промышленности. — 2017. — No. 3. — С. 38–41.

39. Иванова И. В., Петров А. С. Сравнительная характеристика физико-химических показателей козьего и коровьего молока с акцентом на αs1-казеин и аллергенность // Молочная промышленность. — 2021. — No. 5. — С. 39–44.
40. Панасенко Н. В., Сидорова Е. А., Кузнецова И. П. Содержание витаминов B12 и фолатов в молоке коз и коров // Вестник молочной промышленности. — 2020. — Т. 35, No. 4. — С. 40–45.
41. Kappeler S. R., Farah Z., Groenen M. A. M., van Haeften T. W., Müntener C. R. Casein gene loci: their structure and protein expression // International Dairy Journal. — 1999. — Vol. 9, No. 5. — P. 323–335. — DOI: 10.1016/S0958-6946(99)00049-3.
42. Walsh S. W., Kelly A. L. Structure, properties, and uses of casein micelles in milk and dairy products // International Journal of Dairy Technology. — 2011. — Vol. 64, No. 1. — P. 1–8. — DOI: 10.1111/j.1471-0307.2010.00628.x.
43. Silanikove N., Leitner G., Merin U., Prosser C. G. The Interactions between Milk Components and the Rennet Coagulation Properties of Milk // International Dairy Journal. — 2010. — Vol. 20, Nos. 6–7. — P. 434–439. — DOI: 10.1016/j.idairyj.2010.02.003.
44. Farrell H. M., Jimenez-Flores R., Bleck G. T., Brown E. M., Butler J. E., Creamer L. K., Swaisgood H. E. Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision // Journal of Dairy Science. — 2004. — Vol. 87, No. 6. — P. 1641–1674. — DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(04)73319-8.
45. Biadała A., Konieczny P. Goat's milk derived bioactive components: a review // Mljekarstvo. — 2018. — Vol. 68, No. 4. — P. 239–253.
46. Rahmatalla S. A., Arends D., Brockmann G. A. Review: Genetic and protein variants of milk caseins in goats // Frontiers in Genetics. — 2022. — Vol. 13. — Article 995349. — DOI: 10.3389/fgene.2022.995349.
47. Kaminogawa S., Yamauchi K. Similarity between γ casein and a product of β casein hydrolysis by milk protease // Agricultural and Biological Chemistry. — 1974. — Vol. 38, No. 12. — P. 2343–2348.
48. Lowe E. K., Anema S. G., Bienvenue A., Boland M. J., Creamer L. K., Jiménez-Flores R. Heat-induced interactions of β-lactoglobulin A and κ-casein B in a model system // Journal of Agricultural and Food Chemistry. — 2003. — Vol. 51, No. 27. — P. 7953–7960. — DOI: 10.1021/jf0261122.
49. Andrews A. T., Alichanidis E. Proteolysis of caseins and the proteose peptone fraction of bovine milk // Journal of Dairy Research. — 2009. — Vol. 76, No. 2. — P. 140–151. — DOI: 10.1017/S0022029909003867.
50. Harmon R. J., Schanbacher F. L., Ferguson L. C., Smith K. L. Concentration of lactoferrin in milk of normal lactating cows and changes occurring during mastitis // Journal of Dairy Science. — 1975. — Vol. 58, No. 4. — P. 507–511.
51. Park Y. W. Comparison of the chemical composition and mineral contents of goat milk with cow, sheep, and human milk // Small Ruminant Research. — 1994. — Vol. 14, No. 3. — P. 213–224.
52. Haenlein G. F. W. Composition and characteristics of goat milk // Small Ruminant Research. — 2004. — Vol. 51, No. 2. — P. 155–163.

53. Park Y. W. Milk composition and nutrition // In: Handbook of Milk Composition / Ed. Y. W. Park. — Academic Press, 2006. — P. 1–34.
54. Fox P. F., McSweeney P. L. H. Dairy Chemistry and Biochemistry. — 2nd ed. — Springer, 2015. — 644 p.
55. Жумагалиева А. Б., Мухамеджанова Г. Т. Национальные кисломолочные продукты Казахстана: традиции и современные технологии. — Алматы: Казахский национальный университет, 2020. — 180 с.
56. Soomro A. H., Masud T., Anwar M. Functional and probiotic properties of fermented milk products: a review // International Journal of Dairy Technology. — 2002. — Vol. 55, No. 3. — P. 105–112.
57. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt: Science and Technology. — 3rd ed. — Woodhead Publishing, 2007. — 368 p.
58. Codex Alimentarius. HACCP System and Guidelines for its Application. — FAO/WHO, 2003. — 50 p.
59. Кульженко Н. М., Орехов В. М. Технология производства творога и сырков. — Москва: Колос, 2011. — 320 с.
60. Баранов В. И. Производство кисломолочных продуктов. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2007. — 250 с.
61. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt: Science and Technology. — 3rd ed. — Woodhead Publishing, 2007. — 368 p.
62. Ali M. B., Murtaza M. S., Shahbaz M., Sameen A., Rafique S., Arshad R., Razaa N., Akbar Z., Kausar G., Amjad A. Functional, textural, physicochemical and sensorial evaluation of cottage cheese standardized with food grade coagulants // Food Science and Technology (Campinas). — 2022. — Vol. 42, No. 5. — Article 33420. — DOI: 10.1590/fst.33420.
63. Корнеева М. А. Современные технологии производства творога и творожных продуктов // Молочная промышленность. — 2020. — No. 5. — P. 15–18.
64. Beketova A., et al. Technology improvement of sour cream production using probiotic strains // Eurasian Journal of Food Science and Technology. — 2021. — Vol. 5, No. 2. — P. 102–108.
65. Сулейменова Д. К. Исследование микробиоты традиционных кисломолочных продуктов Казахстана // Вестник аграрной науки Казахстана. — 2021. — No. 4. — P. 79–84.
66. Hui Y. H., Evranuz E. Ö. Handbook of Animal Based Fermented Food and Beverage Technology / Eds. Y. H. Hui, E. Ö. Evranuz. — 2nd ed. — Boca Raton; CRC Press, 2012. — 814 p. — ISBN 9781439850220.
67. TechInfus. Reservoir method: технология производства сметаны обоими способами [электронный ресурс]. — URL: https://biz.techinfus.com/en/new-kak-vybrat-oborudovanie-dlya-proizvodstva-smetany.html.
68. WO2017105285A1. Method for producing baked sour cream. — Международная заявка патента WO, публикация 2017. — URL: https://patents.google.com/patent/WO2017105285A1/en.
69. Гаврилова Н. Н., Черньпольская Н. В., Ребезов М. А., Моисейкина Д. В. Advanced biotechnology of specialized fermented milk product // International

Journal of Recent Technology and Engineering. — 2019. — Vol. 8, No. 2. — P. 2718–2722. — DOI: 10.35940/ijrte.B2072.0982S219. URL:https://www.researchgate.net/publication/373997450_Organization_of_the_production_process_of_sour_cream_and_sour_cream_product_using_modernized_equipment (дата обращения: 16.09.2025).
70. Гербер Ю. Б., Гаврилов А. В. Обоснование параметров механической обработки молока при производстве кисломолочных продуктов // Техника и технология пищевых производств. — 2019. — Т. 49, № 3. — С. 375–382. — DOI: 10.21603/2074-9414-2019-3-375-382.
71. Крусь Г. Н., Храмцов А. Г., Волокитина З. В., Карпычев С. В. Технология молока и молочных продуктов. — Москва: КолосС, 2004. — 455 с. — ISBN 5-9532-0166-4.
72. Крусь Г. Н., Шалыгина А. М., Волокитина З. В. Методы исследования молока и молочных продуктов. — Москва: КолосС, 2002. — 367 с.
73. Wu Sha, Li Dong, Li Shujun, Bhandari Bhesh, Yang Baoling, Chen Xiaodong, Mao Zhihuai. Effects of incubation temperature, starter culture level and total solids content on the rheological properties of yogurt // International Journal of Food Engineering. — 2009. — Vol. 5, No. 2. — DOI: 10.2202/1556-3758.1436.
74. Haque A., Richardson R. K., Morris E. A. Effect of fermentation temperature on the rheology of set and stirred yogurt // Food Hydrocolloids. — 2001. — Vol. 15, Issues 4–6. — P. 593–602. — DOI: 10.1016/S0268-005X(01)00090-X.
75. Characterization of a fermented dairy, sour cream: Lipolysis and the release profile of flavor compounds. International study // PubMed ID 37178602. — 2022–2023.
76. Das D., Goyal A. Probiotic functional yogurt: Challenges and opportunities // Fermentation. — 2022. — Vol. 8, No. 1. — P. 6. — DOI: 10.3390/fermentation8010006.
77. Ibrahim I. A., Ismail M. A., Bakar J., Ghazali H. M. Effect of fermentation temperature and culture concentration on microbial and physicochemical properties of cow and goat milk yogurt // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2019. — Vol. 406, No. 1. — P. 012009. — DOI: 10.1088/1755-1315/406/1/012009.
78. Wang R., Liu Y., Zhang L., Sun G., Yu D. Influence of fermentation time and storage conditions on the physicochemical properties of different yogurt varieties using starter cultures and probiotic Lactobacillus rhamnosus GG // Processes. — 2023. — Vol. 11, No. 3. — P. 759. — DOI: 10.3390/pr11030759.
79. Flórez A. B., Ruas Madiedo P., Alonso L., Mayo B. Microbial, chemical and sensorial variables of the Spanish traditional blue veined Cabrales cheese, as affected by inoculation with commercial Penicillium roqueforti spores // European Food Research and Technology. — 2006. — Vol. 222, No. 3. — P. 250–257. — DOI: 10.1007/s00217-005-0021-2.
80. Gente S., Guyot J. P., Molimard P., Gripon P., Lollier M. Penicillium roqueforti: a multifunctional cell factory of high value added molecules // Journal of Applied Microbiology. — 2015. — Vol. 119, No. 6. — P. 1578–1594. — DOI: 10.1111/jam.12706.

