

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт Геологии и нефтегазового дела им К.Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Мустафина Айзада Бейбиталиевна

«Использование молочной сыворотки в производстве функциональных  
пищевых продуктов»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им.К.Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии



**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

На тему: «Использование молочной сыворотки в производстве  
функциональных пищевых продуктов»

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнила

Мустафина Айзада Бейбиталиевна

Рецензент

Научный руководитель

д.б.н., профессор

ассоц. профессор, к.б.н.

К.А. Мырзабек К.А.

Ж.М. Сулейменова Ж.М.

«09» 06 2025 г.

«09» 06 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им К.Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

6B05101– Химическая и биохимическая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

ХиБИ

канд.хим.наук, ассоц.проф.

*Мангазбаев Р.А.* Мангазбаева Р.А.  
«13» 06 2025 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Мустафина Айзада Бейбиталиевна

Тема: Использование молочной сыворотки в производстве функциональных  
пищевых продуктов

Утверждена приказом проректором по академической работе университета

№ 26-17/0 от «29» 01 2025г.

Срок сдачи законченной работы: «13» 06 2025г.

**Исходные данные к дипломной работе:**

Краткое содержание дипломной работы:

- а) введение, литературный обзор;
- б) материалы и методики исследования;
- в) результаты собственных исследований, выводы;

Перечень графического материала: 11 слайдов презентации  
работы

Рекомендуемая основная литература: из 63 источника

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Литературный обзор	12.02.2025	Выполнено
Экспериментальная часть	17.03.2025	Выполнено
Результаты исследования	16.04.2025	Выполнено
Заключения и выводы	28.04.2025	Выполнено

**Подписи**

Консультантов и норм контролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Раздел литературного обзора	Сулейманова Ж.М. К.б.н.	28.04.25	<i>Сул</i>
Экспериментальный раздел	Сулейманова Ж.М. К.б.н.	12.05.25	<i>Сул</i>
Норм контролер	Сулейманова Ж.М. К.б.н.	26.05.25	<i>Сул</i>

Научный руководитель

*Сул*

Сулейманова Ж.М.

Задание принял к исполнению

*Му*

Мустафина А.Б.

Дата

«09» 06 2025г.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыстың тақырыбы: «Функционалды тамақ өнімдерін өндіруде сарысуды қолдану».

Мақсаты: Функционалды сусындарды әзірлеу кезінде сарысуды қолдану мүмкіндігін бағалау және олардың физика-химиялық және микробиологиялық сипаттамаларына кешенді талдау жүргізу.

Жұмыс көлемі: 45 бет, 7 сурет, 8 кесте, 4 график және 2 диаграмма. Әдебиетке шолу 63 ғылыми әдебиет көздерін зерттеу арқылы орындалған.

Зерттеу объектісі: Сүт сарысуы.

Зерттеу пәні: Сарысу негізіндегі функционалды сусындар.

Зерттеу барысында сынамалар алынды сусын лингонберри қосылған сүт сарысуы және сусын көкжидек қосылған сүт сарысуы және оларды функционалды сусын ретінде қолдану мүмкіндігі бағаланды.

Басты сөздер: сүт сарысуы, функционалды тамақ өнімдері.

## **АННОТАЦИЯ**

Тема дипломной работы: «Использование молочной сыворотки в производстве функциональных пищевых продуктов».

Работа включает 45 страниц, 7 рисунков, 8 таблиц и 2 диаграммы. Обзор литературы выполнен при изучении 63 источников научной литературы.

Цель: Оценить возможность применения молочной сыворотки при разработке функциональных напитков и провести комплексный анализ их физико-химических и микробиологических характеристик.

Объект исследования: Молочная сыворотка.

Предмет исследования: Функциональные напитки на основе молочной сыворотки.

В процессе исследования были получены пробы напиток молочная сыворотка с брусникой и напиток молочная сыворотка с черникой и оценена их возможность применения в качестве функционального напитка.

Ключевые слова: молочная сыворотка, функциональные пищевые продукты.

## **ANNOTATION**

Thesis Topic: "The use of whey in the production of functional foods".

Work includes: 45 pages, 7 figures, 8 tables and 2 diagrams. The literature review is based on the study of 63 scientific literature sources.

Objective: To evaluate the possibility of using whey in the development of functional beverages and to conduct a comprehensive analysis of their physico-chemical and microbiological characteristics.

Research Object: Milk whey. Research Subject: Functional drinks based on whey. In the course of the study, samples of the drink whey with cranberries and the drink whey with blueberries were obtained and their possibility of use as a functional drink was evaluated.

Keywords: milk whey, functional food products.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	9
1. Литературный обзор .....	11
1.1.Молочная сыворотка.....	11
1.2.Устойчивое использование сыворотки и её компонентов.....	13
1.3.Химический состав молочной сыворотки .....	13
1.4.α-Лактальбумин ( $\alpha$ -La) и $\beta$ -Лактоглобулин ( $\beta$ -Lg) .....	15
1.5.Whey Powder (Порошок сыворотки) .....	16
1.6.Молочная кислота .....	18
1.7.Сыр из сыворотки (альбуминовый сыр) .....	20
1.8.Лактоза .....	21
1.9.Биоэтанол .....	22
1.10Производство биоэтанола в Казахстане из молочной сыворотки на основе биоконверсии лактозы.....	23
1.11.Биогаз .....	24
1.12.Функциональные продукты и напитки .....	25
1.13.Целебность молочной сыворотки.....	28
2. Материалы и методика исследования .....	29
3.1 Приготовление молочной сыворотки.....	34
3.2Приготовление напитков на основе молочной сыворотки .....	34
3.3Оценка органолептических показателей .....	35
3.4 Оценка физико-химических показателей .....	36
3.5 Оценка микробиологических показателей .....	39
3.6 Обсуждение результатов .....	41
Заключение.....	42
Список литературы:.....	43

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы.** Функциональные пищевые продукты — это продукты и ингредиенты, полезные для здоровья не только по своей питательной ценности. Исследования в области функциональных пищевых продуктов быстро расширяются, поскольку они могут помочь предотвратить некоторые заболевания.

Молочная сыворотка — побочный продукт молочной промышленности, который в течение многих лет считался незначительным и либо использовался в качестве корма для животных, либо утилизировался как отходы. Учитывая, что ежегодно во всем мире производится более 160 миллионов тонн сыворотки, можно оценить стремление к новым методам использования сыворотки. За последние годы было проведено несколько исследований, касающихся важности сыворотки, ее пищевой ценности и свойств ее ингредиентов.

Молочная сыворотка признана высококачественным источником питательных веществ и, как известно, содержат некоторые биологически активные компоненты. Они богаты незаменимыми аминокислотами, такими как цистеин, аминокислотами с разветвленной цепью, такими как лейцин, валин и изолейцин, а также биологически активными пептидами. Молочная сыворотка выглядят многообещающими в качестве потенциального функционального продукта питания, учитывая их антиоксидантные, противовоспалительные свойства, способность снижать кровяное давление, борясь с ожирением и подавлять аппетит, что обсуждается в литературе. Молочная сыворотка и его производные биоактивные пептиды имеют потенциальную пользу для здоровья в профилактике хронических заболеваний. Однако неприятный привкус и горькие пептиды молочной сыворотки являются ограничивающими факторами, которые могут использоваться в пищевой промышленности и производстве напитков. В настоящее время на рынке представлен ряд фармацевтических и пищевых добавок к сывороточному протеину. Отношение потребителей к полезным продуктам питания становится все более многообещающим, а ассортимент функциональных продуктов питания на мировых рынках растет. Таким образом, молочная сыворотка может стать перспективным и устойчивым ингредиентом для разработки стабильных функциональных продуктов питания.

Цель исследования: оценить возможность применения молочной сыворотки при разработке функциональных напитков и провести комплексный анализ их физико-химических и микробиологических характеристик.

**Задачи исследования:**

1. Исследовать возможность использования молочной сыворотки в получении функциональных пищевых продуктов;
2. Провести исследование физико-химического состава молочной сыворотки;
3. Провести микробиологический анализ молочной сыворотки.

# 1     Литературный обзор

## 1.1    Молочная сыворотка

Сыворотка, как побочный продукт при изготовлении сыра, казеина и йогурта, впервые появилась более 5000 лет назад благодаря случайному стечению обстоятельств. С тех пор её использование человеком развивалось по-разному и сопровождалось противоречивыми этапами в истории. В XVII, XVIII и начале XIX веков сыворотка пользовалась популярностью не только как модный напиток, но и как средство лечения различных заболеваний, включая раны и кишечные расстройства, а также служила заменой воде для купания[1].

Молочная сыворотка образуется при производстве сыра (~96%) и казеина (~6%). При изготовлении 1 кг сыра из 10 л молока, остаётся около 9 л сыворотки, что значительно превышает выход основных продуктов[4]. Мировое производство сыворотки превышает 160 млн тонн в год. Примерно 70% перерабатывается, а остальная часть используется как корм для скота или удобрение. Сыворотка считается одним из самых загрязняющих побочных продуктов пищевой промышленности[2].

Необходимость комплексной переработки молочной сыворотки обусловлена тем, что значительные ее объемы в настоящее время утилизируются через канализационные системы, что создает существенные экологические риски и негативно отражается на экономических показателях предприятий. Реализация технологий глубокой переработки данного вида сырья позволяет достичь сразу нескольких стратегически важных целей: повысить рентабельность производства, увеличить линейку выпускаемой продукции за счет создания обогащенных пищевых композиций, а также разработать новые виды специализированных продуктов с заданными функциональными свойствами[4].

Сыворотку можно определить как желто-зеленую водянистую часть молока (сыворотку), которая остается при отделении творога во время сыроделия. Она составляет около 85–90% объема молока и содержит около 55% питательных веществ в молоке. Среднее содержание сухого остатка сыворотки составляет: 70% лактозы (в зависимости от кислотности сыворотки), 14% белков, 9% минералов, 4% жиров и 3% молочной кислоты[5]. В зависимости от метода коагуляции молочного белка ее подразделяют на две категории: кислую и сладкую сыворотку. Кислая сыворотка с  $\text{pH} < 5$  является побочным продуктом ферментации или процессов, использующих добавление органических или минеральных кислот для коагуляции казеина, например, производство свежего сыра или производство промышленного казеина[4]. Сладкая сыворотка получается при производстве сыра или некоторых казеиновых продуктов, где обработка основана на коагуляции казеина сывороточным ферментом, промышленным коагулянтом, содержащим химозин или другие казеин-коагулирующие ферменты (протеолитические ферменты) с

pH=6-7[4],[6]. Она содержит несколько товаров с добавленной стоимостью из-за высокого уровня жира, лактозы и белков, в то время как кислая сыворотка содержит более высокие уровни молочной кислоты, кальция и фосфора[7] и обычно смешивается, хранится и обрабатывается с первичными промывочными водами завода. Хотя кислая сыворотка содержит мало лактозы и дополнительно разбавляется промывочными потоками, она все еще имеет высокие уровни ХПК и общего органического углерода (ООУ) и представляет высокий риск для окружающей среды при сбросе в виде сточных вод. Поэтому ее следует подвергать процессу очистки перед сбросом в приемник. В целом, сыворотка имеет высокую пищевую ценность и легко переваривается и усваивается. Он также считается отличным источником функциональных белков и богатым источником витаминов группы В, минералов (Ca, P, Na, K, Cl, Fe, Cu, Zn и Mg) и лактозы[8]. Благодаря превосходным питательным и функциональным свойствам сухих веществ сыворотки значительная часть сыворотки перерабатывается в сывороточный порошок, а остальная часть используется для производства сладкого сывороточного порошка, деминерализованной сыворотки, безлактозной сыворотки, концентрата сывороточного белка (WPC), изолята сывороточного белка (WPI) или лактозы[3][9].

Также есть еще другие виды молочной сыворотки: нативная и соленая

Нативная сыворотка, образующаяся в процессе молочнокислого брожения, сохраняет примерно половину компонентов исходного молока. В ее состав входят: углеводы (преимущественно лактоза - до 70% от сухого вещества, содержание которой варьирует в зависимости от кислотности среды), белковые соединения (около 14%), минеральные вещества и небольшое количество жиров. Наибольшие различия между видами сыворотки наблюдаются по концентрации кальция, фосфатных соединений и молочной кислоты.