81. Anonymous. The role of fungi in cheese ripening // Economic Botany. — 1953. — Vol. 7. — P. 27–42.
82. Flórez A. B., López-Díaz T. M., Álvarez-Martín P., Mayo B. Microbial characterisation of the traditional Spanish blue-veined Cabrales cheese: Identification of dominant lactic acid bacteria // European Food Research and Technology. — 2006. — Vol. 223, No. 4. — P. 503–508. — https://doi.org/10.1007/s00217-005-0230-8.
83. McMahon D. J., Motawee M. M., McManus W. R. Influence of brine concentration and temperature on composition, microstructure and yield of feta cheese // Journal of Dairy Science. — 2009. — Vol. 92, No. 9. — P. 4169–4179. — DOI: 10.3168/jds.2009-2183.
84. Singh R. P., Heldman D. R. Introduction to Food Engineering. — 5th ed. — Academic Press, 2014. — 800 p. — ISBN 978-0-12-378612-8.
85. Eriksson C., Gustavsson T. Design and control of automatic filling and packaging machines for viscous food products // Journal of Food Engineering. — 2000. — Vol. 45, No. 2. — P. 105–111. — DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00051-5.
86. Bansal N., Sharma V. Advances in Packaging of Dairy Products: A Review // International Journal of Dairy Technology. — 2020. — Vol. 73, No. 1. — P. 10–22. — DOI: 10.1111/1471-0307.12689.
87. ISO 22000:2018. Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. — International Organization for Standardization, 2018. — 44 p.
88. ISO 19344:2015. Milk and milk products — Quantification of lactic acid bacteria by flow cytometry method. — International Organization for Standardization, 2015. — 16 p.
89. ISO 9232:2003 (amendment 2023). Milk and milk products — Identification of characteristic microorganisms in starter cultures by phenotypic methods — Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus and Streptococcus thermophilus. — International Organization for Standardization, 2003. — 18 p.
90. ISO 12081:2010. Milk and milk products — Determination of calcium content — Titrimetric method. — International Organization for Standardization, 2010. — 12 p.
91. ISO 11869:1997 / ISO/TS 11869:2012. Milk and milk products — Determination of acidity of fermented milk products — Potentiometric method. — International Organization for Standardization, 1997; Technical Specification, 2012. — 14 p.
92. ISO 8968-1:2014. Milk and milk products — Determination of nitrogen content — Part 1: Kjeldahl method for protein determination. — International Organization for Standardization, 2014. — 24 p.
93. Codex Alimentarius Commission. Codex general standard for fermented milk (CODEX STAN 243-2003) / Food and Agriculture Organization of the United Nations; World Health Organization. — Rome, 2004. — 16 p.

94. СТ РК 2069—2015. Кисломолочная продукция. Общие технические условия. — Астана: Национальный институт стандартизации и метрологии Республики Казахстан, 2015
95. СТ РК 2117—2015. Национальные казахские молочные продукты. Виды. Общие технические условия. — Астана: Меганорм, 2015. — [Электронный ресурс].
96. СТ РК ISO 19344—2016. Количественная оценка молочнокислых бактерий. Адаптация ISO 19344:2015 для Республики Казахстан. — Астана: Национальный институт стандартизации и метрологии Республики Казахстан, 2016.
97. СТ РК 3390—2019. Йогуртоподобные продукты со заменителями молочного жира. Общие технические условия. — Астана: Национальный институт стандартизации и метрологии Республики Казахстан, 2019.
98. СТ РК 1733—2015. Молоко и молочные продукты. Общие технические условия. — Астана: Национальный институт стандартизации и метрологии Республики Казахстан, 2015. — [Электронный ресурс].
99. Комитет технического регулирования и метрологии Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан. Государственный реестр продукции Республики Казахстан [Электронный ресурс].
100. СТ РК 1733—2015. Молоко и молочные продукты. Общие технические условия. — Астана, 2015. — 24 с.
101. СТ ТОО 39050637-02-2009. Напитки кисломолочные «Новый день». — Алматы, 2009.
102. СТ ТОО 39050712-02-2020. Продукты кисломолочные с добавлением соли. — Алматы, 2020.
103. ГОСТ 31452—2012. Сметана. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2012. — 15 с.
104. ГОСТ 31453—2013. Творог и творожные продукты. Технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2013. — 18 с.
105. ГОСТ 53436—2009. Сыры рассольные. Общие технические условия. — Москва: Стандартинформ, 2009. — 20 с.
106. Санитарные правила и нормы (СанПиН) Республики Казахстан по молочной продукции. — Министерство здравоохранения Республики Казахстан, актуальные редакции.
107. Atte V., Tulemissova Zh. K., Baikhozhaeva B. U., Ikombayev T. D., Omarova A. B. Identification of probiotic strains by modern analytical techniques // News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. — 2019. — Vol. 3, No. 435. — P. 30–35.
108. Икомбаев Т. Д., Оспанова А. К., Тулемисова Ж. К., Омарова А. Б. Бактерияларды идентификациялау үшін API тест әдісін қолданудың тиімділігі // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. «Современные вызовы для биотехнологии, ветеринарии и медицины», Гвардейский, 2020. — С. 171–177. — ISBN 978-61-332-123-5.

109. Sanders M. E., Merenstein D. J., Reid G., Gibson G. R., Rastall R. A. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic // Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol. — 2019. — Vol. 16. — P. 605–616. — https://doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3.
110. Sharma M., Wasan A., Sharma R. K. Recent developments in probiotics: An emphasis on Bifidobacterium // Food Bioscience. — 2021. — Vol. 41. — Article 100993. — https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100993.
111. Benjamin-van Aalst O., Dupont C., van der Zee L., Garssen J., Knipping K. Goat milk allergy and a potential role for goat milk in cow's milk allergy // Nutrients. — 2024. — Vol. 16. — Article 2402. — https://doi.org/10.3390/nu16152402.
112. Chen X., Zhang Z., Niu H., Tian X., Tian H., Yao W., He H., Shi H., Li C., Luo J. Goat milk improves glucose metabolism in type 2 diabetic mice and protects pancreatic β-cell functions // Mol. Nutr. Food Res. — 2024. — Vol. 68. — Article e2200842. — https://doi.org/10.1002/mnfr.202200842.
113. Liu Y., Zhang F. Comparison of whole goat milk and its major fractions regarding the modulation of gut microbiota // J. Sci. Food Agric. — 2022. — Vol. 102. — P. 3618–3627. — https://doi.org/10.1002/jsfa.11708.
114. Islam Md. Z., Uddin Md. E., Rahman Md. T., Islam M. A., Harun-ur-Rashid Md. Isolation and characterization of dominant lactic acid bacteria from raw goat milk: Assessment of probiotic potential and technological properties // Small Ruminant Research. — 2021. — Vol. 205. — Article 106532. — https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106532.
115. Zoueki C. W., Tufenkji N., Ghoshal S. A modified microbial adhesion to hydrocarbons assay to account for the presence of hydrocarbon droplets // J. Colloid Interface Sci. — 2010. — Vol. 344. — P. 492–496. — https://doi.org/10.1016/j.jcis.2009.12.043.
116. Abdugamitova A., Serikbayeva A., Mateyeva A., Orymbetova G., Mateyeva S. Z., Matibaeyva A., Toleugazykyzy A. Proximate and fatty acid analysis of goat and goat-cow mixed milk cheeses // Potravinarstvo. — 2024. — Vol. 18. — P. 807–818. — https://doi.org/10.5219/2000.
117. Икомбаев Т., Оспанова А. К., Омарова А. Б. Ешкі, жылқы және түйе сүттерінің салыстырмалы сипаттамасы // Сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. «Современные вызовы для биотехнологии, ветеринарии и медицины», Гвардейский, 2020. — С. 167–171. — ISBN 978-61-332-123-5.
118. Myktybaeva R. Zh., Kozhakhmetova Z. A., Omarova A. B., Ikombayev T. D. Development of starters for dairy products based on goat's milk // Int. Conf. on Microbiology "Biology and Biotechnology of Microorganisms" (ICMBB 2021), 16–17 Sept. 2021, Tashkent, Uzbekistan. — Abstract Book. — P. 54–55.
119. Mkadem W., Indio V., Belguith K., Oussaief O., Savini F., Giacometti F., El Hatmi H., Serraino A., De Cesare A., Boudhrioua N. Influence of fermentation container type on chemical and microbiological parameters of spontaneously fermented cow and goat milk // Foods. — 2023. — Vol. 12. — Article 1836. — https://doi.org/10.3390/foods12091836.

120. Premasiri D. A., Rajawardana D. U., Muddannayake D. C., Hewajulige I. G. Isolation, characterization and identification of industrially beneficial probiotic lactic acid bacteria from goat milk // J. Agric. Sciences. — 2021. — Vol. 16. — P. 369–382. — https://doi.org/10.4038/jas.v16i2.9341.
121. Bangar S. P., Suri S., Trif M., Ozogul F. Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach // Food Bioscience. — 2022. — Vol. 46. — Article 101615. — https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101615.
122. Silva L. F., Sunakozawa T. N., Monteiro D. A., Casella T., Conti A. C., Todorov S. D., Penna A. L. B. Potential of cheese-associated lactic acid bacteria to metabolize citrate and produce organic acids and acetoin // Metabolites. — 2023. — Vol. 13. — Article 1134. — https://doi.org/10.3390/metabo13111134.
123. Ferrari I. da S., de Souza J. V., Ramos C. L., da Costa M. M., Schwan R. F., Dias F. S. Selection of autochthonous lactic acid bacteria from goat dairies and their addition to evaluate the inhibition of *Salmonella typhi* in artisanal cheese // Food Microbiology. — 2016. — Vol. 60. — P. 29–38. — https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.06.014.
124. Coelho M. C., Malcata F. X., Silva C. C. G. Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions // Foods. — 2022. — Vol. 11. — Article 2276. — https://doi.org/10.3390/foods11152276.
125. Goa T., Beyene G., Mekonnen M., Gorems K. Isolation and characterization of lactic acid bacteria from fermented milk produced in Jimma Town, Southwest Ethiopia, and evaluation of their antimicrobial activity against selected pathogenic bacteria // Int. J. Food Sci. — 2022. — Article 2076021. — https://doi.org/10.1155/2022/2076021.
126. Hadef S., Idoui T., Sifour M., Genay M., Dary-Mourot A. Screening of wild lactic acid bacteria from Algerian traditional cheeses and goat butter to develop a new probiotic starter culture // Probiotics and Antimicrobial Proteins. — 2023. — Vol. 15. — P. 387–399. — https://doi.org/10.1007/s12602-022-10000-2.
127. Farid W., Masud T., Sohail A., Ahmad N., Naqvi S. M. S., Khan S., Ali A., Khalifa S. A., Hussain A., Ali S., Saghir M., Siddeeg A., Manzoor M. F. Gastrointestinal transit tolerance, cell surface hydrophobicity, and functional attributes of *Lactobacillus acidophilus* strains isolated from indigenous dahi // Food Science & Nutrition. — 2021. — Vol. 9. — P. 5092–5102. — https://doi.org/10.1002/fsn3.2468.
128. Ruiz M. J., Medina L. M., Palacio M. I., Vega M. F., Etcheverría S., Frizzo L. S., Etcheverría A. I. Investigation of some probiotic and technological properties of lactic acid bacteria strains isolated from artisanal sheep milk cheese and their growth in goat milk // Small Ruminant Research. — 2024. — Vol. 238. — Article 107329. — https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107329.
129. Qureshi N., Gu Q., Li P. Whole genome sequence analysis and in vitro probiotic characteristics of a *Lactobacillus* strain *Lactobacillus paracasei* ZFM54 // Journal of Applied Microbiology. — 2020. — Vol. 129. — P. 422–433. — https://doi.org/10.1111/jam.14627.
130. Dehghani Champiri I., Bamzadeh Z., Rahimi E., Rouhi L. *Lacticaseibacillus paracasei* LB12, a potential probiotic isolated from traditional Iranian fermented

milk (Doogh) // Current Microbiology. — 2023. — Vol. 80. — Article 333. — https://doi.org/10.1007/s00284-023-03376-z.
131. Sharma A., Lavania M., Singh R., Lal B. Identification and probiotic potential of lactic acid bacteria from camel milk // Saudi Journal of Biological Sciences. — 2021. — Vol. 28. — P. 1622–1632. — https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.062.
132. Dlamini Z. C., Langa R. L. S., Aiyegoro O. A., Okoh A. I. Safety evaluation and colonisation abilities of four lactic acid bacteria as future probiotics // Probiotics and Antimicrobial Proteins. — 2019. — Vol. 11. — P. 397–402. — https://doi.org/10.1007/s12602-018-9430-y.
133. Bindu A., Lakshmidevi N. Identification and in vitro evaluation of probiotic attributes of lactic acid bacteria isolated from fermented food sources // Archives of Microbiology. — 2021. — Vol. 203. — P. 579–595. — https://doi.org/10.1007/s00203-020-02037-0.
134. El Oirdi S., Lakhlifi T., Fraberger V., D'Amico S., Kaddouri A. C., Bouymajane A., Yatim M., Belhaj A. Probiotic features of three lactic acid bacteria strains isolated from foods and characterization of their bioactive molecules // Microbiology. — 2023. — Vol. 92. — P. 881–891. — https://doi.org/10.1134/S0026261722603554.
135. Hojjati M., Behabahani B. A., Falah F. Aggregation, adherence, anti-adhesion and antagonistic activity properties relating to surface charge of probiotic *Lactobacillus brevis* gp104 against *Staphylococcus aureus* // Microbial Pathogenesis. — 2020. — Vol. 147. — Article 104420. — https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104420.
136. Lau L. Y. J., Quek S. Y. Probiotics: Health benefits, food application, and colonization in the human gastrointestinal tract // Food Bioengineering. — 2024. — Vol. 3. — P. 41–64. — https://doi.org/10.1002/fbe2.12078l.
137. Yang Z., Ni L., Tian W., Chi H. Screening and identification of goat-milk-derived lactic acid bacteria with bacteriocin-like activity and probiotic potentials // Microorganisms. — 2023. — Vol. 11. — Article 849. — https://doi.org/10.3390/microorganisms11040849.
138. Reuben R. C., Roy P. C., Sarkar S. L., Rubayet Ul Alam A. S. M., Jahid I. K. Characterization and evaluation of lactic acid bacteria from indigenous raw milk for potential probiotic properties // Journal of Dairy Science. — 2020. — Vol. 103. — P. 1223–1237. — https://doi.org/10.3168/jds.2019-17092.
139. Akinyemi M. O., Ogunremi O. R., Adeleke R. A., Ezekiel C. N. Probiotic potentials of lactic acid bacteria and yeasts from raw goat milk in Nigeria // Probiotics and Antimicrobial Proteins. — 2024. — Vol. 16. — P. 163–180. — https://doi.org/10.1007/s12602-022-10022-w.
140. Fonseca H. C., de Sousa Melo D., Ramos C. L., Dias D. R., Schwan R. F. Probiotic properties of lactobacilli and their ability to inhibit the adhesion of enteropathogenic bacteria to Caco-2 and HT-29 cells // Probiotics and Antimicrobial Proteins. — 2021. — Vol. 13. — P. 102–112. — https://doi.org/10.1007/s12602-020-09659-2.

141. M.M. Ayyash, A.K. Abdalla, N.S. AlKalbani, M.A. Baig, M.S. Turner, M. S., S.Q. Liu, N.P. Shah, Invited review: Characterization of new probiotics from dairy and nondairy products-Insights into acid tolerance, bile metabolism and tolerance, and adhesion capability. J. Dairy Sci. 104 (2021) 8363–8379, https://doi.org/10.3168/jds.2021-20398.
142. da Silva L. A., Lopes Neto J. H. P., Cardarelli H. R. Safety and probiotic functionality of isolated goat milk lactic acid bacteria // Annals of Microbiology. — 2019. — Vol. 69. — P. 1497–1505. — https://doi.org/10.1007/s13213-019-01533-z.
143. de Moraes G. M. D., de Abreu L. R., do Egito A. S., Salles H. O., da Silva L. M. F., Nero L. A., Todorov S. D., Dos Santos K. M. O. Functional properties of *Lactobacillus mucosae* strains isolated from Brazilian goat milk // Probiotics and Antimicrobial Proteins. — 2017. — Vol. 9. — P. 235–245. — https://doi.org/10.1007/s12602-016-9244-8.
144. Islam M. Z., Jahan N., Liza R. I., Sojib M. S., Hasan M. S., Ferdous T., Islam M. A., Rashid M. H. Newly characterized *Lactiplantibacillus plantarum* strains isolated from raw goat milk as probiotic cultures with potent cholesterol-lowering activity // Journal of Agriculture and Food Research. — 2022. — Vol. 10. — Article 100427. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100427.
145. Li T., Teng D., Mao R., Hao Y., Wang X., Wang J. A critical review of antibiotic resistance in probiotic bacteria // Food Research International. — 2020. — Vol. 136. — Article 109571. — https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109571.
146. Saliba L., Zoumpopoulou G., Anastasiou R., Hassoun G., Karayiannis Y., Sgouras D. N., Tsakalidou E., Deiana P., Montanari L., Mangia N. P. Probiotic and safety assessment of *Lactobacillus* strains isolated from Lebanese Baladi goat milk // International Dairy Journal. — 2021. — Vol. 120. — Article 105092. — https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105092.
147. Grujović M. Ž., Marković K. G., Morais S., Semedo-Lemsaddek T. Unveiling the potential of lactic acid bacteria from Serbian goat cheese // Foods. — 2024. — Vol. 13. — Article 2065. — https://doi.org/10.3390/foods13132065.
148. Colautti A., Arnoldi M., Comi G., Iacumin L. Antibiotic resistance and virulence factors in lactobacilli: something to carefully consider // Food Microbiology. — 2022. — Vol. 103. — Article 103934. — https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103934.
149. Ikombayev T. D., Ospanova A. K., Omarova A. B., Horackova Sh., Tuganbay A. K. Functional properties of lactic acid bacteria isolated from raw goat milk and cottage cheese // Journal of Agriculture and Food Research. — 2025. — Vol. 21. — Article 101822.
150. Yelnetty A., Purwadi, Ekawati Tallei T. Indigenous lactic acid bacteria isolated from spontaneously fermented goat milk as potential probiotics // Pakistan Journal of Biological Sciences. — 2020. — Vol. 23. — P. 883–890. — https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.883.890.
151. Capri F. C., Gaglio R., Botta L., Settanni L., Alduina R. Selection of starter lactic acid bacteria capable of forming biofilms on wooden vat prototypes for

their future application in traditional Sicilian goat's milk cheese making // International Journal of Food Microbiology. — 2024. — Vol. 419. — Article 110752. — https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110752.
152. Агибаева А. Ж., Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л. Творожный продукт из козьего молока для специализированного питания // Молочная промышленность. — 2023. — №6. — С. 44–48. — https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-6-2.
153. Faccia M. Chemical and technological characterization of dairy products // Foods. — 2020. — Vol. 9, №10. — Article 1475. — https://doi.org/10.3390/foods9101475.
154. Налепа Б., Маркевич Л. Х. Microbiological biodiversity of regional cow, goat and ewe milk cheeses produced in Poland and antibiotic resistance of lactic acid bacteria isolated from them // Animals. — 2023. — Vol. 13, №1. — Article 168. — https://doi.org/10.3390/ani13010168.
155. ГОСТ 28283–2015. Молоко коровье. Метод органолептической оценки вкуса и запаха. — Москва: Стандартинформ, 2015.
156. Журавлева Т. Н., Синицына О. И. Современные пробиотические закваски для кисломолочных продуктов // Пищевая промышленность. — 2020. — №8. — С. 42–45.
157. ГОСТ 33526–2015. Молоко и продукты переработки молока. Методика определения содержания антибиотиков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. — Москва: Стандартинформ, 2015.
158. ГОСТ 32254–2013. Молоко. Инструментальный экспресс-метод определения антибиотиков. — Москва: Стандартинформ, 2013.
159. ГОСТ Р 59507–2021. Молоко и молочное сырьё. Определение наличия остаточного содержания антибиотиков и лекарственных веществ иммунологическими методами. — Москва: Стандартинформ, 2021.
160. Кашеварова М. П. Технология производства творога и творожных продуктов: учебник. — Москва: Колос, 2010. — 192 с.
161. Павлова Л. А., Бойко В. И. *Технология молока и молочных продуктов: учебник*. — Санкт-Петербург: Питер, 2014. — 320 с.
162. Ломов С. А. *Молочные продукты: производство и технология: учебник*. — Москва: Агропромиздат, 2008. — 256 с.
163. Стародубцева Л. П., Власова Е. В. Технология творога // *Молочная промышленность*. — 2021. — № 3. — С. 45–49.
164. ГОСТ 31759–2012. *Творог и творожные продукты. Общие технические условия*. — Москва: Стандартинформ, 2012. — 24 с.
165. Романов А. В. *Технология молока и молочных продуктов: учебник*. — М.: КолосС, 2015. — 528 с.
166. Певзнер М. И. *Руководство по диетологии*. — М.: Медицина, 1984. — 384 с.
167. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition // *Small Ruminant Research*. — 2004. — Vol. 51, Issue 2. — P. 155–163. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.010.