Особую категорию представляет соленая молочная сыворотка - побочный продукт производства твердых сыров (таких как Чеддер, Колби и аналоги). Для данного вида характерны следующие параметры:

- уровень хлорида натрия колеблется в пределах 4,1–10%
- кислотность среды приближается к pH 5,2
- типичный состав включает: поваренную соль (8,71%), жиры (1,69%) и воду (82,2%)

Протеиновая фракция соленой сыворотки изучена недостаточно, но известно, что она содержит порядка 1% белков. Высокая минерализация продукта существенно осложняет его технологическую переработку, требуя значительных энергетических и финансовых затрат. В общем объеме образующейся сыворотки доля соленой разновидности относительно невелика и составляет всего 2–5% от общего выхода[4].

Кроме того, при производстве сыра или казеина некоторые водорастворимые витамины проникают из молока в сыворотку, но их количество сильно варьируется и в значительной степени зависит от обработки

сыворотки. Наиболее важными из этих витаминов являются рибофлавин, фолиевая кислота и кобаламин. При этом два указанных витамина обладают способностью связываться с белками сыворотки, что объясняет их переход в сывороточную фракцию в процессе сыророделия. Любопытно, что концентрация витамина В2 в сыворотке превышает его содержание в исходном молоке. Это связано с деятельностью определенных заквасочных микроорганизмов, в частности молочнокислых бактерий (LAB), участвующих в производстве сыра. Высокий уровень рибофлавина придает сыворотке характерный желто-зеленый оттенок[2].

## 1.2 Устойчивое использование сыворотки и её компонентов

Молочная промышленность отмечает устойчивый рост объемов производства сыворотки, что требует поиска новых экологически безопасных методов её переработки. Это необходимо для снижения негативного воздействия на окружающую среду и уменьшения высоких эксплуатационных затрат, связанных с её утилизацией. Для внедрения устойчивого управления сывороткой необходимо более глубокое понимание экологических и социальных последствий продуктов и услуг, включая анализ их жизненного цикла и влияния на образ жизни потребителей[2].

Несколько направлений устойчивого управления сывороткой фокусируются на биотехнологических и пищевых применениях. Эти подходы направлены на создание продуктов с добавленной стоимостью, таких как сывороточный порошок, функциональные продукты и напитки, молочная кислота, биоэтанол, биопластики, биогаз и другие[3].

Крупные объемы сыворотки могут быть переработаны в биоэтанол, тогда как для меньших объемов наиболее экономически выгодным является производство ферментированных или не ферментированных напитков на основе сыворотки[4].

Признание сыворотки в качестве ценного сырья и ее последующая переработка в высококачественные продукты способствуют снижению выбросов опасных веществ в окружающую среду. Кроме того, это помогает уменьшить загрязнение воды. Важным результатом такой деятельности является сокращение доли неочищенных сточных вод. Наконец, переработка сыворотки приводит к увеличению их рециклинга и безопасному повторному использованию[1].

Кроме того, это повысит ресурс эффективность, позволит внедрить чистые и экологически безопасные технологии и сократит объемы пищевых отходов в производственных и логистических цепочках[3].

## 1.3 Химический состав молочной сыворотки

Сыворотка содержит около 50% компонентов молока, включая лактозу (~70%), белки (~14%), минералы и жир. Состав различается в зависимости от

способа получения — кислотная или сладкая сыворотка. Кислотная содержит больше кальция, фосфатов и молочной кислоты. Основные белки —  $\beta$ -лактоглобулин,  $\alpha$ -лактальбумин, альбумины, иммуноглобулины и другие. Сывороточные белки отличаются высокой питательной ценностью и содержат большое количество незаменимых аминокислот[2].

Отличия между кислой и сладкой сывороткой указано в таблице 1, касаются в основном содержания кальция, фосфатов, молочной кислоты и лактата, которые выше в кислой. В кислой среде коллоидный кальций становится растворимым и переходит в сыворотку. В сладкой сыворотке присутствуют гликомакропептиды, образующиеся при гидролизе  $\kappa$ -казеина. Также содержание белка ниже в сыворотке, полученной из ультрафильтрованного молока или подвергнутого высокой температуре. Причина в том, что часть белков удерживается в сгустке и не переходит в сыворотку. При традиционном производстве сыра в сыворотку переходят те белки, которые устойчивы к действию ферментов и кислот[2].

Таблица 1 - Состав сладкой и молочной сыворотки в г/л.

Молочная сыворотка	Общ. Кол-во твердых частиц	Лактоза	Протеины	Кальций	Фосфаты	Лактат	Хлориды
Сладкая	63-70	46-52	6-10	0.4-0.6	1-3	2	1.1
Кислая	63-70	44-46	6-8	6-8	2- 4.5	6.4	1.1

Количество белка в кислой и сладкой сыворотке почти не отличается, однако уровень свободных аминокислот зависит от степени гидролиза казеина в ходе производства сыра. В сладкой сыворотке их содержание примерно вчетверо, а в кислой — вдвое выше, чем в исходном молоке.

Сывороточные белки являются самыми ценными по питательной значимости компонентами молочной сыворотки. Они включают такие термочувствительные фракции, как  $\beta$ -лактоглобулин,  $\alpha$ -лактальбумин, сывороточный альбумин крови и иммуноглобулины, а также более устойчивый к нагреванию протеозо-пептон. Благодаря своей компактной структуре эти белки хорошо растворимы в воде, в отличие от казеинов, которые существуют в виде мицелл и имеют другой состав.

Сывороточные белки отличаются от казеинов по аминокислотному составу: в них меньше глутаминовой кислоты и пролина, но больше серосодержащих аминокислот — цистеина и метионина. Эти белки не содержат фосфатных групп, легко денатурируются при нагревании, не реагируют на кальций и могут образовывать внутренние связи через дисульфидные мостики.

С точки зрения питания, сывороточные белки особенно ценные, так как содержат большое количество незаменимых аминокислот — особенно лизина, цистеина и метионина. Их биологическая ценность выше, чем у казеина и других животных белков, включая яичный белок. Значительным отличием является десятикратное превышение соотношения цистеин/метионин в сывороточных белках относительно казеина. Интересно, что после термической обработки  $\alpha$ -лактальбумин демонстрирует почти 100%-ную усвоемость, в отличие от его нативной формы, биодоступность которой составляет лишь три четверти. Чтобы покрыть суточную потребность в незаменимых аминокислотах, достаточно выпить около 1,5 литров сыворотки или 0,5 литра молока.

Кроме того, сыворотка является источником биоактивных пептидов — белковых фрагментов, которые положительно влияют на здоровье. При приёме внутрь они могут воздействовать на важные системы организма: сердечно-сосудистую, пищеварительную, иммунную и нервную. Такие пептиды могут обладать антимикробным, антиоксидантным, антитромботическим, гипотензивным и иммуномодулирующим эффектом[2].

## 1.4 $\alpha$ -Лактальбумин ( $\alpha$ -La) и $\beta$ -Лактоглобулин ( $\beta$ -Lg)

$\alpha$ -Лактальбумин ( $\alpha$ -La) — это второй по количеству сывороточный белок после  $\beta$ -лактоглобулина ( $\beta$ -Lg). Он составляет примерно 20% всех белков в коровьей сыворотке и около 3,5% от общего содержания белка в цельном молоке. Благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот (особенно триптофана, цистеина и лизина),  $\alpha$ -La считается наиболее ценным белком с точки зрения питания и используется в качестве нутрицевтика (биоактивной добавки) для терапевтических целей.

Аминокислотный состав  $\alpha$ -La из коровьего молока на 72% совпадает с  $\alpha$ -La из грудного молока человека, что делает его идеальным белком для детских смесей. Поэтому выделение  $\alpha$ -La и разработка новых продуктов, подходящих для чувствительных групп населения (например, младенцев или людей с аллергией), вызывает огромный интерес у производителей.

Однако высокая коммерческая стоимость  $\alpha$ -La — примерно 67 000 евро за килограмм (по данным компании Sigma-Aldrich, США) — делает актуальным поиск новых и более дешёвых методов его изоляции.

### 1.4.1 Методы изоляции $\alpha$ -Лактальбумина

Некоторые исследователи смогли выделить  $\alpha$ -La в промышленных масштабах, в основном используя мембранные технологии, такие как:

1. Микрофильтрация (MF) или ультрафильтрация (UF) — применяются мембранны с пористостью 50 или 100 кДа:  $\alpha$ -La проходит через мембрану, а  $\beta$ -Lg остаётся в ретентате.

2. Также используется каскадная двухступенчатая UF с мембранами на 30 и 100 кДа.

Кроме того, учитывая, что  $\alpha$ -La более термостабилен, его можно выделить, подвергнув сыворотку мягким кислотным условиям ( $\text{pH} < 5$ ) — при этом  $\beta$ -Lg осаждается, а  $\alpha$ -La остаётся растворённым, благодаря разным изоэлектрическим точкам этих белков[3].

Также можно комбинировать ультрафильтрацию с анионной обменной хроматографией в мягких условиях. Разделение осуществляется благодаря разной аффинности белков к подвижной или неподвижной фазе.

К наиболее существенным недостаткам традиционных методов можно отнести следующие: низкая степень очистки, низкий выход продукта, существенная денатурация белков и высокая стоимость при масштабировании до промышленного уровня[2].

Недавние исследования показали, что ферментативный гидролиз может быть эффективной и дешёвой альтернативой. Например, использование фермента трипсина позволяет: избирательно гидролизовать  $\beta$ -Lg, при этом  $\alpha$ -La остаётся в нативной (естественной) форме.

Также было обнаружено, что фермент  $\alpha$ -химотрипсин имеет схожую избирательность: он сначала расщепляет  $\beta$ -Lg A, затем  $\beta$ -Lg B, и только потом  $\alpha$ -La[4].

Наилучшие условия для изоляции  $\alpha$ -лактальбумина ( $\alpha$ -La) при использовании химотрипсина следующие: температура 25 °C (вне зависимости от значения pH), концентрация фермента — 1%, а концентрация белка в растворе WPI (сывороточного белкового изолята) составляет 5%.

При этих параметрах:  $\beta$ -Lg полностью расщепляется, а  $\alpha$ -La сохраняется на 81% в нативной форме. Преимущества ферментативного метода: высокая селективность, низкая стоимость, минимальная денатурация белков, подходит для масштабирования на промышленном уровне, возможность создания гипоаллергенных продуктов, свободных от  $\beta$ -Lg, для людей с чувствительностью к белку[5].

## 1.5 Whey Powder (Порошок сыворотки)

Сывороточные порошки находит разнообразное применение в пищевой промышленности. Она активно используется как функциональная добавка при производстве различных пищевых продуктов. В частности,  $\alpha$ -лактальбумин применяется в детском питании, включая молочные смеси. Кроме того, он используется в составе мясных изделий, суповых концентратов и соусов. Его добавляют в кондитерские изделия, такие как топпинги, ореховая глазурь, суфле и торты. Также  $\alpha$ -лактальбумин входит в состав снековой продукции, включая чипсы и прессованные орехи. В хлебопекарной промышленности его применяют при изготовлении хлеба, печенья, пиццы и макаронных изделий. Помимо этого, он используется в молочных продуктах, например, в сырных соусах и сливках[4].

Благодаря своим технологическим свойствам сухая сыворотка выполняет несколько функций: выступает в роли натурального адсорбента жиров и масел, служит эффективным носителем для липидных компонентов, улучшает органолептические характеристики готовых продуктов, повышает устойчивость пищевых систем к кислой среде, способствует образованию стабильной пены[5].

Использование этого ингредиента позволяет производителям:

- Улучшать текстуру и вкусовые качества продукции
- Повышать пищевую ценность изделий
- Оптимизировать технологические процессы производства

В целом, основным способом промышленной переработки сыворотки является её сушка, то есть производство порошка сыворотки (WP), что составляет около 70% от общего годового объёма производства сыворотки. Ежегодно производится также небольшое количество концентрата сывороточного белка (WPC) и, в меньшей степени, изолята (WPI). Оставшийся пермеат может использоваться для производства молочной кислоты, биоэтанола или лактозы[12].

Основные преимущества сушки заключаются в том, что в процессе не образуются отходы, которые требуют отдельной утилизации. Однако есть и недостатки: высокие капитальные затраты на покупку оборудования, высокое потребление энергии во время производства, сравнительно низкая рыночная цена порошка сыворотки по сравнению с WPC.

Процесс производства порошка сыворотки включает: удаление жира, тепловую обработку, испарение до содержания сухих веществ 40–60 г на 100 г, кристаллизацию лактозы, распылительную сушку[4].

Технологический процесс включает: удаление жира, пастеризацию, испарение, кристаллизацию лактозы, распылительную сушку (иногда раньше использовалась роликовая сушка, но она ухудшает качество, т.к. вызывает потемнение продукта из-за реакции Майяра между белками и лактозой).

Целевая спецификация порошка сыворотки — около 95 г сухих веществ на 100 г продукта[4].

Порошок в основном используется в кормлении животных, так как является дешёвым источником качественных белков и углеводов. Однако благодаря высокой пищевой ценности он также применяется в пищевой промышленности — как добавка в следующие продукты: кондитерские изделия, выпечка, молочные продукты, детское питание, мясные продукты, напитки, супы, соусы, кремы и топпинги[4].

Пищевые свойства порошка сыворотки: улучшает вкусовые качества, влияет на текстуру, стабилизирует фруктовые и кислотные среды, используется как пенообразователь, носитель для жиров и масел.

Например, при производстве мороженого порошок сыворотки может частично заменять обезжиренное сухое молоко. Замена до 21% не влияет на вкус, текстуру и температуру плавления мороженого. Аналогично, свойства йогурта остаются прежними[5]

Однако, из-за высокого содержания минеральных веществ (8–10 г/100 г), в некоторых продуктах возникает солёный привкус, и предпочтительнее использовать деминерализованный порошок сыворотки. Деминерализацию проводят методами ионного обмена, электродиализа или нанофильтрации.

Порошок сыворотки может служить не только источником питательных веществ, но и выполнять функции адсорбента, а также использоваться как носитель для жиров и масел. Для получения сывороточного белка с улучшенными характеристиками применяют дополнительные методы обработки, такие как мембранные технологии — в частности, ультрафильтрацию и диафильтрацию, которые способствуют повышению качества конечного продукта[10].

Существует широкий ассортимент напитков, где сыворотка используется в качестве ключевого компонента. Кроме того, популярны напитки, созданные на основе производных сыворотки, таких как концентрат сывороточного белка (WPC), изолят сывороточного белка (WPI) и гидролизованный сывороточный белок (WPH)[11].

## 1.6 Молочная кислота

Молочная кислота (2-гидроксипропановая кислота, LA) представляет собой перспективное химическое соединение, существующее в двух стереоизомерных формах — L(+) и D(−). Оба изомера могут быть получены биотехнологическими методами, однако только L(+) -форма допустима к использованию в пищевой промышленности, поскольку D(−)-изомер может оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека[32]. В то же время D(−)-изомер широко применяется в производстве полимолочной кислоты (PLA) — биоразлагаемого полимера, находящего применение в различных отраслях, а также может служить сырьём для получения промышленных химических соединений, включая пируват, акриловую кислоту, 1,2-пропандиол и лактатные эфиры[33].

Производство молочной кислоты активно используется в пищевой, фармацевтической, текстильной, кожевенной и химической отраслях, где она играет роль консерванта и подкислителя. В последние годы её значение значительно возросло благодаря росту интереса к экологически безопасным материалам, таким как PLA, способным заменить пластмассы, производимые на основе нефти, что способствует снижению негативного воздействия на климат[9].

Одним из эффективных путей получения молочной кислоты является микробиологическая ферментация лактозы с применением различных микроорганизмов, таких как молочнокислые бактерии (например, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*), дрожжи рода *Candida*, а также нитчатые грибы, в частности *Rhizopus oryzae*[34]. Однако в промышленности используется лишь ограниченное число штаммов, включая *Lactobacillus delbrueckii*, *Sporolactobacillus*, рекомбинантные штаммы

*Escherichia coli*, *Bacillus coagulans*, *Corynebacterium glutamicum* и *Bacillus licheniformis*. Дополнительно в производстве молочной кислоты успешно применяют и дрожжи *Kluuyveromyces marxianus var. marxianus*[35].

На сегодняшний день основным источником сырья для получения молочной кислоты остаются чистые углеводы — глюкоза, сахароза и лактоза, что делает процесс дорогостоящим. В связи с этим актуальны исследования, направленные на разработку более доступных и экологичных методов, в частности использование побочных продуктов пищевой промышленности, таких как молочная сыворотка[36].

Различные штаммы молочнокислых палочковидных бактерий (такие как *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* и другие) используются для получения молочной кислоты из молочной сыворотки. Среди них наибольшую эффективность демонстрирует *Lb. helveticus*, поскольку способен производить почти вдвое больше молочной кислоты по сравнению с другими популярными штаммами. Для повышения продуктивности процесса ферментации можно добавлять в сывороточный пермеат дрожжевые экстракты или аутолизаты дрожжевого белка, такие как пептоны[2].

Помимо LAB, перспективным микроорганизмом для выработки молочной кислоты является *Kluuyveromyces marxianus var. marxianus*. Согласно последним исследованиям, применение смешанных культур LAB повышает эффективность биосинтеза за счёт синергетического взаимодействия между разными штаммами. В экспериментах по ферментации молочной сыворотки с использованием как отдельных культур, так и их комбинаций, наилучший результат (19,8 г/л молочной кислоты) получен при совместном применении *Kluuyveromyces marxianus var. marxianus* и гомоферментативных LAB-штаммов, таких как *Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus* и *Lb. helveticus*[2].

Кроме того, внедрение технологий иммобилизации клеток способствует значительному росту производства молочной кислоты с экономической точки зрения. Иммобилизованные клетки можно использовать многократно, они обеспечивают стабильный непрерывный процесс, высокую плотность биомассы в биореакторах и способствуют более простой очистке продукта[2].

### 1.6.1 Применение в пищевой промышленности

Сыворотка и продукты на её основе (в т.ч. порошок, WPC, WPI) используются в: хлебобулочной продукции (улучшение текстуры, вкуса, сроков хранения), мороженом (замена обезжиренного молока), сладостях, джемах, плавленом сыре и др.

Сывороточные белки обладают хорошими функциональными свойствами — растворимостью, вязкостью, способностью к гелеобразованию и эмульгированию[7]

Благодаря высокой усвоемости сывороточных белков по сравнению с казеином, они нашли широкое применение в производстве детского питания и

обогащении молочных и иных пищевых продуктов. Особую ценность представляют иммуноглобулины и гликопротеины (трансферрин), а также ферменты (лизоцим), которые играют ключевую роль в модуляции иммунного ответа организма[2].

Молочная сыворотка может служить питательной средой для выращивания различных микроорганизмов и получения их метаболитов. Исследования показали её потенциал в качестве субстрата для культивирования микроорганизмов с определёнными свойствами, пригодными для применения в хлебопекарной промышленности. В качестве питательной среды использовали депротеинизированную сыворотку, а также модифицированный MRS-агар. После инокуляции провели оценку роста и ферментативной активности некоторых штаммов, таких как *Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides L3*, *Lactobacillus brevis L62* и *Lactobacillus plantarum L730*, в условиях ферmentationи и в закваске, с акцентом на образование молочной и уксусной кислот[2].

Хотя активность штаммов при использовании молочной сыворотки как субстрата была немного ниже по сравнению с другими средами, полученные результаты подтвердили возможность её применения. Так, при культивировании штамма *Lb. plantarum L730* удалось получить 1,7 г/л микробной биомассы и 9,15 мг/мл молочной кислоты. Кроме того, сенсорный анализ показал, что хлеб, приготовленный с использованием закваски, выращенной на основе депротеинизированной сыворотки, отличается улучшенными вкусовыми качествами, приятным ароматом, большей эластичностью теста и удлинённым сроком хранения по сравнению с хлебом, произведённым традиционным способом с применением только дрожжей[2].

## 1.7 Сыр из сыворотки (альбуминовый сыр)

Производится путём концентрирования или коагуляции белков нагреванием с/без добавления кислоты. Часто добавляют молоко или сливки для увеличения выхода продукта. Такой сыр отличается сладким карамельным вкусом и используется как традиционный продукт в ряде стран[2].

На основании результатов исследований, проведённых в НАО «Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина», была дана оценка качеству сывороточных сыров, полученных в рамках разработки ресурсосберегающей технологии производства мягких сыров из молочной сыворотки. Показано, что сывороточные сыры, изготовленные из сгущённой сыворотки, по своим характеристикам не уступают продуктам, произведённым по первому варианту технологии. Оба вида образцов отличаются высокой энергетической ценностью, что свидетельствует о богатом содержании белков, жиров и углеводов. При этом в сыре из сгущённой сыворотки отмечено более высокое содержание кальция, что делает его особенно ценным с точки зрения питания. Также в ходе исследования было установлено, что оба образца сывороточных сыров содержат высокую

концентрацию аминокислот лейцина и изолейцина. Лейцин (аминоизокапроновая кислота) является одной из ключевых аминокислот, играющих важную роль в поддержании здоровья человека[40].

## 1.8 Лактоза

Составляет ~70% сухих веществ сыворотки. Лактоза может быть выделена из молочной сыворотки различными технологическими способами. Наиболее распространенный метод предполагает предварительную депротеинизацию сыворотки с помощью ультрафильтрации для получения пермеата. Далее технологический процесс включает последовательные стадии: концентрирование сывороточной массы методом выпаривания, кристаллизацию лактозы из полученного концентрата с последующим разделением фаз с использованием центрифуги или декантера[29].

Современные технологии переработки лактозы позволяют создавать широкий спектр промышленно значимых продуктов. Среди них особое место занимают органические кислоты, включая молочную и лимонную. Биотехнологические методы дают возможность производить ферментированные сывороточные напитки, аналогичные кефиру, а также получать одноклеточные белки. Перспективными направлениями являются создание пробиотических заквасочных культур и биосинтез этанола.

Лактоза играет ключевую роль в формировании высоких показателей биохимической и химической потребности в кислороде в составе сыворотки. Её извлечение позволяет существенно уменьшить уровень БПК — вплоть до 80% и более[30].

Особый интерес представляют процессы переработки лактозы в альтернативные энергоносители, такие как биогаз, а также в биоразлагаемые полимеры (биопластики) и этиллактат[31]. Эти разработки открывают новые возможности для рационального использования молочной сыворотки в рамках концепции устойчивого развития пищевой промышленности[4]. Кристаллизация лактозы до сушки — не обязательный этап, но если её пропустить, то получается твёрдая масса, пригодная только для кормления животных. Аморфная (некристаллизованная) лактоза — липкая, вызывает проблемы при сушке и повышает гигроскопичность порошка (то есть он легко впитывает влагу и комкуется). Это связано с присутствием аморфной лактозы, белков и солей.

Чтобы минимизировать эти нежелательные свойства, лактозу превращают в кристаллическую форму — альфа-гидрат. Достижение 100% кристаллизации невозможно, но цель — максимально приблизиться к 90–95%. Изолируется из обессоленной и обезбеленной сыворотки путём выпаривания, кристаллизации и центрифугирования.

Применяется в: фармацевтике, детском питании, кондитерской промышленности, в качестве носителя ароматов, подсластителя и др[2].

Лактоза является очень важным источником энергии и выполняет множество функций. К числу полезных свойств лактозы относятся: стимуляция перистальтики кишечника, способствующая усвоению кальция и фосфора[26], создание умеренно кислой реакции в кишечнике и тем самым предотвращая рост и размножение вредных бактерий[27], обеспечивает оптимальный уровень магния и улучшает усвоение жиров и других питательных веществ в организме человека, термическая обработка молочной сыворотки превращает лактозу в лактулозу, которая является одним из стимуляторов роста бифидобактерий, из-за того, что имеет низкие уровень гликемического индекса она не оказывает такого большого влияния на уровень сахара в крови[28].

## 1.9 Биоэтанол

Биоэтанол как перспективное экологичное топливо: технологии производства из молочной сыворотки

Биоэтанол зарекомендовал себя как перспективное альтернативное топливо будущего, обладающее значительными экологическими преимуществами[4]. При сгорании он не выделяет токсичных веществ, что способствует снижению загрязнения воздуха и замедлению глобального потепления. Эти свойства обусловили государственную поддержку его производства во многих странах мира.

Традиционно основным сырьем для производства биоэтанола служат пищевые культуры. Например, в 2007 году в США 95% этанола производилось из кукурузы, а оставшиеся 5% - из пшеницы, ячменя и агропромышленных отходов, включая сырную сыворотку. Однако использование пищевого сырья имеет существенные ограничения, что стимулировало поиск альтернативных источников, в том числе различных отходов сельского хозяйства и пищевой промышленности[23].