168. Park Y.W. Bioactive components in goat milk // *Small Ruminant Research*. — 2009. — Vol. 89, Issues 2–3. — P. 119–124. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2009.08.005.
169. Ranadheera C.S., Baines S.K., Adams M.C. Probiotic viability and physico-chemical properties of goat milk yogurt // *Food Research International*. — 2010. — Vol. 43, Issue 3. — P. 658–666. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.01.021.
170. Silva M.C., Silva H.L., Costa M.C. Fermented goat milk and health benefits: A review // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2017. — Vol. 57, Issue 17. — P. 3567–3578. DOI: 10.1080/10408398.2016.1205796.
171. Champagne C.P., Gardner N.J., Roy D. Challenges in the addition of probiotic cultures to foods // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2005. — Vol. 45, Issue 1. — P. 61–84. DOI: 10.1080/10408690590900309.
172. Gänzle M.G., Lohse M., Walter J. Metabolism of oligosaccharides and starch in lactobacilli: a review // *Frontiers in Microbiology*. — 2014. — Vol. 5, Article 340. DOI: 10.3389/fmicb.2014.00340.
173. Fooks L.J., Gibson G.R. Probiotics as modulators of the gut flora // *British Journal of Nutrition*. — 2002. — Vol. 88, Supplement 1. — P. S39–S49. DOI: 10.1079/BJN2002689.
174. Bernet M.F., Brassart D., Neeser J.R., Servin A.L. Adhesion of human bifidobacteria to epithelial cells and interaction with pathogens // *Infection and Immunity*. — 1993. — Vol. 61, Issue 9. — P. 3688–3693.
175. O'Flaherty S., Klaenhammer T.R. Functional and probiotic properties of lactic acid bacteria in the human gut // *Current Opinion in Biotechnology*. — 2010. — Vol. 21, Issue 2. — P. 142–147. DOI: 10.1016/j.copbio.2010.01.005.
176. Park Y.W. Goat milk — chemistry and nutrition // In: *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals*. Eds. Y.W. Park, G.F.W. Haenlein. — Oxford: Blackwell Publishing, 2006. — P. 34–58. ISBN: 9780813808744.
177. Haenlein G.F.W. Goat milk in human nutrition // *Small Ruminant Research*. — 2004. — Vol. 51, Issue 2. — P. 155–163. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2003.08.010.
178. El-Agamy E.I. The challenge of cow milk protein allergy // *Small Ruminant Research*. — 2007. — Vol. 68, Issues 1–2. — P. 64–72. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2006.09.016.
179. Ceballos L.S., Morales E.R., Adarve G.T., et al. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology // *Journal of Food Composition and Analysis*. — 2009. — Vol. 22, Issue 4. — P. 322–329. DOI: 10.1016/j.jfca.2009.01.002.
180. Farahmand N., Ouoba L.I.I., Naghizadeh Raeisi S., Sutherland J., Ghoddusi H.B. Probiotic *Lactobacilli* in fermented dairy products: selective detection, enumeration and identification scheme // *Microorganisms*. — 2021. — Vol. 9, No. 8. — Art. 1600. — DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms9081600.
181. Tadesse E., Eshetu M., Mulaw G., et al. Formulation and evaluation of probiotic starter culture: impact on Ethiopian cottage cheese "Ayib" safety, stability, sensory acceptability and antioxidant potential // *Heliyon*. — 2023. — Vol. 9, No. 7. — Art. e18316. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18316.

182. Ołdak A., Zielińska D., Cieślińska A., et al. Quantity of selected probiotic cultures in semi-hard cheese with low-cooking curd during the maturation process // *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. — 2015. — Vol. 65, No. 3. — Pp. 193–198. — DOI: https://doi.org/10.1515/pjfns-2015-0017.
183. Zawistowska-Rojek A., Zaręba T., Tyski S. Microbiological testing of probiotic preparations // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. — 2022. — Vol. 19, No. 9. — Article 5701. — DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph19095701.
184. Begum N., Ahsan S., Ansari A., et al. Identification of *Lactobacillus* strains from human mother milk and cottage cheese, revealed potential probiotic properties with enzymatic activity // *Biological Research*. — 2022. — Vol. 55. — Article 21. — DOI: https://doi.org/10.1186/s40659-022-00381-2.
185. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013). — Принят решением КТС № 67 от 09.10.2013 г.
186. Rahmatalla S.A., Arends D., Brockmann G.A., et al. Genetic and protein variants of milk caseins in goats // *Frontiers in Genetics*. — 2022. — Vol. 13. — Article 995349. — DOI: https://doi.org/10.3389/fgene.2022.995349.
187. Masoodi T.A., Shafi G. Analysis of casein alpha S1 & S2 proteins from different mammalian species // *Bioinformation*. — 2012. — Vol. 8, No. 21. — Pp. 1035–1041. — DOI: https://doi.org/10.6026/97320630081035.
188. Pawlos M., Znamirowska A., Kluz M., Szajnar K., Kowalczyk M. Low-lactose fermented goat milks with *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB-12 // *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. — 2020. — Vol. 9, No. 4. — Pp. 751–755. — DOI: https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.4.751-755.
189. Panchal G., Hati S., Darji V.B., Prajapati J.B. Antioxidant activities, proteolytic activity and growth behavior of *Lactobacillus* cultures during fermentation of goat milk // *Indian Journal of Dairy Science*. — 2020. — Vol. 73, No. 6. — Pp. 563–569. — URL: https://epubs.icar.org.in/index.php/IJDS/article/view/91378.
190. Ziarno M., Mituniewicz-Małek A., Dmytrów I. Effect of the addition of *Bifidobacterium* monocultures on the physical, chemical, and sensory characteristics of fermented goat milk // *Journal of Dairy Science*. — 2017. — Vol. 100, No. 7. — Pp. 5077–5083. — DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2017-12577.
191. Papademas P., Kamilari E., Aspri M., Anagnostopoulos D.A., Mousikos P., Kamilaris A., Tsaltas D. Investigation of the Cyprus donkey milk bacterial diversity by 16S rDNA high-throughput sequencing in a Cyprus donkey farm // *arXiv*. — 2020. — Article 2009.02156. — URL: https://arxiv.org/abs/2009.02156.
192. Chen D., Li X.Y., Zhao X., Qin Y.S., Zhang X.X., Li J., Wang J.M., Wang C.F. Proteomics and microstructure profiling of goat milk protein after homogenization // *Journal of Dairy Science*. — 2019. — Vol. 102, No. 5. — Pp. 3839–3850. — DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2018-15363.

193. Dimitrellou D., Salamoura C., Kontogianni A., Katsipi D., Kandylis P., Zakynthinos G., Varzakas T. Effect of milk type on the microbiological, physicochemical and sensory characteristics of probiotic fermented milk // *Microorganisms*. — 2019. — Vol. 7, No. 9. — Article 274. — DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms7090274.
194. Громова О.А., Громов А.А., Яковлева Л.В. Пробиотики: механизмы действия и перспективы применения в профилактике и лечении заболеваний // *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. — 2019. — Т. 21, № 2. — С. 120–127. — DOI: https://doi.org/10.36488/cmac.2020.2.120-127.
195. Фисун А.Я., Соловьёв А.Г., Степанова Н.Н. Функциональные кисломолочные продукты с пробиотическими культурами: значение для здоровья человека // *Вопросы питания*. — 2021. — Т. 90, № 5. — С. 101–107. — DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2021-10050.
196. Hill C., Guarner F., Reid G., et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic // *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*. — 2014. — Vol. 11, No. 8. — Pp. 506–514. — DOI: https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66.
197. Ouwehand A.C., Tiihonen K., Saarinen M., et al. Influence of probiotic supplementation on the microbiota composition and immune markers // *British Journal of Nutrition*. — 2015. — Vol. 113, No. 6. — Pp. 892–900. — DOI: https://doi.org/10.1017/S0007114514004216.
198. Guo S., Chen M., Wu T., Liu K., Zhang H., Wang J. Probiotic *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* Probio M8 improves the properties and organic acid metabolism of fermented goat milk // *Journal of Dairy Science*. — 2022. — Vol. 105, No. 12. — Pp. 9426–9438. — DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2022-22003.
199. Casarotti S.N., Borgonovi T.V., Tieghi T.M., Sivieri K., et al. Probiotic low-fat fermented goat milk with passion fruit by-product: in vitro effect on obese individuals' microbiota and on metabolites production // *Food Research International*. — 2020. — Vol. 136. — Art. 109453. — DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108954.
200. Мартыненко И.А., Иванова Н.В. Влияние режима пастеризации на качество кисломолочных продуктов // *Вестник молочной промышленности*. — 2021. — № 4. — С. 23–29.
201. Смирнова Е.П., Кузнецова Т.И. Использование отечественных заквасочных культур в производстве функциональных кисломолочных продуктов // *Пищевая промышленность*. — 2022. — № 1. — С. 14–20.
202. Петров А.В., Сидорова М.В. Технология сквашивания и её влияние на органолептические свойства творожных продуктов // *Технология молочных продуктов*. — 2023. — Т. 58, № 2. — С. 45–51.
203. Абдуллин Р.Р., Гильманов И.М. Экономическая эффективность производства фермерского творога на основе козьего молока //

Агропромышленный комплекс: экономика и управление. — 2020. — № 7. — С. 56–62.
204. Иванов С.П., Николаева Л.К. Современные подходы к развитию рынка эко-продуктов в Казахстане // *Экономика и управление*. — 2022. — № 11. — С. 101–107.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г.Алматы, пр-т Райымбека 348/5, тел. 8(727)2774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 9583 от «01» сентября 2022 г.