Особый интерес представляет использование молочной сыворотки - побочного продукта сыроделия. Сывороточный пермеат, получаемый при производстве концентратов сывороточного белка (КСБ) методом ультрафильтрации, является перспективным субстратом благодаря: высокой органической нагрузке, значительному содержанию лактозы (до 70% сухих веществ), доступности больших объемов сырья, относительно низкой стоимости. Технологический процесс производства биоэтанола из сыворотки включает три ключевых этапа: первый этап - подготовка сырья (концентрирование методом ультрафильтрации/обратного осмоса). Второй этап - алкогольная ферментация. Третий этап - выделение конечного продукта (дистилляция, ректификация и обезвоживание) [23].

Особенности ферментации: обычные промышленные штаммы *Saccharomyces cerevisiae* не способны ферментировать лактозу, что требует предварительного ферментативного гидролиза. Штаммы *Kluyveromyces marxianus* и *K. fragilis var. marxianus* обладают естественной способностью

усваивать лактозу. Иммобилизация клеток *K. marxianus* в альгинате кальция позволяет достичь производительности до 6,97 г/(л·ч)[24]. Эффективность ферментации может достигать 87,4% с выходом этанола до 15 г/л[25].

Перспективные направления: использование генномодифицированных штаммов *S. Cerevisiae*, оптимизация процессов непрерывной ферментации, комбинирование с другими видами переработки сыворотки.

Промышленное применение: технология производства биоэтанола из сыворотки успешно реализована в Ирландии, Новой Зеландии, Дании и США[23]. Получаемый продукт находит применение не только как биотопливо, но и в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности.

Несмотря на то, что экономическая эффективность переработки сыворотки в биоэтанол пока уступает традиционным технологиям на основе сахарного тростника или кукурузы, данный подход представляет значительный интерес с точки зрения устойчивого развития и рационального использования отходов молочной промышленности[3],[2].

## 1.10 Производство биоэтанола в Казахстане из молочной сыворотки на основе биоконверсии лактозы

В Казахском национальном университете имени аль-Фараби, г. Алматы и в Международном казахско-турецком университете им. Х.А. Ясави, г. Туркестан, М. Х. Кожахметова, Н.Ш. Акимбеков, К.Т. Тастанбек

Проведённые исследования показали, что однородная консистенция, нормальный внешний вид, вкус и запах, соответствующие характеристикам молочной сыворотки, подтверждают соблюдение всех санитарных норм и требований на этапе сбора сыворотки на предприятиях ТОО «Завод Казахской Академии Питания Амиран» и сыроварне «Stella Alpina». Все физико-химические показатели сыворотки соответствуют установленным стандартам. Это свидетельствует о том, что процесс ферментации позволит получить этанол высокого качества с высокой урожайностью.

Кроме того, микробиологические показатели находились в пределах допустимых норм, что является важным фактором для эффективной биоконверсии лактозы. Микрофлора обеих сывороток оказалась богатой дрожжами и молочнокислыми бактериями, которые в совокупности гораздо эффективнее перерабатывают лактозу, чем по отдельности. В ходе работы были выделены четыре штамма дрожжей (Y4, Y5, Y6 и Y8), обладающие устойчивостью к спирту, а также два перспективных штамма молочнокислых бактерий — *Lactobacillus plantarum* W1 и *Leuconostoc mesenteroides* W1, которые могут быть использованы в дальнейшем для производства этанола[38].

## 1.11 Биогаз

С учётом ужесточения экологических стандартов, технологии сбраживания всё чаще рассматриваются как эффективный способ переработки отходов агропромышленного комплекса. Один из ценных побочных продуктов этого процесса — биогаз, который может использоваться для генерации электроэнергии, обеспечивая как экологические, так и экономические преимущества. Однако из-за высокой концентрации органических веществ и низкой буферной ёмкости молочная сыворотка в условиях анаэробного сбраживания быстро закисляется, что снижает объёмы получаемого биогаза. Для повышения эффективности процесса рекомендуется комбинировать сыворотку с другими органическими отходами, например, с навозом[9].

В работе Антонелли с коллегами было продемонстрировано, что при совместном сбраживании сырной сыворотки и свиных сточных вод достигается высокий энергетический потенциал: при температуре 32°C удалось получить 270 л биогаза с содержанием метана 63% и уменьшением летучих веществ на 53,11%; при температуре 26°C — 171 л биогаза с 61% метана и снижением летучих веществ на 45,76%[16].

Проблема сокращения количества отходов стимулирует развитие экологически безопасных источников энергии — так называемых «зелёных технологий». Одним из таких источников считается водород, не образующий парниковых газов и не вызывающий кислотных осадков. Благодаря низкой растворимости и высокой энергетической отдаче он легко извлекается, очищается и применяется в топливных элементах для производства электроэнергии. Водород может образовываться в ходе анаэробного метаболизма органических субстратов определёнными микроорганизмами — ферментативными, анаэробными и фотосинтезирующими бактериями, включая цианобактерии. Органические кислоты, получаемые на промежуточных этапах, затем используются для генерации метана[17].

Молочная сыворотка и другие лактозосодержащие отходы пищевой промышленности обладают высоким потенциалом для производства водорода. С этой целью проводились различные эксперименты с использованием различных типов биореакторов и параметров культивирования. Большинство ранних исследований были сосредоточены на ферментации только одного субстрата, однако ограниченное содержание питательных веществ и слабая буферная способность ограничивали выход водорода[18].

Чтобы повысить эффективность, некоторые учёные предложили стратегию совместного сбраживания — например, сочетание сыворотки и глюкозы. В одном из таких исследований Роза и соавторы оценивали влияние различных инокулятов[19]. В другом случае Лима с коллегами использовали секвенционный анаэробный реактор с иммобилизованной биомассой (AnSBR) и обнаружили, что время заполнения не влияет на производство водорода, тогда как оптимальная концентрация субстрата по ХПК составила 5400 мг/л. Наилучший результат достигался при температуре 15°C — 1,12

моль  $H_2$  на моль лактозы. Максимальное значение водородного выхода составляло 660 мл/(л·сут) или 0,80 моль  $H_2$  на моль лактозы[20].

Кроме того, Ривера и соавторы продемонстрировали возможность использования микробных электролизных ячеек для переработки сыворотки в биоводород[21]. Также Бланко и др. описали инновационный подход с использованием анаэробного реактора со структурированным слоем (ASTBR), который показал лучшие характеристики по сравнению с традиционными реакторами с неподвижным слоем. При этом они достигли максимального выхода водорода 2,4 моль  $H_2$  на моль лактозы, при среднем значении  $1,4 \pm 0,7$  моль  $H_2$  за 32 дня ферментации[22].

## 1.12 Функциональные продукты и напитки

Функциональные продукты и напитки представляют собой динамично развивающийся сегмент пищевой индустрии, привлекающий внимание потребителей благодаря своей способности оказывать положительное влияние на здоровье[4].

Напитки на основе молочной сыворотки включают смеси сыворотки (обработанной или нет, в том числе пермеата и ультрафильтрата) с фруктовыми и реже овощными соками, густые (ферментированные и неферментированные), газированные и алкогольные напитки. Благодаря высокой растворимости, эмульсионной стабильности и пенообразующей способности сывороточные белки широко применяются в их производстве[47]. Гидролизаты сывороточного белка (ГСБ) улучшают усвоемость, абсорбцию азота, пищевую ценность и снижают аллергенность напитков с высоким содержанием белка. Их активно применяют в спортивных и молочных напитках, включая горячий шоколад, кофе и чай[48]. Из молочной сыворотки производят сывороточное пиво, вино и игристые вина с низким содержанием алкоголя (около 1,5%)[49]. В последние годы сыворотка и ее производные находят все более широкое применение в качестве ценных ингредиентов для продуктов здорового питания, а биологически активные белковые компоненты активно используются в фармацевтике и пищевом производстве[10]. Современные научные разработки сосредоточены на создании напитков из различных видов сыворотки: натуральной (как сладкой, так и кислой), а также переработанной в порошкообразную, безбелковую и разведенную формы[13]. Ведущие мировые производители молочной продукции уже успешно внедрили в ассортимент инновационные продукты на сывороточной основе. Однако при всей экономической целесообразности такого использования сыворотки, технологический процесс сталкивается с определенными сложностями. Основные проблемы связаны с микробиологической нестабильностью продукции из-за высокой влажности, а также термической лабильностью сывороточных белков, которые начинают денатурировать уже при нагреве выше 60°C. Стандартная пастеризация (72°C в течение 15–20 секунд) приводит к коагуляции большинства белковых

фракций[8]. Для решения этих технологических вызовов активно разрабатываются альтернативные методы обработки, исключающие тепловое воздействие. Среди наиболее перспективных направлений - мембранные технологии, ультразвуковая обработка высокой интенсивности и применение сверхкритического диоксида углерода[14]. Внедрение таких инновационных подходов позволяет не только преодолеть существующие производственные ограничения, но и значительно улучшить качественные характеристики готовой продукции[4],[15].

В Южно-Казахстанском университете имени Ауэзова в городе Шымкент, Ж.А. Абиш, Р.С. Алибеков, Г. Э. Орымбетова, З. И. Кобжасарова, М.К. Касымова провели исследования молочной сыворотки на минеральный состав и показали что сырная сыворотка богата основными макроэлементами, такими как калий – 16,70%, кальций – 14,14%, хлор – 9,12%, фосфор - 8,89%, углерод - 8,89%, натрий - 4,718,89%, магний – 2,32% от общего содержания минеральных веществ. Что позволила показать, что сыворотка является очень перспективной для получения функциональных продуктов по прямому назначению[37].

Согласно исследованиям, проведённым в Карагандинском техническом университете, технология изготовления напитков на основе молочной сыворотки базируется на полном использовании её компонентов либо на их модификации путём термической денатурации. Отмечено, что напитки, произведённые из цельной сыворотки, особенно ценны благодаря сохранению всех её натуральных ингредиентов. Несмотря на их характерную непрозрачность и возможное образование хлопьев, такие продукты обладают выраженными диетическими и лечебными свойствами.

В случае удаления большей части сывороточных белков удается получить прозрачные и освежающие напитки. Проведённые эксперименты подтвердили перспективность применения компонентов лекарственных растений для создания технологий функциональных напитков на основе сыворотки. Эти напитки, обогащённые витаминами, приобретают антиоксидантные свойства, что повышает их биологическую ценность[39].

В диссертационной работе на предприятии ТОО «Моя Ферма» и в экспериментально-производственном цеху НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени Сакена Сейфуллина» разработан способ переработки творожной сыворотки методом ультрафильтрации с оптимальными параметрами: температура 35°C, давление 0,4 МПа. Изучен состав сыворотки: высокое содержание аминокислот, витаминов группы В и С.

Созданы рецептуры йогуртов «Нэрлі» и «Жидекті» с сывороточными белками и ягодными соками, а также сывороточные напитки, обогащённые антиоксидантами и минералами. Продукты отличаются улучшенными структурными свойствами, низкой жирностью и высокой биологической ценностью[41].

В Евразийском университете в городе Павлодар тоже разработали функциональные напитки из молочной сыворотки на основе облепихи и брусники. Результаты исследования показали, что такие напитки обладают лечебным и профилактическими свойствами[42].

В лаборатории РГП «Центр санитарно-эпидемиологической экспертизы» Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан также был разработан 2 напитка. Первый напиток на основе молока и второй напиток на основе молочной сыворотки. В ходе исследований установлено, что разработанные рецептуры профилактических напитков на основе молока и молочной сыворотки с добавлением витаминов, минералов и пребиотика сохраняют органолептические свойства и не снижают количество жизнеспособных пробиотических молочнокислых бактерий[43].

В ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии» совместно с профессорами Казахского национального университета им. аль-Фараби тоже разработали функциональный напиток на основе молочной сыворотки с добавлением малины, пшена и кобыльего молока, обладающий высокими органолептическими качествами и широким спектром антимикробного действия[44].

В Красноярском государственном аграрном университете был исследован биохимический состав подсырной сыворотки, полученной при производстве полутвёрдого сыра с добавлением сока облепихи для обогащения продукта физиологически активными компонентами и улучшения органолептических характеристик. Установлено, что в подсырной сыворотке содержится 0,156 % белка, 3,77 % лактозы, 0,58 % зольных веществ, а кислотность составляет 11,5 °Т. Аминокислотный состав включает все незаменимые аминокислоты, преимущественно лейцин, изолейцин и треонин. В золе преобладают натрий, калий, кальций, магний и фосфор. Сыворотка может использоваться в пищевой и кормовой промышленности как источник биологически ценных веществ[45].

В лаборатории пищевой микробиологии ТОО «НПЦ микробиологии и вирусологии» был получен напиток из молочной сыворотки против *Salmonella*. что подтверждает перспективность его использования для контроля социально значимых патогенов[46].

В рамках современных разработок были созданы напитки на основе молочной сыворотки, обогащённые сублиматами пророщенных растений. В зависимости от используемого компонента, такие напитки могут обладать разнообразными функциональными свойствами: иммуномодулирующим эффектом при добавлении проростков амаранта, поддержкой функции печени благодаря расторопше, а также стимулированием метаболизма при использовании проростков пшеницы[57].

В лабораториях МГТУ разработана линейка функциональных напитков на молочной сыворотке, включающая три вида с сиропами - малины, калины и шиповника. Где оптимальная дозировка фруктовых сиропов в сывороточных

напитках составляет 10%. При добавлении 15% органолептические показатели напитков ухудшаются[58].

### 1.13 Целебность молочной сыворотки

Сывороточные белки — важный источник белка для здоровья человека благодаря своим функциональным свойствам: антиоксидантным, иммуномодулирующим, противоопухолевым и др. Антиоксидантная активность связана с синтезом глутатиона (GSH), основного клеточного антиоксиданта. Лактоферрин стимулирует иммунные ответы (NK-клетки, нейтрофилы, макрофаги) и регулирует воспаление, снижая факторы некроза опухоли и уровни интерлейкина-6. Лактоферрин также хелатирует железо, что ограничивает рост патогенов  $\beta$ -Лактоглобулин содержит антигипертензивные пептиды, сравнимые по эффекту с ингибиторами АПФ. Сывороточные белки могут снижать сахар в крови, стимулировать секрецию инсулина и гормонов GIP и GLP-1[49]. Они уменьшают уровень триглицеридов и холестерина, способствуют выведению жиров[50]. Белки укрепляют иммунную систему, предотвращают воспаление, регулируют выработку интерлейкина-6 и других воспалительных факторов[51]. Сывороточные белки увеличивают уровень глутатиона у пациентов с ВИЧ, предотвращают рост опухолей и воспаление[52]. Они снижают воспаление и усиливают антиоксидантную защиту у пожилых людей после инфаркта[53]. Сывороточные белки регулируют активность иммунных клеток и ферментов антиоксидантной защиты. Они проявляют противораковые свойства и стимулируют выработку Т- и В-клеток. Было установлено, что лактоферрин предотвращает развитие инфекционных процессов после хирургических вмешательств[49]. Концентрат сывороточных протеинов оказывает выраженное антиоксидантное действие[54]. Противоопухолевые эффекты связаны с повышением уровня глутатиона в тканях и стимуляцией иммунитета[49]. Гидролизованный изолят сывороточного белка защищает клетки от окислительного стресса и усиливает действие противораковых препаратов[55]. Сывороточный белок помогает предотвратить саркопению у пожилых людей благодаря высокому содержанию незаменимых аминокислот, особенно лейцина[56]. Все макро- и микроэлементы молочной сыворотки поддерживают энергетический баланс организма; углеводы служат источником пребиотиков, а белки обладают лечебными свойствами[49].

## **2 Материалы и методика исследования**

Объект исследования: молочная сыворотка.

Предмет исследования: Функциональные напитки на основе молочной сыворотки.

### **2.1 Физико-химический анализ**

Анализ физико-химических и биохимических свойств молочной сыворотки и полученного из неё продукта выполнялся согласно требованиям межгосударственных нормативных документов, включая регламентированные методы поверки. Пробы молочной сыворотки и его состав определены в соответствии с ГОСТ, указанными в таблице 2.

Таблица 2 - ГОСТ стандарты.

Наименование определяемого компонента	Номер ГОСТ
1. Жир	22760-77
2. Белок	23327-78
3. Лактоза	30305.2-95
4. Общее содержание сухого вещества	3626-73
5. Кислотность (титруемая)	3624-92
6. Сахароза	Р 51258-99
7. Молочная кислота	Р 51196-98
8. Свободные жирные кислоты	Р 51484-99
9. Плотность	3625-84
10.Общее содержание глюкозы и фруктозы	Р51240-98

Физико-химический анализ молочной сыворотки проводили с помощью РефЛабАнализатора Foss MilkoScan FT1.

Проведение физико-химический анализа: Перед началом работы анализатор был подсоединен к электросети и приведён в рабочее состояние после полного прогрева, примерно 1,5 часа. Далее выполнили процедуру калибровки в соответствии с инструкцией производителя. После этого в прибор последовательно вводились пробы исследуемой молочной сыворотки.

Измерения проводились автоматически; данные отображались на цифровом дисплее и фиксировались в формате Excel. Аналогичную последовательность операций повторили для всех оставшихся образцов.



Рис.1 - Проведение анализа молочной сыворотки на MilkoScan FT1.

## 2.2 Определение кислотности

Активная кислотность молочной сыворотки определялась при помощи pH- метра. Проведение измерений при помощи pH-метра: Подготовка pH-метра к работе. Перед началом анализа устройство было приведено в рабочее состояние. Включили прибор и дождались его готовности к измерениям, после чего промыли измерительный электрод дистиллированной водой и после фильтровальной бумагой удалили излишков влаги. Для обеспечения достоверности показаний выполнена - калибровка измерительного прибора. В стандартный буферный раствор с pH=7.0 и pH=4.0, и ожидали установления стабильных показаний устройства. Измерение кислотности образца. После настройки прибора электрод погружался в исследуемый образец. Аккуратно поместили электрод в пробу молочной сыворотки, обеспечив его полное погружение в жидкость без контакта со стенками и дном емкости. Дождались стабилизации значений и зарегистрировали полученный результат. Провели аналогичные измерения для всех оставшихся образцов, соблюдая указанную последовательность действий.



Рис.2 - Определение активной кислотности молочной сыворотки pH-метром.

## **2.3 Микробиологический анализ**

Исследование микробиологического состава молочной сыворотки выполнялось в соответствии с установленными межгосударственными стандартами и утвержденными методическими указаниями:

- а) ГОСТ 32901–2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа»;
- б) ГОСТ 10444.11–89 «Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов»;
- в) ГОСТ 9225–84 «Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа»;
- г) Учебно-методическое пособие «Микробиология»;
- д) Практикум «Микробиология».

### **2.3.1 Подготовка лабораторной посуды и материалов**

Перед проведением микробиологических исследований вся стеклянная посуда проходила предварительную обработку в соответствии с санитарным и методическим требованиями. Первичный этап включал кипячение в подкисленной воде с добавлением кислоты на протяжении 15 минут. После этого посуда многократно промывалась дистиллированной водой для удаления остатков реагентов и кислот. Инвентарь, содержащий питательные среды, после проведения учёта микроорганизмов дезинфицировали с помощью автоклавирования при температуре 120°C в течение 90 минут либо путём часового кипячения. После мойки и сушки посуда подвергалась стерилизации в автоклаве при температуре 120°C в течение 30 минут с последующей подсушкой. Чашки Петри, пипетки и прочие мелкие инструменты стерилизовались, завернутыми в бумагу для предотвращения повторного загрязнения после автоклавирования.

### **2.3.2 Определение мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов КМАФАнМ и бактерий группы кишечных палочек БГКП**

Приготовление питательных сред. Для микробиологического анализа молочной сыворотки были использованы две типовые питательные среды: КМАФАнМ – для определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и Эндо - для обнаружения и идентификации БГКП (бактерий группы кишечной палочки).

Этапы приготовления: на предварительно обнуленных весах отмерили требуемое количество сухой питательной среды (в соответствии с рекомендациями производителя), поместив её в колбу подходящего объёма. Добавили к сухому компоненту расчётный объём дистиллированной воды при перемешивании на магнитной мешалке до полного растворения. Полученные

растворы стерилизовали в автоклаве, выдержав температурный режим 120°C. на протяжении 15 минут. После автоклавирования питательные среды охлаждали до рабочей температуры и асептически разливали расплавленную среду по чашкам Петри и оставили для застывания перед проведением посевов. Пропорции составления сред: КМАФАнМ: 50 г сухого порошка на 1 литр воды; ЭНДО: 40 г сухого вещества на 1 литр воды.

Приготовление раствора хлорида натрия для микробиологических разведений: для получения 1 л рабочего раствора было взвешено 8,5 г NaCl с использованием лабораторных аналитических весов. Сухой компонент растворяли в дистиллированной воде в мерной колбе соответствующего объёма. Для обеспечения равномерности раствора проводили перемешивание с помощью магнитной мешалки до полного растворения кристаллов. Приготовленный раствор был асептически разлит по стерильным пробиркам в объёме по 9 мл, с последующей закупоркой.

Стерилизация раствора NaCl проводилась одновременно с питательными средами и остальной стеклянной посудой в автоклаве при температуре 120°C в течение 15 минут. Хранение раствора осуществлялось при температуре +4°C в течение не более 24 часов.

Приготовление разведений проб для посева: разведение осуществлялось асептической пипеткой, переносили 1 мл анализируемой молочной сыворотки в пробирку с 9 мл стерильного физиологического раствора (0,85% NaCl), что соответствовало десятикратному разведению 1:10. Далее из полученного раствора последовательно изготавливали разведение 1:1000 готовили методом переноса 1 мл предыдущего разведения в следующую пробирку, содержащую 9 мл стерильного солевого раствора NaCl. Для предотвращения загрязнения каждого этапа разведения использовали индивидуальную стерильную пипетку. Перемешивание раствора проводили на вортексе в течение 10-15 секунд. Полученные разведения использовались в течение не более 45 минут с момента приготовления.

Подготовка рабочего пространства перед посевом включала следующие этапы: перед началом активировали ламинарный бокс, обеспечивающим стерильные условия. Все внутренние поверхности бокса обрабатывались 70% этиловым спиртом для удаления возможных загрязнений. После этого осуществляли УФ-обработки на 20 минут при защитном стекле. По истечении времени УФ-обработки выдержали дополнительные 20 минут перед началом работы. Привели в действие систему приточной вентиляции. После антисептической обработки рук этанолом приступили к манипуляциям, соблюдая правила асептики (исключая контакты с внешними поверхностями).

Микробиологический посев методом Дригальского: посев исследуемых разведений на питательные среды осуществляли с использованием метода Дригальского в асептических условиях с использованием спиртовки. В соответствии с требованиями ГОСТ для молочной продукции были отобраны следующие десятикратные разведения:  $10^{-3}$  (1:1000),  $10^{-4}$  (1:10000) и  $10^{-5}$  (1:100000).

Этапы посева: Перед началом процедуры обеспечили стерильные условия работы путем активации спиртового нагревательного устройства. С помощью автоматического дозатора со стерильным наконечником перенесли 1 мл разведённой пробы и наносили его на поверхность застывшего агара. Стерильным шпателем Дригальского (предварительно обработанным дистиллированной водой и прокаленным в пламени) равномерно распределили инокулят по поверхности питательной среды, используя обе стороны шпателя. Описанную процедуру повторили для всех анализируемых разведений.

После завершения процедуры засеянные чашки Петри в перевернутом положении подвергали культивированию в термостате при 37°C на протяжении двух суток, что обеспечило оптимальные условия для роста мезофильной аэробной и факультативно-анаэробной микроорганизмы.

Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов: в основе метода лежит количественная оценка колоний микроорганизмов мезофильного типа, способных развиваться как в присутствии кислорода, так и в анаэробных условиях. Учет результатов проводили путем подсчета колоний на поверхности питательной среды с применением лупы при оптимальном контрасте темного фона.

1) В случае большого числа однотипных колоний с равномерным распределением проводили деление поверхности чашки Петри на равные сектора. Подсчет осуществляли в пределах отдельных участков с последующим умножением полученного значения на общее число секторов;

2) Полученное количество КОЕ на одной чашке использовали для дальнейших расчётоов микробной обсеменённости, учитывая степень предварительного разведения.

Микроскопические испытания: для предварительной идентификации родовой принадлежности микроорганизмов, выделенных из исследуемой молочной сыворотки, проводились микроскопические исследования.

Приготовление микропрепарата: Провели термическую обработку предметных стекол путем двустороннего прокаливания в пламени спиртовки. Стерильной бактериологической петлей, предварительно прокалённый, наносили каплю дистиллированной воды на поверхность стекла, после чего повторно прокалили петлю и погрузили в стерильную воду. Используя повторно простерилизованную петлю, отобрали фрагмент микробной колонии и равномерно растирали в водной среде на стекле. Полученный препарат подвергли естественной сушке в лабораторных условиях при комнатной температуре до полного испарения влаги. Для фиксации препарата осуществили многократным проведением стекла препаратором вверх через наиболее горячую зону пламени с интервалами 5-6 секунд. Зафиксированный препарат оставили для охлаждения в асептических условиях, после чего он был готов к окрашиванию и микроскопическому анализу.