Наименование продукции: **Творог из козьего молока**
Регистрационный номер: **9583**
Дата поступления образца: **26.08.2022 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и пр.):
Заявитель: **Икомбаев Т.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **26.08.2022 г. – 01.09.2022 г.**
Обозначение НД на продукцию:
Условия проведения испытания: температура – **22°С**, влажность – **62%.**

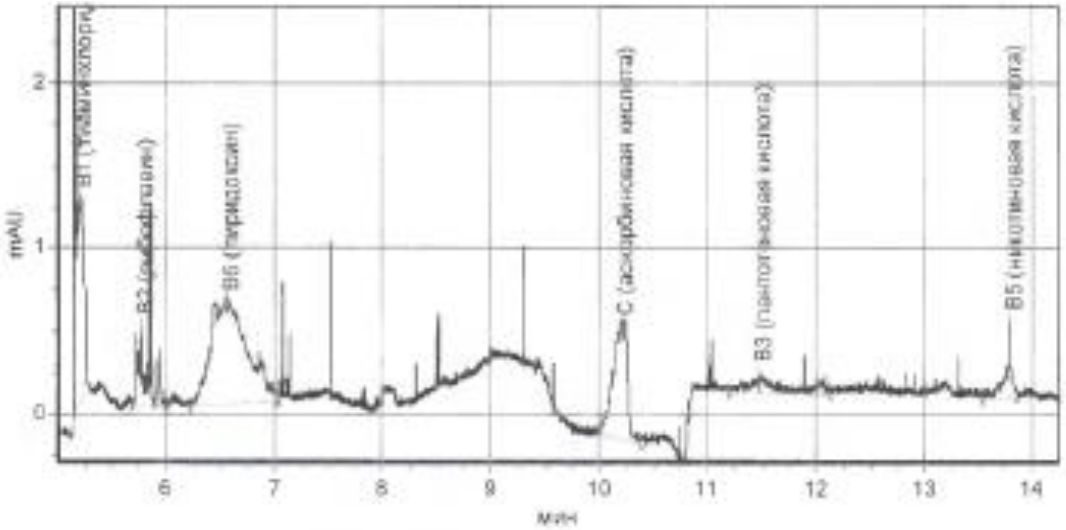
Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Фактические результаты	НД на методы испытаний
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
- массовая доля белка, %		21,07	ГОСТ 34454-2018
- массовая доля жира, %		9,86	ГОСТ 5867-90
- массовая доля углеводов, %		2,84	Перманганатометрический метод
Энергетическая ценность, ккал		164,81	
Витамин:			
-водорастворимые, мг/100 г		Приложение №1	М-04-41-2005
Минеральные элементы, мг/100 г:			
-калий		643,08±4,32	ГОСТ ISO 8070/IDF119-2014
-кальций		615,18±3,38	ГОСТ ISO 8070/IDF119-2014
-фосфор		374,69±2,25	ГОСТ Р 51473-99

Директор НИИ ПБ _____ Набиева Ж.С.
Исполнители: _____ Самадуи А.И.
_____ Толеуханова Н.С.

Протокол испытаний распространяется только на образец, подвергнутый испытаниям.
Частичная или полная перепечатка протокола испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов запрещена.

Приложение №1 к протоколу № 9583 от «01» сентября 2022 г.

Дата:01.09.2022 12:23:37
Оператор:potzovatel
Файл ЭФГ:C:\Lumex\Elforun\mdf\АК_Творог_2209011223.mdf
Файл метода:C:\Lumex\Elforun\Программы\Витамины с давлением_Жанар_291112.mdk
Температура анализа:30.0 °C
Длина волны:200
Проба: Творог
Этап 1: Время 899 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 0 мбар, Длина волны 200 нм.
Этап 2: Время 300 сек, Напр. 25 кВ, Давл. 50 мбар, Длина волны 200 нм
Метод расчета:Абсолютная градуировка



N	Время	Компонент	Высота	Начало	Конец	Площадь	Конц. мг/л	Конц. мг/100г.
1	5.217	B1 (тиамин-хлорид)	1.243	5.147	5.273	70.03	0.027	0.27±0.054
2	5.775	B2 (рибофлавин)	0.493	5.687	6.012	39.4	0.012	0.12±0.050
3	6.562	B6 (пиридоксин)	0.643	6.215	7.048	146.3	0.033	0.33±0.066
4	10.198	C (аскорбиновая кислота)	0.680	9.998	10.392	69.04	0.13	1.30±0.44
5	11.475	B3 (пантотеновая кислота)	0.103	11.195	12.130	25.49	0.019	0.19±0.038
6	13.795	B5 (никотиновая кислота)	0.464	13.538	13.847	15.76	0.0031	0.031±0.006

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г.Алматы, пр-т Райымбека 348/5, тел. 8(727)2774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 9584 от «01» сентября 2022 г.

Наименование продукции: **Творог из коровьего молока**
Регистрационный номер: **9584**
Дата поступления образца: **26.08.2022 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и пр.):
Заявитель: **Икомбаев Т.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **26.08.2022 г. – 01.09.2022 г.**
Обозначение НД на продукцию:
Условия проведения испытания: температура – **22°С**, влажность – **62%.**

Наименование показателей, единицы измерения	**Норма по НД**	**Фактические результаты**	**НД на методы испытаний**
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
-массовая доля белка, %		27,44	ГОСТ 34454-2018
- массовая доля жира, %		13,07	ГОСТ 5867-90
- массовая доля углеводов, %		2,32	Перманганатометрический метод
Энергетическая ценность, ккал		211,64	

Директор НИИ ПБ _____ Набиева Ж.С.
Исполнители: _____ Самадун А.И.
_____ Толеуханова Н.С.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г. Алматы, пр. Райымбека 348/5, тел. 8(727)2774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 553 от «28» мая 2025 г.

Наименование продукции: **Творог из козьего молока, заквашенный с использованием композиции *Lacticaseibacillus paracasei* KAN E1 4 и *Bifidobacterium cradlactis* 7-2C**
Регистрационный номер: **553**
Дата поступления образца: **14.05.2025 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и ср.):
Заявитель: **Икомбаев И.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **14.05.2025 г.-28.05.2025 г.**
Обозначение НД на продукцию: **ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов», Прил. 2, Табл. 1, пункт 11.**
Условия проведения испытания: температура – 21°С, влажность – 64%.

Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Фактические результаты	НД на методы испытаний
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
-массовая доля белка, %		14,45±0,09	ГОСТ 25179-2014
-массовая доля жира, %		16,33±0,15	ГОСТ 5867-90
-массовая доля углеводов, %		2,20±0,01	Перманганатометрический метод
-массовая доля влаги, %		66,22±0,64	ГОСТ 3626-73
-титруемая кислотность, °Т		51	ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал		217,02	
Минеральные элементы:			ГОСТ 31980-2012
-P, %		0,208±0,083	ГОСТ Р 55331-2012
-Ca, %		0,151±0,002	
Микробиологические показатели:			
-КМАФАнМ, КОЕ/г	$1x10^2$	$1,7x10^3$	ГОСТ 9225-84

Директор НИЛ ПБ: Набиева Ж.С.
Исполнители: Самадуи А.И.
Усенбаева М.А.
Мутовин М.Е.

Протокол испытаний распространяется только на образец, подвергнутый испытаниям.
Частичная или полная перепечатка протоколов испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов запрещена.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г.Алматы, пр. Райымбека 348/5, тел: 8(727)2774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 554 от «28» мая 2025 г.

Наименование продукции: **Творог** из козьего молока, заквашенный с использованием **композиции *Lacticaseibacillus paracasei* Gch 5.2.1 и *Lactiactis subsp. lactis* 7-8M.**
Регистрационный номер: **554**
Дата поступления образца: **14.05.2025 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и пр.):
Заявитель: **Икомбаев И.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **14.05.2025 г.–28.05.2025 г.**
Обозначение НД на продукцию: **ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов», Прил. 2, Табл. 1, пункт 11.**
Условия проведения испытания: температура – 21°С, влажность – 64%.

Наименование показателей, единицы измерения	**Норма по НД**	**Фактические результаты**	**НД на методы испытаний**
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
-массовая доля белка, %		14,38±0,13	ГОСТ 25179-2014
-массовая доля жира, %		21,09±0,23	ГОСТ 5867-90
-массовая доля углеводов, %		3,04±0,03	Перманганатометрический метод
-массовая доля влаги, %		56,31±0,60	ГОСТ 3626-73
-титруемая кислотность, °Т		№	ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал		258,73	
Минеральные элементы:			ГОСТ 31980-2012
-P, %		0,211±0,002	ГОСТ Р 55331-2012
-Ca, %		0,169±0,001	
Микробиологические показатели:			
-КМАФАнМ, КОЕ/г	$1x10^7$	$1,2x10^7$	ГОСТ 9225-84

Директор НИЛ ПБ: Набиева Ж.С.
Исполнители: Сандуз А.Н.
Усенбаева М.А.
Мутлин М.Е.

Протокол испытаний распространяется только на образцы, испытанные в условиях.
Частичная или полная перепечатка протокола испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности пищевых и сельскохозяйственных продуктов запрещена.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г.Алматы, пр. Райымбека 348/5, тел. 8(727)2 774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 555 от «28» мая 2025 г.

Наименование продукции: **Творог** из козьего молока, заквашенный с использованием **композиции Lact.lactis subsp. lactis** 7-1М и Bifidobacterium **crudilactis** 7-6С.
Регистрационный номер: **555**
Дата поступления образца: **14.05.2025 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и пр.):
Заявитель: **Икомбаев Н.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **14.05.2025 г.-28.05.2025 г.**
Обозначение НД на продукцию: **ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов», Прил. 2, Табл. 1, пункт 11.**
Условия проведения испытания: температура – 21°С, влажность – 64%.

Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Фактические результаты	НД на методы испытаний
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
-массовая доля белка, %		14,60±0,13	ГОСТ 25179-2014
-массовая доля жира, %		20,80±0,25	ГОСТ 5867-90
-массовая доля углеводов, %		2,66±0,04	Пермант каптометрический метод
-массовая доля влаги, %		58,89±0,47	ГОСТ 3626-73
-титруемая кислотность, °Т		68	ГОСТ 3624-92
Энергетическая ценность, ккал		255,57	
Минеральные элементы:			ГОСТ 31980-2012
-P, %		0,214±0,002	ГОСТ Р 55331-2012
-Ca, %		0,155±0,002	
Микробиологические показатели:			
-КМАФАнМ, КОЕ/г	$1x10^7$	$1,4x10^7$	ГОСТ 9225-84

Директор НИЛ ОБ: Набиева Ж.С.
Исполнители: Сандуи А.И.
Усенбаева М.А.
Мутиева М.Е.

Протокол испытаний распространяется только на образец, подвергнутый испытанию.
Частичная или полная перепечатка протокола испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов запрещена

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

ALMATY TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

АО «Алматинский технологический университет»
Научно-исследовательская лаборатория по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов
050061, г.Алматы, пр. Райымбека 348/5, тел. 8(727)2774743,
e-mail: food_safety@mail.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 556 от «28» мая 2025 г.

Наименование продукции: **Творог из** коньего молока без закваски
Регистрационный номер: **556**
Дата поступления образца: **14.05.2025 г.**
Основание для испытаний (акт отбора и пр.):
Заявитель: **Икомбаев И.Д.**
Изготовитель (страна, фирма, предприятие):
Вид испытаний: **Контрольный**
Дата изготовления:
Срок годности:
Дата начала и окончания испытаний: **14.05.2025 г.-28.05.2025 г.**
Обозначение НД на продукцию: **ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевых продуктов», Прил. 7 Табл. 1, пункт 11.**
Условия проведения испытания: температура – 21°С, влажность – 64%.

Наименование показателей, единицы измерения	Норма по НД	Фактические результаты	НД на методы испытаний
1	2	3	4
Физико-химические показатели:			
-массовая доля влаги, %		49,89±0,31	ГОСТ 3626-73
-титруемая кислотность, °Т		56	ГОСТ 3624-92
Микробиологические показатели:			
-КМАФАнМ, КОЕ/г	$1x10^7$	$1,1x10^7$	ГОСТ 9225-84

Директор НИИ ПБ: Набиева Ж.С.
Исполнители: Самедун А.И.
Усенбаева М.А.
Мухаммед М.Е.

Протокол испытаний распространяется только на образец, подвергнутый испытаниям.
Частичная или полная перепечатка протоколов испытаний без разрешения Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов запрещена.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ё

УТВЕРЖДАЮ
И.о.директора Института
«Науки о животных»
ветеринарии
Абдрахманов С.К.

АКТ

Мы, нижеподписавшиеся: члены комиссии Омарова А.Б., Адильбекова Э.К., Абдиева Н.Т., Абдрахманова Г.К. подтверждаем, что в ходе проведённых исследований были получены и проанализированы результаты определения органолептических и микробиологических показателей исследуемых проб творога из козьего молока, полученного: традиционным способом (контроль), а также по разработанной шадящей технологии с использованием трёх композиций пробиотических заквасок.

Разработанная технология направлена на улучшение производства вязкопластичных кисломолочных продуктов, в частности творога, из козьего молока. Основу технологии составляет: применение отечественных низкокислотопродуцирующих пробиотических заквасок, минимизация тепловой нагрузки, сохранение биоценоза и органолептики козьего молока.

Таблица 1 - Результаты определения органолептических показателей исследуемых проб творога

Исследуемые пробы творога	Наименование показателей и характеристика		
	Консистенция и внешний вид	Вкус и запах	Цвет
Творог, полученный традиционным способом (контроль)	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый с выраженный кисломолочный запах и вкус, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. Paracasei KAN EI 4+ C Bifidobacterium cardilactis 7-2C*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, свойственный кисломолочному продукту, менее выраженный кислый запах и вкус, без постороннего вкуса и запаха	Белый с кремовым оттенком по всей масса.
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1 + Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, имеет ароматный кисломолочный запах и слабокислый, сладковатый вкус, не имеет постороннего вкуса и запаха.	Слегка кремовый равномерный.
Творог на основе консорциума *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + C. Bifidobacterium crudilactis 7-6C*	Однородная, нежная, мелкозернистая, мажущаяся.	Чистый, кисломолочный, свойственный доброкачественному творогу, без постороннего вкуса и запаха	Молочно-белый по всей масса.

Таблица 2 -Микробиологические показатели исследуемых проб творога на основе козьего молока

Исследуемые пробы творога	Микробиологические показатели		
	КМАФАнМ, КОЕ/г	Бактерии группы кишечной палочки, БГКП (коли-формы)	Молочнокислые и бифидобактерии КОЕ/г
Творог, полученный традиционным способом	$1,1x10^1$	Не обнаружено	$52x10^5$
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. Paracasei KAN EI 4 + Bifidobacterium curdilactis 7-2C*	$1,7x10^2$	Не обнаружено	$11x10^7$
Творог на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1+ Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M*	$1,2x10^1$	Не обнаружено	$28x10^7$
Творог на основе консорциума Консорциум *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-1M + C Bifidobacterium crudilactis 7-6C*	$1,7x10^2$	Не обнаружено	$35x10^7$

Содержание пробиотических микроорганизмов в продукте достигает не менее 10^7 КОЕ/г, что обеспечивает выраженный функциональный эффект.

По сравнению с контрольным образцом, пробиотические образцы творога показали улучшенные физико-химические характеристики. Кислотность в них была существенно снижена — с 156°Т в контрольной пробе до 51–79°Т, что делает продукт мягче на вкус и лучше усваиваемым. Массовая доля жира в пробиотических вариантах увеличилась с 9,86% до 16,33–21,09%, что повысило их питательную ценность. Также было отмечено большее содержание влаги: в опытных образцах оно составляло 56,31–66,22%, тогда как в контрольном — только 49,89%.

Применение щадящей технологии позволило сохранить высокую питательную и биологическую ценность козьего молока, а также улучшить вкусовые и микробиологические характеристики готового продукта.

Наилучшим по совокупности органолептических, физико-химических и микробиологических показателей признан творог, изготовленный на основе консорциума *Lacticasei bacillus subsp. paracasei Gch 5.2.1* и *Lactococcus lactis subsp. lactis 7-8 M.* Данный образец отличался сбалансированным вкусом и выраженным кисломолочным ароматом, приятной однородной консистенцией, пониженной кислотностью и высокой пробиотической активностью. Результаты исследований позволяет отнести данный продукт к категорий функциональных пищевых продуктов с выраженным оздоровительным эффектом, а представленная технология может быть рекомендована для использования при разработке и производстве инновационных кисломолочных продуктов.

Старший преподаватель,PhD
ГОП «Животноводства и биологических наук» Омарова А.Б.

Старший преподаватель,PhD
ГОП «Животноводства и биологических наук» Адильбекова Э.К.

Старший преподаватель,магистр
ГОП «Животноводства и биологических наук» Абдиева Н.Т.

Старший преподаватель, магистр
ГОП «Животноводства и биологических наук» Абдрахманова Г.К.

Соискатель, PhD докторант Ивомбаев Т.Д.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН

REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ПАТЕНТ
PATENT

№ 3738

ПАЙДАЛЫ МОДЕЛЬГЕ / НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ / FOR UTILITY MODEL

(21) 2018/0590.2

(22) 17.08.2018

Қазақстан Республикасы пайдалы модельдер мемлекеттік тізілімінде тіркеу күні / Дата регистрации в Государственном реестре полезных моделей Республики Казахстан / Date of the registration in the State Register of Utility Models of the Republic of Kazakhstan: 01.03.2019

(54) Сүтқышқылды және пробиотикалық өнімдер дайындауға арналған Lact.lactis subsp lactis 7-8 M штаммы
Штамм Lact.lactis subsp lactis 7-8 M, используемый для производства кисломолочных и пробиотических продуктов
Lact.lactis subsp lactis 7-8 M strain intended for production of fermented-milk and probiotic food

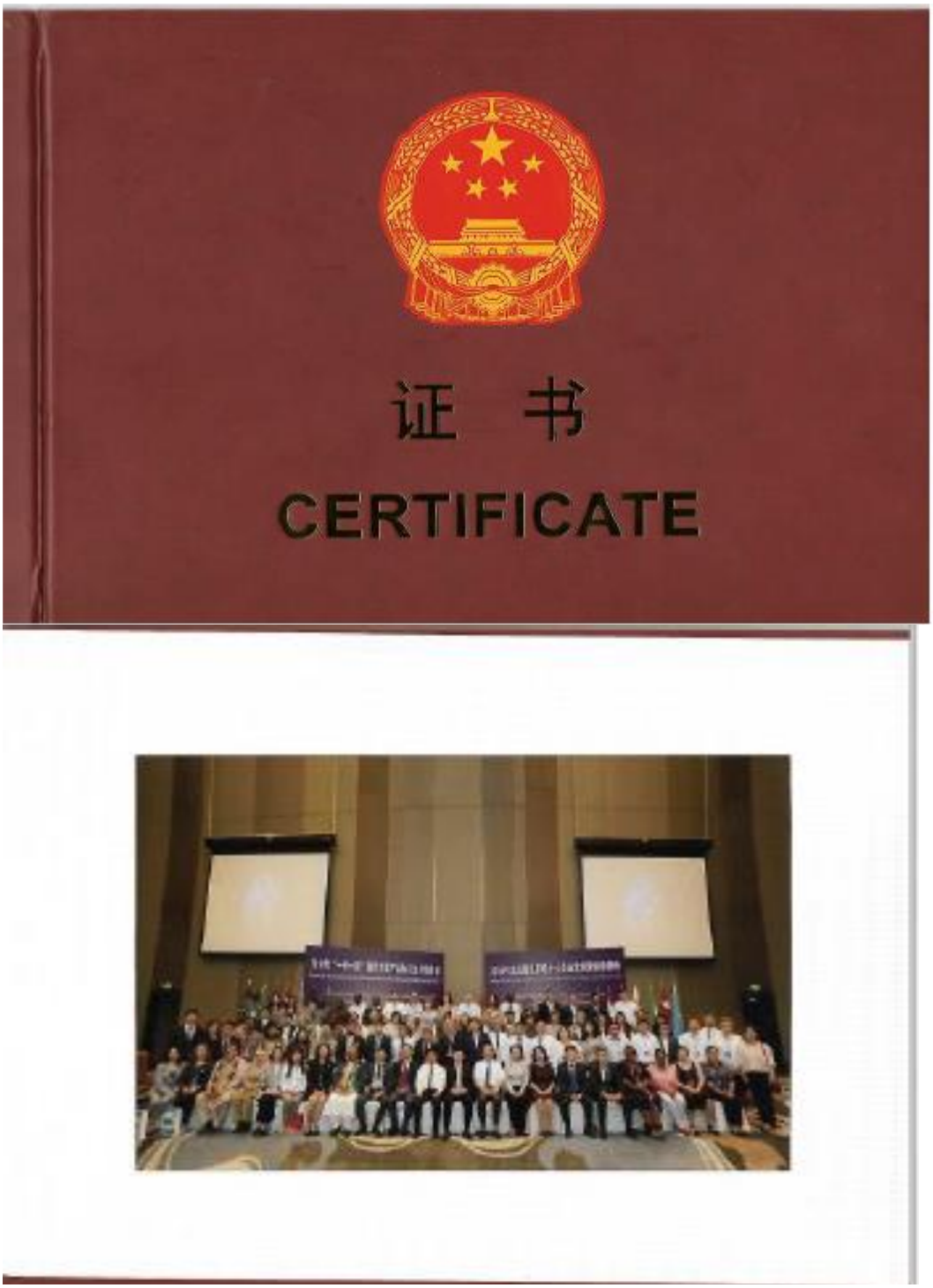
(73) «Қазақ ұлттық аграрлық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы (KZ)
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный аграрный университет» (KZ)
«Kazakh National Agrarian University» Non-Commercial Joint-Stock Company (KZ)