### **3 Результаты собственных исследований**

#### **3.1 Приготовление молочной сыворотки**

Для приготовления продукта типа молочной сыворотки было использовано натуральное домашнее коровье молоко.

Приготовление включала следующие этапы: брали 1л натурального коровьего молока и нагревали до 75°C. При 75° добавили лимонной кислоты разбавленная с водой и нагревали дальше до 90° после выделялся козеин и молочная сыворотка. Через фильтровальную бумагу очищали молочную сыворотку



Рис.3 - Приготовление молочной сыворотки.

#### **3.2 Приготовление напитков на основе молочной сыворотки**

В качестве функциональных продуктов взяли ягодные сиропы с брусникой и с черникой с дозировкой 5мл., 10мл., 15мл., в ёмкость объёмом 50 мл. Сиропы для напитков отличаются ярко выраженным вкусом, поэтому дополнять ими напиток следует дозированно. Фруктовые сиропы легко смешиваются с молочной сывороткой. Для сравнения был взят контрольный образец молочной сыворотки без добавления сиропов.



Рис.4 - Молочная сыворотка с сиропом брусники.



Рис.5 - Молочная сыворотка с сиропом черники.

### 3.3 Оценка органолептических показателей

Результаты органолептической оценки были занесены в таблицу 3.

Таблица 3 - Органолептические показатели исследуемых проб молочной сыворотки.

Молочная сыворотка	Вкус и запах	Цвет	Консистенция
Сироп «Брусника» 5мл	Кислый слегка сладкий слабый запах ягоды	Бледно жёлтая	Водянистая и однородная

Сироп «Брусника» 10мл	Кисло-сладкий запах ягоды	Оранжевая	Водянистая и однородная
Сироп «Брусника» 15мл	Более сладкий запах ягоды выраженный	Ярко оранжевая	Водянистая и однородная
Сироп «Черника» 5мл	Кислый слегка сладкий слабый запах ягоды	Бледно сиреневый	Водянистая и однородная
Сироп «Черника» 10мл	Кисло-сладкий запах ягоды	Сиреневый	Водянистая и однородная
Сироп «Черника» 15мл	Более сладкий запах ягоды выраженный	Фиолетовый	Водянистая и однородная
Контрольная молочная сыворотка	Более сладко- кислый вкус с характерным запахом	Бледно жёлтый цвет	Водянистая

### 3.4 Оценка физико-химических показателей

Результаты определения физико-химических показателей, полученных анализатором Foss Milkoscan FT1, были загружены и занесены в таблицу 4, 5 и 6.

Таблица 4 - Физико-химические показатели молочной сыворотки с сиропом черники.

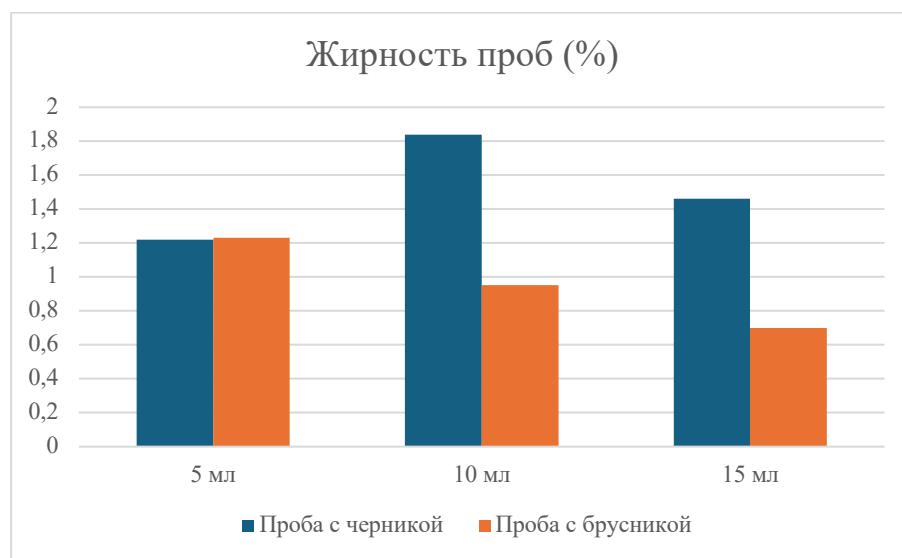
Напиток с черникой	Fat %	Protein %	Lactose %	Titrateable Acidity %	TS (%)	SNF (%)	Density (g/L)	Galactose (%)	Glucose (%)	Lactic Acid (%)
5мл	1.22	0.36	10.29	58.67	12.9	12.93	1036	0.52	0.9	0.105
10мл	1.84	0.47	14.66	107.76	18.73	17.85	1041.7	1.27	2.23	0.01
15мл	1.46	0.49	15.73	117.89	19.5	20.67	1045.9	1.75	2.98	0.084

**Таблица 5 - Физико-химические показатели молочной сыворотки с сиропом брусники.**

Напиток с брусникой	Fat %	Protein %	Lactose %	Titrateable Acidity %	TS (%)	SNF (%)	Density (g/L)	Galactose (%)	Glucose (%)	Lactic Acid (%)
5мл	1.23	0.35	9.9	54.82	12.36	12.3	1035	0.39	0.96	0.11
10мл	0.95	0.44	13.55	90.61	15.86	16.98	1040	1.02	2.36	0.02
15мл	0.7	0.51	16.82	118.35	19.02	21	1044	1.44	3.51	0.095

**Таблица 6 - Физико-химические показатели контрольной молочной сыворотки**

Контрольная молочная сыворотка	Fat %	Protein %	Lactose %	Titrateable Acidity %	TS (%)	SNF (%)	Density (g/L)	Galactose (%)	Glucose (%)	Lactic Acid (%)
50 мл	0.19	0.16	5.76	17.65	6.96	7.44	1031.3	0.13	0.42	0.188



**Диаграмма 1 - Сравнительная диаграмма жирности (%) проб с черникой и с брусникой (мл).**

Проведенное исследование позволило установить существенное влияние фруктовых сиропов (черники и брусники) на физико-химические характеристики, в частности на массовую долю жира в готовых напитках.

В случае напитка с черничным сиропом наблюдается увеличение жирности с 1.22% при 5 мл до 1.84% при 10 мл, с последующим снижение до 1.46% при 15 мл. Увеличение массовой доли жира можно объяснить особенностью химического состава сиропа черники. Ягоды черники содержат

не только углеводы, но и антоцианы, небольшие количества липофильных веществ, минеральные вещества, которые проявляют выраженные эмульгирующие и стабилизирующие свойства.

При добавлении брусничного сиропа наоборот жирность снижается. В отличие от черники, брусника не содержит липофильных соединений и пектиновых веществ. В сравнении этих данных с контрольной молочной сывороткой 0.19% жирности, подтверждают, что фруктовые сиропы, особенно черничный влияют на липидную фракцию продукта.

### 3.4.1 Активная кислотность.

В таблице 7 приведены значения активной кислотности (рН) различных образцов молочной сыворотки с добавлением черничного и брусничного сиропов в объемах 5, 10 и 15 мл на 50 мл молочной сыворотки, а также контрольной сыворотки без добавок.

Таблица 7 - Результаты активной кислотности проб.

Пробы молочной сыворотки	Брусника 5мл	Брусника 10мл	Брусника 15мл	Черника 5мл	Черника 10мл	Черника 15мл	Контроль Молоч. сыворотка
pH	4.9	4.75	4.68	4.85	4.73	4.04	5.02

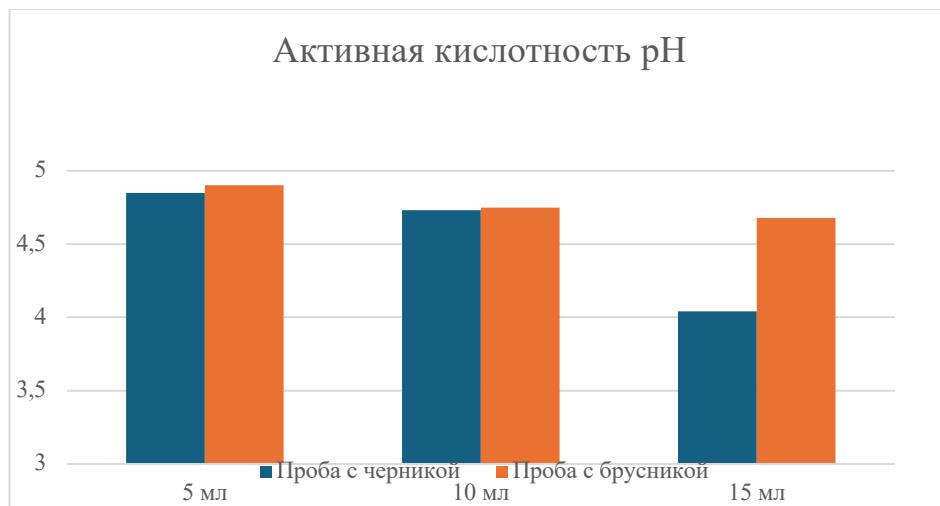


Диаграмма 2 - Сравнительная диаграмма рН проб с черникой и с брусникой (мл).

Контрольная молочная сыворотка имеет наивысшее значение рН – 5.02.

Во всех пробах с фруктовыми сиропами наблюдается снижение рН, что отражает повышение кислотности среды.

Самое низкое значение рН наблюдается в пробе с черничным сиропом 15 мл – 4.04, что указывает на выраженную кислотность. Возможно связано с его химическим составом: черника богата органическими кислотами и антоцианнами. Содержание этих веществ также могут усиливать эффект денатурации за счёт взаимодействия с белковыми молекулами, например, выделение в осадок.

### **3.5 Оценка микробиологических показателей**

#### **3.5.1 Результаты посева на среде КМАФАнМ. Подсчет количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Определение колоний БГКП**

Таблица 8 - Результаты подсчета количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов и колоний БГКП.

Показатель	Сироп «Брусника» 5%	Сироп «Брусника» 10%	Сироп «Брусника» 15%
КМАФАнМ, КОЕ/гр.	$2,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$
БГКП	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Показатель	Сироп «Черника» 5%	Сироп «Черника» 10%	Сироп «Черника» 15%
КМАФАнМ, КОЕ/гр.	$1,8 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$2,6 \times 10^5$
БГКП	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
Показатель	Контроль	-	-
КМАФАнМ, КОЕ/гр.	$1,5 \times 10^5$	-	-
БГКП	Не обнаружено	-	-

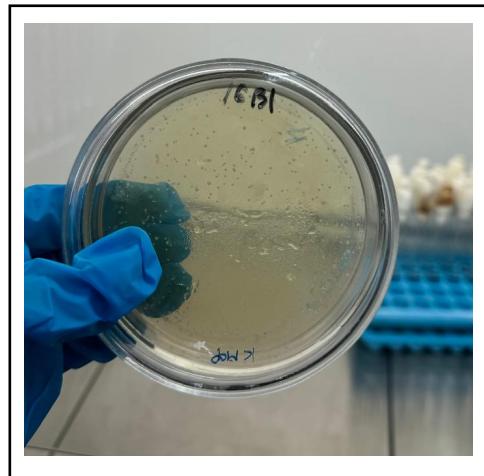


Рис.6 - Колонии кмфанн в чашках с пробой черники 10 мл.  
(разведения 1:1000)

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) во всех образцах находилось в пределах допустимых норм ( $\leq 1 \times 10^6$  КОЕ/г), однако приближение значений к верхней границе требует усиленного контроля на производстве для предотвращения возможной порчи продукта.

Отсутствие бактерий группы кишечной палочки (БГКП) во всех исследуемых образцах подтверждает:

1. соблюдение санитарных требований на производстве,
2. отсутствие фекального загрязнения,
3. эффективность термической обработки сырья.