(72) Омарова Аккенже Бердихановна (KZ)
Тулемисова Жанара Кенесовна (KZ)
Серикбаева Асия Демеухановна (KZ)

Omarova Akkenzhe Berdikhanovna (KZ)
Tulemisova Zhanara Kenesovna (KZ)
Serikbayeva Asiya Demeukhanovna (KZ)

«Ұлттық зияткерлік меншік институты» РМК директорының м.а.
И.о. директора РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности»
Executive director of RSE «National institute of intellectual property»

ПРИЛОЖЕНИЕ 3



No. 15A1236015

(Translation)



[illegible]萨克斯坦共和国，自2015年6月6日至2015年6月26日在中国哈尔滨参加了由中华人民共和国商务部主办，哈尔滨商业大学承办的"2015年'一带一路'国家农副产品加工技术研修班"，特此证明。

This is to certify that Mr. IKOMBAYEV-TALGAT from The Republic of Kazakhstan has completed "Seminar on Agricultural and Livestock Products Processing For the Belt and Road Countries of 2015" sponsored by the Ministry of Commerce and organized by Harbin University of Commerce and from 6th June to 25th June, 2015 in Harbin of the People's Republic of China.

中国援助
CHINA AID

二〇一五年六月二十六日

Ministry of Commerce
People's Republic of China
26th June, 2015

ПРИЛОЖЕНИЕ И



An official website of the United States government

Here's how you know

Nucleotide

GenBank

Lacticaseibacillus paracasei strain Cch 5.2.3 16S ribosomal RNA gene, partial sequence

GenBank: PX376986.1

FASTA Graphics

Go to:

```
LOCUS       PX376986               1012 bp    DNA     linear   BCT 22-SEP-2025
DEFINITION  Lacticaseibacillus paracasei strain Cch 5.2.3 16S ribosomal RNA
            gene, partial sequence.
ACCESSION   PX376986
VERSION     PX376986.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Lacticaseibacillus paracasei
  ORGANISM  Lacticaseibacillus paracasei
            Bacteria; Bacillati; Bacillota; Bacilli; Lactobacillales;
            Lactobacillaceae; Lacticaseibacillus.
REFERENCE   1  (bases 1 to 1012)
  AUTHORS   Omarova,A. and Ikombayev,T.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-SEP-2025) Microbiology and biotechnology, Kazakh
            Agrotechnical research university named after S.Seifullin, Kerei
            Zhanibek khandar 14 A, Astana, Astana 010017, Kazakhstan
COMMENT     Sequences were screened for chimeras by the submitter using Galaxy
            EU web.

            ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..1012
                     /organism="Lacticaseibacillus paracasei"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /strain="Cch 5.2.3"
                     /db_xref="taxon:1597"
                     /geo_loc_name="Kazakhstan"
                     /collection_date="05-Dec-2023"
     rRNA            <1..>1012
                     /product="16S ribosomal RNA"
ORIGIN
        1 aaccgagatt caacatggaa cgagtggcgg acgggtgagt aacacgtggg taacctgccc
       61 ttaagtgggg gataacattt ggaaacagat gctaataccg catagatcca agaaccgcat
      121 ggttcttggc tgaaagatgg cgtaagctat cgcttttgga tggacccgcg gcgtattagc
      181 tagttggtga ggtaatggct caccaaggcg atgatacgta gccgaactga gaggttgatc
      241 ggccacattg ggactgagac acggcccaaa ctcctacggg aggcagcagt agggaatctt
      301 ccacaatgga cgcaagtctg atggagcaac gccgcgtgag tgaagaaggc tttcgggtcg
      361 taaaactctg ttgttggaga agaatggtcg gcagagtaac tgttgccggc gtgacggtat
      421 ccaaccagaa agccacggct aactacgtgc cagcagccgc ggtaatacgt aggtggcaag
      481 cgttatccgg atttattggg cgtaaagcga gcgcaggcgg ttttttaagt ctgatgtgaa
      541 agccctcggc ttaaccgagg aagcgcatcg gaaactggga aacttgagtg cagaagagga
      601 cagtggaact ccatgtgtag cggtgaaatg cgtagatata tggaagaaca ccagtggcga
      661 aggcggctgt ctggtctgta actgacgctg aggctcgaaa gcatgggtag cgaacaggat
      721 tagataccct ggtagtccat gccgtaaacg atgaatgcta ggtgttggag ggttttccgcc
      781 cttcagtgcc gcagctaacg cattaagcat tccgcctggg gagtacgacc gcaaggttga
      841 aactcaaagg aattgacggg ggcccgcaca agcggtggag catgtggttt aattcgaagc
      901 aacgcgaaga accttaccag gtcttgacat cttttgatca cctgagagat caggtttccc
      961 cttcgggggc aaaatgacag gtggtgcatg gttgtcgtca gctcgtgtcg tg
//
```

An official website of the United States government
Here's how you know

Nucleotide

GenBank

Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei strain Cch 5.3.7 16S ribosomal RNA gene, partial sequence

GenBank: PX376985.1

FASTA Graphics

Go to:

```
LOCUS       PX376985               1120 bp    DNA     linear   BCT 22-SEP-2025
DEFINITION  Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei strain Cch 5.3.7 16S
            ribosomal RNA gene, partial sequence.
ACCESSION   PX376985
VERSION     PX376985.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei
  ORGANISM  Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei
            Bacteria; Bacillati; Bacillota; Bacilli; Lactobacillales;
            Lactobacillaceae; Lacticaseibacillus.
REFERENCE   1  (bases 1 to 1120)
  AUTHORS   Ikombayev,T. and Omarova,A.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-SEP-2025) Microbiology and biotechnology, Kazakh
            Agrotechnical research university named after S.Seifullin, Kerei
            Zhanibek khandar 14 A, Astana, Astana 010017, Kazakhstan
COMMENT     Sequences were screened for chimeras by the submitter using Galaxy
            EU web.

            ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..1120
                     /organism="Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /strain="Cch 5.3.7"
                     /sub_species="paracasei"
                     /db_xref="taxon:47714"
                     /geo_loc_name="Kazakhstan"
                     /collection_date="05-Dec-2021"
     rRNA            <1..>1120
                     /product="16S ribosomal RNA"
ORIGIN
        1 tgttaagtgc aagtcgaacg agttctcgtt gatgatcggt gcttgcaccg agattcaaca
       61 tggaacgagt ggcggacggg tgagtaacac gtgggtaacc tgcccttaag tgggggataa
      121 catttggaaa cagatgctaa taccgcatag atccaagaac cgcatggttc ttggctgaaa
      181 gatggcgtaa gctatcgctt ttggatggac ccgcggcgta ttagctagtt ggtgaggtaa
      241 tggctcacca aggcgatgat acgtagccga actgagaggt tgatcggcca cattgggact
      301 gagacacggc ccaaactcct acgggaggca gcagtaggga atcttccaca atggacgcaa
      361 gtctgatgga gcaacgccgc gtgagtgaag aaggctttcg ggtcgtaaaa ctctgttgtt
      421 ggagaagaat ggtcggcaga gtaactgttg tcggcgtgac ggtatccaac cagaaagcca
      481 cggctaacta cgtgccagca gccgcggtaa tacgtaggtg gcaagcgtta tccggattta
      541 ttgggcgtaa agcgagcgca ggcggttttt taagtctgat gtgaaagccc tcggcttaac
      601 cgaggaagcg catcggaaac tgggaaactt gagtgcagaa gaggacagtg gaactccatg
      661 tgtagcggtg aaatgcgtag atatatggaa gaacaccagt ggcgaaggcg gctgtctggt
      721 ctgtaactga cgctgaggct cgaaagcatg ggtagcgaac aggattagat accctggtag
      781 tccatgccgt aaacgatgaa tgctaggtgt tggagggttt ccgcccttca gtgccgcagc
      841 taacgcatta agcattccgc ctggggagta cgaccgcaag gttgaaactc aaaggaattg
      901 acgggggccc gcacaagcgg tggagcatgt ggtttaattc gaagcaacgc gaagaacctt
      961 accaggtctt gacatctttt gatcacctga gagatcaggt ttcccccttcg ggggcaaatg
     1021 acaggtggtg catggttgtc gtcagctcgt gtcgtgagat gttgggttaa gtcccgcaac
     1081 gagcgcaacc cttatgacta gttgccagca tttagttggg
//
```

An official website of the United States government
Here's how you know

Nucleotide

GenBank

Lactiplantibacillus plantarum strain Cch 5.3.6 16S ribosomal RNA gene, partial sequence