### 3.5.2 Результаты микроскопических испытаний

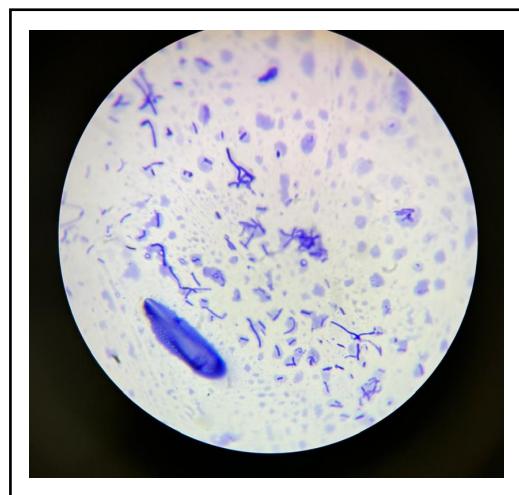


Рис.7 - Микропрепарат с колониями, принадлежащими пробе молочной сыворотки с черникой 10 мл (Разведение 1:1000)

В ходе микроскопического анализа исследуемого образца кисломолочного продукта (вероятно, закваски или йогурта) методом

окрашивания по Граму были выявлены характерные представители молочнокислой микрофлоры. В препарате обнаружены:

- Грамположительные палочки (прямые или слабоизогнутые), расположенные одиночно, парами или в цепочках, что соответствует морфологии бактерий рода *Lactobacillus*;

- Грамположительные кокки (мелкие, округлые), образующие пары или короткие цепочки, характерные для *Streptococcus* или *Lactococcus*.

Полученные данные указывают на присутствие типичных штаммов, используемых в производстве кисломолочных продуктов, таких как *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*.

Вывод: исследование подтвердило соответствие микрофлоры образца ожидаемому составу молочнокислых бактерий, участвующих в ферментации. Посторонние микроорганизмы (атипичные палочки, грибы, дрожжи) не обнаружены, что свидетельствует о нормальном микробиологическом состоянии продукта.

### **3.6 Обсуждение результатов**

Органолептическая оценка напитков на основе молочной сыворотки с добавлением сиропов брусники и черники показала, что введение фруктовых сиропов значительно влияет на вкусовые характеристики, цвет и запах продукта. При увеличении концентрации сиропов с 5мл до 15мл отмечается усиление сладости, выраженности ягодного аромата и насыщенности цвета. Все образцы напитков обладали однородной водянистой консистенцией, что свидетельствует о хорошей совместимости молочной сыворотки и фруктовых добавок.

Результаты физико-химического анализа, полученные с помощью анализатора Foss MilkoScan FT1, подтвердили, что приготовленные напитки имели нормальные показатели содержания сухого вещества, кислотности и сахаров. С увеличением доли сиропа наблюдалось повышение содержания сахаров и общего сухого остатка, что закономерно связано с добавлением фруктовых сиропов.

Проведённый микробиологический анализ показал отсутствие патогенной микрофлоры и допустимый уровень мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, что свидетельствует о безопасности разработанных напитков в рамках исследуемого периода хранения.

Таким образом, сочетание молочной сыворотки с ягодными сиропами позволяет не только улучшить органолептические свойства, но и повысить биологическую ценность напитка за счёт введения природных антиоксидантов, содержащихся в ягодах брусники и черники.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения дипломной работы были достигнуты следующие ключевые результаты:

1. Исследование возможности использования молочной сыворотки подтвердило ее значительный потенциал в производстве функциональных пищевых продуктов. Экспериментально установлено, что молочная сыворотка является ценным сырьем для создания обогащенных напитков с повышенной биологической активностью. Наиболее перспективным направлением является комбинирование сыворотки с фруктовыми сиропами, что позволяет улучшить органолептические характеристики и пищевую ценность конечного продукта.

2. Физико-химический анализ молочной сыворотки выявил ее богатый состав, включающий белки (0,8-1,0%), лактозу (4,5-4,8%), минеральные вещества (0,5-0,7%) и витамины группы В. Особое внимание было уделено исследованию влияния фруктовых сиропов на массовую долю жира, где установлено разнонаправленное действие черничного (увеличивающего) и брусничного (снижающего) сиропов. Полученные данные имеют важное значение для разработки технологических регламентов производства.

3. Микробиологический анализ показал соответствие исследуемой молочной сыворотки установленным санитарно-гигиеническим нормам. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) не превышало допустимых значений, а бактерии группы кишечной палочки (БГКП) отсутствовали во всех образцах, что свидетельствует о соблюдении технологических и санитарных требований при производстве.

Таким образом, проведенные исследования подтвердили целесообразность использования молочной сыворотки в качестве основы для функциональных пищевых продуктов. Полученные результаты могут быть использованы для разработки новых видов специализированной молочной продукции с улучшенными потребительскими свойствами и повышенной пищевой ценностью.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Smithers G. W. Whey-ing up the options—Yesterday, today and tomorrow //International Dairy Journal. – 2015. – Т. 48. – С. 2-14.
2. Božanić R. et al. Possibilities of whey utilisation //Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. – 2023. – Т. 2023. – №. 1. – С. 281-287.
3. Zandona E., Blažić M., Režek Jambrak A. Whey utilization: Sustainable uses and environmental approach //Food Technology and Biotechnology. – 2021. – Т. 59. – №. 2. – С. 147-161.
4. Н С. Величкович, А А. Степанова, О В. Козлова, В А. Люц, Т А. Ларичев Подбор параметров экстракции биоактивных веществ из лекарственных растений с применением молочной сыворотки // Техника и технология пищевых производств. 2024.
5. Блажич М., Завадлав С., Краль Э., Шарич Г. Производство сывороточного белка как питательно ценного продукта. Хорватский журнал пищевых технологий. 2018;10(2):255–60.
6. Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH. Сыворотка и продукты из нее. В: Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, McSweeney PLH, редакторы. Основы сыроведения. Бостон, Массачусетс, США: Springer; 2017. стр. 755-69.
7. Грегурек Л. Дж. Сыроделие – Теория и практика. Загреб, Хорватия: PROBIOTIK doo; 2015 (на хорватском языке)
8. Macwan SR, Dabhi BK, Parmar SC, Aparnathi KD. Сыворотка и ее использование. Int J Curr Microbiol Appl Sci. 2016
9. Челик К., Онюр З.Й., редакторы. Сыворотка в каждом аспекте. Стамбул, Турция: Фонд знаний; 2016.
10. Блажич М., Завадлав С., Краль Э., Шарич Г. Производство сывороточного белка как питательно ценного продукта. Хорватский журнал пищевых технологий. 2018;10(2):255–60.
11. Lappa IK, Papadaki A, Kachrimanidou V, Terpou A, Koulougliotis D, Eriotou Е и др. Переработка сырной сыворотки: интегрированные концепции биопереработки и новые пищевые приложения. Продукты питания. 2019;8(8):347.
12. Пападемас П., Коцаки П. Технологическое использование сыворотки для обеспечения устойчивой эксплуатации. J Adv Dairy Res. 2019;7(4):231.
13. Barukčić I, Jakopović KL, Božanić R. Сыворотка и пахта: забытые источники ценных напитков. В: Mihai Grumezescu A, Holban AM, редакторы. В: Natural Beverages. Cambridge, MA, USA: Academic Press; 2019. стр. 209-42.
14. Amaral GV, Silva EK, Cavalcanti RN, Martins CPC, Andrade LGZS, Moraes J и др. Сывороточно-виноградный напиток, обработанный с помощью сверхкритической технологии диоксида углерода: физико-химические характеристики, биоактивные соединения и летучий профиль. Food Chem. 2018;239:697–703.

15. Барукчич И., Лисак Якович К., Герцег З., Карлович С., Божанич Р. Влияние ультразвука высокой интенсивности на уменьшение микробов, физико-химические характеристики и ферментацию сладкой сыворотки. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2015;27:94–101.
16. Antonelli J, Lindino CA, de Azevedo JCR, de Souza SNM, Cremonez PA, Rossi E. Biogas production by the anaerobic digestion of whey. *Rev Cienc Agric.* 2016;39(3):463–7.
17. Hosseini SE, Wahid MA. Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: promising green energy carrier for clean development. *Renew Sustain Energy Rev.* 2016;57:850–66.
18. Gadhe A, Sonawane SS, Varma MN. Enhanced biohydrogen production from dark fermentation of complex dairy wastewater by sonolysis. *Int J Hydrogen Energy.* 2015;40(32):9942–51.
19. Rosa PRF, Santos SC, Silva EL. Different ratios of carbon sources in the fermentation of cheese whey and glucose as substrates for hydrogen and ethanol production in continuous reactors. *Int J Hydrogen Energy.* 2014;39:1288–96.
20. Лима ДМФ, Лазаро ЧЗ, Родригес ДЖАД, Ратушней СМ, Зайат М. Оптимизация производительности AnSBR, применяемого для производства биоводорода путем обработки сыворотки. *J Environ Manage.* 2016;169:191–201.
21. Rivera I, Bakonyi P, Cuautle-Marín MA, Buitrón G. Evaluation of various cheese whey treatment scenarios in single-chamber microbial electrolysis cells for improved biohydrogen production. *Chemosphere.* 2017;174:253–9.
22. Blanco VMC, Oliveira GHD, Zaiat M. Dark fermentative biohydrogen production from synthetic cheese whey in an anaerobic structured-bed reactor: Performance evaluation and kinetic modeling. *Renew Energy.* 2019;139:1310–9.
23. Sharma D, Manzoor M, Yadav P, Sohal JS, Aseri GK, Khare N. Biovalorization of dairy whey for bioethanol by stress-tolerant yeast. In: Gehlot P, Singh J, editors. *Fungi and their role in sustainable development: Current perspectives.* Singapore: Springer; 2018. pp. 349–66.
24. Gabardo S, Rech R, Rosa CA, Ayub MAZ. Dynamics of ethanol production from whey and whey permeate by immobilized strains of *Kluyveromyces marxianus* in batch and continuous bioreactors. *Renew Energy.* 2014;69:89–96.
25. Sampaio FC, de Faria JT, da Silva MF, de Souza Oliveira RP, Converti A. Cheese whey permeate fermentation by *Kluyveromyces lactis*: a combined approach to wastewater treatment and bioethanol production. *Environ Technol.* 2020;41:3210–8.
26. Kwak HS, Lee WJ, Lee MR. Revisiting lactose as an enhancer of calcium absorption. *Int Dairy J.* 2012;22(2):147–51.
27. Francavilla R, Calasso M, Calace L, Siragusa S, Ndagijimana M, Vernocchi P, et al. Effect of lactose on gut microbiota and metabolome of infants with cow's milk allergy. *Pediatr Allergy Immunol.* 2012;23(5):420–7.
28. Musci I. Nutrients in whey and nutritional properties of whey products. In: Celik K, Önur, ZY, editors. *Whey every aspect.* Istanbul, Turkey: Tudás Alapítvány; 2016. pp. 70-91.

29. Simone E, Tyler AI, Kuah D, Bao X, Ries ME, Baker D. Optimal design of crystallization processes for the recovery of a slow-nucleating sugar with a complex chemical equilibrium in aqueous solution: The case of lactose. *Org Process Res Dev.* 2019;23(2):220–33.
30. Das M, Raychaudhuri A, Ghosh SK. Supply chain of bioethanol production from whey: A review. *Procedia Environ Sci.* 2016;35:833–46.
31. Çelik K, Önür ZY, Baytekin H, Coşkun B. Whey processing: Utilization and major products. In: Celik K, Önur, ZY, editors. Whey every aspect. Istanbul, Turkey: Tudás Alapítvány; 2016. pp. 34-61.
32. WHO food additives series 29: Specifications for the identity and purity of food additives and their toxicological evaluation: some flavouring substances and non-nutritive sweetening agents. Eleventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Geneva, Switzerland: World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO/WHO); 1967.
33. Pleissner D, Dietz D, van Duuren JBJH, Wittmann C, Yang X, Lin CSK и др. Биотехнологическое производство органических кислот из возобновляемых ресурсов. В: Wagemann K, Tippkötter N, редакторы. Биоперерабатывающие заводы. Достижения в области биохимической инженерии/биотехнологии, т. 166. Cham, Швейцария: Springer; 2017. стр. 373-410.
34. Idler C, Venus J, Kamm B. Microorganisms for the production of lactic acid and organic lactates. In: Kamm B, editor. Microorganisms in biorefineries. Microbiology Monographs, vol. 26. Berlin, Heidelberg: Springer; 2015. pp. 225–73.
35. Božanić R, Barukčić I, Lisak K. Possibilities of whey utilisation. *Austin J Nutr Food Sci.* 2014;2(7):7.
36. Narayanan CM, Das S, Pandey A. Food waste utilization: Green technologies for manufacture of valuable products from food wastes and agricultural wastes. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. Food bioconversion. London, UK: Academic Press; 2017. pp. 1-54.
37. Абиш Ж.А., Алибеков Р.С., Орымбетова Г.Э., Кобжасарова З.И., Касымова М.К. ХАРАКТЕРИСТИКА И АЛЬТЕРНАТИВЫ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ. *Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки.* 2024;(1(13)):183-190.
38. Кожахметова М. ., Акимбеков Н. ., & Тастанбек К. . (2023). ХАРАКТЕРИСТИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И МИКРОБНОГО ПРОФИЛЯ СЫВОРОТКИ, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВОРОГА И СЫРА. *Вестник КазНУ. Серия биологическая*, 94(1), 57–68.
39. Ким Т. Т., Крупская Д. В., Орынбекова А. С., Чеканова В. В., Ярышкин В. В. МОЛОЧНАЯ СЫВОРОТКА - НЕ ОТХОД, А СЫРЬЁ // Форум молодых ученых. 2020. №11 (51).
40. Жакупова Г.Н., Тултабаева Т.Ч., Сағандық А.Т., Төрегелді З.С. Исследование и разработка ресурсосберегающей технологии производства

мягкого сыра из молочной сыворотки. *Вестник Алматинского технологического университета*. 2023;(1):81-88.