GenBank: PX376954.1

FASTA Graphics

Go to:

```
LOCUS       PX376954               1127 bp    DNA     linear   BCT 22-SEP-2025
DEFINITION  Lactiplantibacillus plantarum strain Cch 5.3.6 16S ribosomal RNA
            gene, partial sequence.
ACCESSION   PX376954
VERSION     PX376954.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Lactiplantibacillus plantarum
  ORGANISM  Lactiplantibacillus plantarum
            Bacteria; Bacillati; Bacillota; Bacilli; Lactobacillales;
            Lactobacillaceae; Lactiplantibacillus.
REFERENCE   1  (bases 1 to 1127)
  AUTHORS   Omarova,A. and Ikombayev,T.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-SEP-2025) Microbiology and biotechnology, Kazakh
            Agrotechnical research university named after S.Seifullin, Kerei
            Zhanibek khandar 14 A, Astana, Astana 010017, Kazakhstan
COMMENT     Sequences were screened for chimeras by the submitter using Galaxy
            EU web.

            ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..1127
                     /organism="Lactiplantibacillus plantarum"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /strain="Cch 5.3.6"
                     /db_xref="taxon:1590"
                     /geo_loc_name="Kazakhstan"
                     /collection_date="05-Dec-2021"
     rRNA            <1..>1127
                     /product="16S ribosomal RNA"
ORIGIN
        1 agctgtaagt gacaagtcga acgaactctg gtattgattg gtgcttgcat catgatttac
       61 atttgagtga gtggcgaact ggtgagtaac acgtgggaaa cctgcccaga agcgggggat
      121 aacacctgga aacagatgct aataccgcat aacaacttgg accgcatggt ccgagtttga
      181 aagatggctt cggctatcac ttttggatgg tcccgcggcg tattagctag atggtggggt
      241 aacggctcac catggcaatg atacgtagcc gacctgagag ggtaatcggc cacattggga
      301 ctgagacacg gcccaaactc ctacgggagg cagcagtagg gaatcttcca caatggacga
      361 aagtctgatg gagcaacgcc gcgtgagtga agaagggttt cggctcgtaa aactctgttg
      421 ttaaagaaga acatatctga gagtaactgt tcaggtattg acggtattta accagaaagc
      481 cacggctaac tacgtgccag cagccgcggt aatacgtagg tggcaagcgt tgtccggatt
      541 tattgggcgt aaagcgagcg caggcggttt tttaagtctg atgtgaaagc cttcggctca
      601 accgaagaag tgcatcggaa actgggaaac ttgagtgcag aagaggacag tggaactcca
      661 tgtgtagcgg tgaaatgcgt agatatatgg aagaacacca gtggcgaagg cggctgtctg
      721 gtctgtaact gacgctgagg ctcgaaagta tgggtagcag acaggattag ataccctggt
      781 agtccatacc gtaaacgatg aatgctaagt gttggagggt ttccgccctt cagtgctgca
      841 gctaacgcat taagcattcc gcctggggag tacggccgca aggctgaaac tcaaaggaat
      901 tgacgggggc ccgcacaagc ggtggagcat gtggtttaat tcgaagctac gcgaagaacc
      961 ttaccaggtc ttgacatact atgcaaatct aagagattag acgttccctt cggggacatg
     1021 gatacaggtg gtgcatggtt gtcgtcagct cgtgtcgtga gatgttgggt taagtcccgc
     1081 aacgagcgca acccttatta tcagttgcca gcattaagtt gggcact
//
```

An official website of the United States government
Here's how you know

Nucleotide

GenBank

Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei strain Gch 5.2.1 16S ribosomal RNA gene, partial sequence

GenBank: PX376708.1

FASTA Graphics

Go to:

```
LOCUS       PX376708                539 bp    DNA     linear   BCT 22-SEP-2025
DEFINITION  Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei strain Gch 5.2.1 16S
            ribosomal RNA gene, partial sequence.
ACCESSION   PX376708
VERSION     PX376708.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei
  ORGANISM  Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei
            Bacteria; Bacillati; Bacillota; Bacilli; Lactobacillales;
            Lactobacillaceae; Lacticaseibacillus.
REFERENCE   1  (bases 1 to 539)
  AUTHORS   Ospanova,A., Horackova,S., Tuganbay,A., Kassenova,G., Zhamurova,V.,
            Sharipova,S., Suleimenova,Z., Ikombayev,T. and Omarova,A.
  TITLE     Functional properties of lactic acid bacteria isolated from raw
            goat milk and cottage cheese
  JOURNAL   J Agric Food Res 21 (101822), 1-11 (2025)
REFERENCE   2  (bases 1 to 539)
  AUTHORS   Omarova,A. and Ikombayev,T.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-SEP-2025) Microbiology and biotechnology, Kazakh
            Agrotechnical research university named after S.Seifullin, Kerei
            Zhanibek khandar 14 A, Astana, Astana 010017, Kazakhstan
COMMENT     Sequences were screened for chimeras by the submitter using Galaxy
            EU web.

            ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..539
                     /organism="Lacticaseibacillus paracasei subsp. paracasei"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /strain="Gch 5.2.1"
                     /sub_species="paracasei"
                     /db_xref="taxon:47714"
                     /geo_loc_name="Kazakhstan"
                     /collection_date="05-Dec-2021"
     rRNA            <1..>539
                     /product="16S ribosomal RNA"
ORIGIN
        1 agctatacgt tgatgatcgg tgcttgcacc gagattcaac atggaacgag tggcggacgg
       61 gtgagtaaca cgtgggtaac ctgcccttaa gtgggggata acatttggaa acagatgcta
      121 ataccgcata gatccaagaa ccgcatggtt cttggctgaa agatggcgta agctatcgct
      181 tttggatgga cccgcggcgt attagctagt tggtgaggta atggctcacc aaggcgatga
      241 tacgtagccg aactgagagg ttgatcggcc acattgggac tgagacacgg cccaaactcc
      301 tacgggaggc agcagtaggg aatcttccac aatggacgca agtctgatgg agcaacgccg
      361 cgtgagtgaa gaaggctttc gggtcgtaaa actctgttgt tggagaagaa tggtcggcag
      421 agtaactgtt gccggcgtga cggtatccaa ccagaaagcc acggctaact acgtgccagc
      481 agccgcggta atacgtaggt ggcaagcgtt atccggattt attgggcgta aagcgagcg
//
```

An official website of the United States government
Here's how you know

Nucleotide

GenBank

Lacticaseibacillus paracasei strain KAN EI 4 16S ribosomal RNA gene, partial sequence

GenBank: PX377005.1

FASTA Graphics

Go to:

```
LOCUS       PX377005               1136 bp    DNA     linear   BCT 22-SEP-2025
DEFINITION  Lacticaseibacillus paracasei strain KAN EI 4 16S ribosomal RNA
            gene, partial sequence.
ACCESSION   PX377005
VERSION     PX377005.1
KEYWORDS    .
SOURCE      Lacticaseibacillus paracasei
  ORGANISM  Lacticaseibacillus paracasei
            Bacteria; Bacillati; Bacillota; Bacilli; Lactobacillales;
            Lactobacillaceae; Lacticaseibacillus.
REFERENCE   1  (bases 1 to 1136)
  AUTHORS   Ikombayev,T., Omarova,A., Tuganbay,A., Horackova,S. and Ospanova,A.
  TITLE     Functional properties of lactic acid bacteria isolated from raw
            goat milk and cottage cheese
  JOURNAL   J Agric Food Res 21 (101822), 1-11 (2025)
REFERENCE   2  (bases 1 to 1136)
  AUTHORS   Ikombayev,T. and Omarova,A.
  TITLE     Direct Submission
  JOURNAL   Submitted (17-SEP-2025) Agriculture and bioresourses, Innovative
            Eurasian University, Mairy, Pavlodar, Pavlodar 140000, Kazakhstan
COMMENT     Sequences were screened for chimeras by the submitter using Galaxy
            EU web.

            ##Assembly-Data-START##
            Sequencing Technology :: Sanger dideoxy sequencing
            ##Assembly-Data-END##
FEATURES             Location/Qualifiers
     source          1..1136
                     /organism="Lacticaseibacillus paracasei"
                     /mol_type="genomic DNA"
                     /strain="KAN EI 4"
                     /db_xref="taxon:1597"
                     /geo_loc_name="Kazakhstan"
                     /collection_date="05-Dec-2023"
     rRNA            <1..>1136
                     /product="16S ribosomal RNA"
ORIGIN
        1 atacgctgtg atgatcggtg cttgcaccga gattcaacat ggaacgagtg gcggacgggt
       61 gagtaacacg tgggtaacct gcccttaagt gggggataac atttggaaac agatgctaat
      121 accgcataga tccaagaacc gcatggttct tggctgaaag atggcgtaag ctatcgcttt
      181 tggatggacc cgcggcgtat tagctagttg gtgaggtaat ggctcaccaa ggcgatgata
      241 cgtagccgaa ctgagaggtt gatcggccac attgggactg agacacggcc caaactccta
      301 cgggaggcag cagtagggaa tcttccacaa tggacgcaag tctgatggag caacgccgcg
      361 tgagtgaaga aggctttcgg gtcgtaaaac tctgttgttg gagaagaatg gtcggcagag
      421 taactgttgt cggcgtgacg gtatccaacc agaaagccac ggctaactac gtgccagcag
      481 ccgcggtaat acgtaggtgg caagcgttat ccggatttat tgggcgtaaa gcgagcgcag
      541 gcggtttttt aagtctgatg tgaaagccct cggcttaacc gaggaagcgc atcggaaact
      601 gggaaacttg agtgcagaag aggacagtgg aactccatgt gtagcggtga aatgcgtaga
      661 tatatggaag aacaccagtg gcgaaggcgg ctgtctggtc tgtaactgac gctgaggctc
      721 gaaagcatgg gtagcgaaca ggattagata ccctggtagt ccatgccgta aacgatgaat
      781 gctaggtgtt ggagggtttc cgcccttcag tgccgcagct aacgcattaa gcattccgcc
      841 tggggagtac gaccgcaagg ttgaaactca aaggaattga cgggggcccg cacaagcggt
      901 ggagcatgtg gtttaattcg aagcaacgcg aagaacctta ccaggtcttg acatcttttg
      961 atcacctgag agatcaggtt tccccttcgg gggcaaaatg acaggtggtg catggttgtc
     1021 gtcagctcgt gtcgtgagat gttgggttaa gtcccgcaac gagcgcaacc cttatgacta
     1081 gttgccagca tttagttggg cactctagta agactgccgg tgacaaaccg gaggaa
//
```