41. Сағандық Асем Талғатқызы. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ.

42. А.А. Нуржанова, Е.Ф. Краснoperova. Разработка нового вида сывороточного напитка с внесением облепихового сока для лечебно-профилактического питания. Вестник Инновационного Евразийского университета. 2018. № 3 ISSN 1729-536X

43. Бисенова, Г., Сармурзина, З., Абитаева , Г., Мусабаева , Б., Найманов, . Е., & Текебаева , Ж. (2023). РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ МОЛОКА И МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ. *Микробиология және вирусология*, 3(42), 158–175.

44. Aitzhanova A. A., Saubenova M. G., Oleinikova Y. A., Chizhayeva A. V., Alybayeva A. Z., Amangeldi A. A., Yermekbay, Z. N., & Berzhanova, R. Z. (2021). РАЗРАБОТКА НОВОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СИНБИОТИЧЕСКОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ. *Вестник КазНУ. Серия биологическая*, 86(1), 64–77.

45. Дружечкова Е. Н., Величко Н. А., Ханипова В. А., Аёшина Е. Н. Биохимический состав подсырной облепиховой сыворотки // Ползуновский вестник. 2024. № 3. С. 117–120.

46. Алыбаева Айгул Жамятовна, Олейникова Елена Андреевна, Елубаева Макпал Елубаевна, Айтжанова Аида Асылбековна Ферментированный напиток на основе молочной сыворотки против *Salmonella* // Достижения науки и образования. 2020. №12 (66).

47. Chavan RS, Shraddha RC, Kumar A, Nalawade T (2015) Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications. J Food Process Technol 6: 495

48. Soares de Castro, R.J., Aliciane, F.D.M., Ohara, A., Okuro, P.K., et al., Whey protein as a key component in food systems: Physicochemical properties, production technologies and applications, Food Struct., 2017, vol. 14, p. 17.

49. И В. Паладий, Е Г. Врабие, К Г. Спринчан, М К. Болога Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение // ЭОМ. 2021. №1.

50. Sookan, T., Motala, A., Ormsbee, M., Antonio, J., et al., Improvement in muscular strength in HIV-infected individuals receiving antiretroviral therapy, J. Funct. Morphol. Kinesiol., 2019, vol. 4, no. 3, p. 66.

51. Ronis, M., Hakkak, R., Korourian, S., Badger, T., Whey protein hydrolysate but not whole whey protein protects against 7,12-Dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary tumors in rats, Nutr. Cancer., 2015, vol. 67, no. 6, p. 949.

52. Sugihara, Y., Zuo, X., Takata, T., Jin, S., et al., Inhibition of DMH-DSS-induced colorectal cancer by liposomal bovine lactoferrin in rats, *Oncol. Lett.*, 2017, vol. 14, no. 5, p. 5688.
53. Attaallah, W., Yilmaz, A.M., Erdogan, N., Yalçın, A.S., et al., Whey protein versus whey protein hydrolyzate for the protection of azoxymethane and dextran sodium sulfate induced colonic tumors in rats, *Pathology oncology research: POR*, 2012, vol. 18, no. 4, p. 817.
54. Artym, J., Koci^ba, M., Zaczynska, E., Adamik, B., et al., Immunomodulatory properties of human recombinant lactoferrin in mice: Implications for therapeutic use in humans, *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2018, vol. 27, no. 3, p. 391.
55. Foad, A., Elham, H., Hossein, J., Sayed, A.H.Z.M., et al., Whey proteins: health benefits and food applications, *Int. J. Med. Res. Pharm. Sci.*, 2016, vol. 9, no. 2, p. 63.
56. Gilmartin, S., O'Brien, N., Giblin, L., Whey for Sarcopenia. Can whey peptides, hydrolysates or proteins play a beneficial role, *Foods*, 2020, vol. 9, no. 6, p. 750.
57. Данильчук Татьяна Николаевна, Ефремова Юлия Геннадиевна, Корыстина Ирина Владимировна НАПИТКИ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И СУБЛИМАТОВ ПРОРОСТКОВ РАСТЕНИЙ // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. №3.
58. Колотий Т.Б., Коваленко З.С. Напитки на основе молочной сыворотки с использованием сиропов из фруктов дикорастущих растений // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 2. С. 33-39.
59. ГОСТ 3625 – 84 «Молоко и молочные продукты. Методы определения плотности»
60. ГОСТ 32901 – 2014 «Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа»
61. ГОСТ 10444.11 – 89 «Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов»
62. ГОСТ 9225 – 84 «Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа».
63. ГОСТ 3624 – 92 «Молоко и молочные продукты. Титrimетрические методы определения кислотности»

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу студентки 4 курса Мустафиной Айзады Бейбиталиевны на тему «Использование молочной сыворотки в производстве функциональных пищевых продуктов» по образовательной программе «6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия»

Дипломная работа посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – изучению возможностей производства функциональных напитков путем переработки сыворотки в молочной промышленности эффективным и экологически безопасным способом. Данное направление имеет стратегическое значение для агропромышленного комплекса и пищевой промышленности Казахстана.

Структура работы четкая и понятная: от введения, теоретической и практической частей до анализа результатов и выводов, разделы логически связаны между собой. Обзор литературы включает 63 источника, охватывающих диапазон от молекулярного уровня до технологических решений. В экспериментальной части изучены органолептические, физико-химические и микробиологические показатели продуктов, приготовленных на основе молочной сыворотки с добавлением черники и клюквы, представлены научно обоснованные результаты.

Новизна работы заключается в изучении натурального сырья (сыворотки) и способов получения функциональных продуктов на его основе. Практические навыки студента, умение грамотно писать научные тексты, умение работать с данными демонстрируются на высоком уровне.

**Заключение:** Работа соответствует всем требованиям, как по содержанию, так и по научной и практической значимости. Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки 95 «отлично», а ее автору Мустафиной Айзаде Бейбиталиевне можно присвоить ученую степень «бакалавр» по образовательной программе «6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия»

Рецензент:

Кандидат сельскохозяйственных наук,  
Ассоц. профессор НАО «КазНАИУ»

Мырзабек К.А.



**ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**  
на дипломную работу студентки 4 курса Мустафиной Айзады  
Бейбиталиевны на тему «Использование молочной сыворотки в производстве  
функциональных пищевых продуктов» по образовательной программе  
«6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия»

В ходе выполнения дипломной работы Мустафина Айзада Бейбиталиевна проявила себя как очень ответственная, любознательная и способная к научным исследованиям студентка. Ему удалось системно организовать свою исследовательскую работу и успешно сочетать практические и теоретические знания.

Мустафина Айзада изучала использование сыворотки в пищевой промышленности и разработала научно обоснованную технологию приготовления функционального напитка. Она изучила органолептические, физико-химические и микробиологические показатели продукта, провела углубленный анализ результатов и дала конкретные рекомендации.

Айзада проявила большой энтузиазм и интерес к выполнению своей исследовательской работы. Она учла замечания и своевременно внесла исправления. Работа выполнена грамотно, в научном стиле, с эффективным использованием графических и табличных материалов. Кроме того, у нее наблюдаются высокие лабораторные навыки, а также навыки обработки и анализа данных.

**Заключение:** Дипломная работа Мустафиной Айзады Бейбиталиевны полностью соответствует требованиям, имеет глубокое содержание и высокую практическую ценность. Рекомендую поставить студенту оценку «отлично» и направить на защиту диссертации.

Научный руководитель:  
К.б.н., ассоц. профессор



Сулейменова Ж.М.



Отчет не был оценен

## Отчет подобия

### Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Использование молочной сыворотки в производстве функциональных пищевых продуктов

Автор

Научный руководитель / Эксперт

Мустафина Айзада Бейбиталиевна Жулдуз Сулейменова

Подразделение

ИГиНГД

### Объем найденных подобий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках.. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

9280

Количество слов

76127

Количество символов

### Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		0
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		12

### Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

### 10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<a href="https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_31453-2013">https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_31453-2013</a>	19 0.20 %
2	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/napitki-na-osnove-molochnoy-syvorotki-i-ispolzovaniem-sirogov-iz-fruktov-dikorastuschihih-rastenij">https://cyberleninka.ru/article/n/napitki-na-osnove-molochnoy-syvorotki-i-ispolzovaniem-sirogov-iz-fruktov-dikorastuschihih-rastenij</a>	17 0.18 %
3	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv">https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv</a>	14 0.15 %

4	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv">https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv</a>	14 0.15 %
5	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-teksturirovannoy-soevoy-muki-natureks-v-tehnologii-myasnnyh-rublenyh-polufabrikatov">https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-teksturirovannoy-soevoy-muki-natureks-v-tehnologii-myasnnyh-rublenyh-polufabrikatov</a>	13 0.14 %
6	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv">https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv</a>	10 0.11 %
7	<a href="https://studfile.net/preview/5611198/page:33/">https://studfile.net/preview/5611198/page:33/</a>	9 0.10 %
8	<a href="https://sert-service.ru/gost-issledovaniya-kmafam/">https://sert-service.ru/gost-issledovaniya-kmafam/</a>	9 0.10 %
9	<a href="https://ppt-online.org/251435">https://ppt-online.org/251435</a>	8 0.09 %
10	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskiy-analiz-syrogo-verblyuzhiego-moloka-suhogo-verblyuzhiego-moloka-i-shubata-fermerskogo-hozyaystva-almatinskoy">https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskiy-analiz-syrogo-verblyuzhiego-moloka-suhogo-verblyuzhiego-moloka-i-shubata-fermerskogo-hozyaystva-almatinskoy</a>	8 0.09 %

#### из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

#### из интернета (1.43 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv">https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-retseptur-profilakticheskikh-napitkov-na-osnove-moloka-i-molochnoy-syvorotki-i-opredelenie-ih-svoystv</a>	38 (3) 0.41 %
2	<a href="https://standartgost.ru/g%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_31453-2013">https://standartgost.ru/g%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_31453-2013</a>	19 (1) 0.20 %
3	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/napitki-na-osnove-molochnoy-syvorotki-s-ispolzovaniem-sirogov-iz-fruktov-dikorastuschihih-rasteniy">https://cyberleninka.ru/article/n/napitki-na-osnove-molochnoy-syvorotki-s-ispolzovaniem-sirogov-iz-fruktov-dikorastuschihih-rasteniy</a>	17 (1) 0.18 %
4	<a href="https://sert-service.ru/gost-issledovaniya-kmafam/">https://sert-service.ru/gost-issledovaniya-kmafam/</a>	14 (2) 0.15 %
5	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-teksturirovannoy-soevoy-muki-natureks-v-tehnologii-myasnnyh-rublenyh-polufabrikatov">https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-teksturirovannoy-soevoy-muki-natureks-v-tehnologii-myasnnyh-rublenyh-polufabrikatov</a>	13 (1) 0.14 %
6	<a href="https://studfile.net/preview/5611198/page:33/">https://studfile.net/preview/5611198/page:33/</a>	9 (1) 0.10 %
7	<a href="https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskiy-analiz-syrogo-verblyuzhiego-moloka-suhogo-verblyuzhiego-moloka-i-shubata-fermerskogo-hozyaystva-almatinskoy">https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobiologicheskiy-analiz-syrogo-verblyuzhiego-moloka-suhogo-verblyuzhiego-moloka-i-shubata-fermerskogo-hozyaystva-almatinskoy</a>	8 (1) 0.09 %
8	<a href="https://ppt-online.org/251435">https://ppt-online.org/251435</a>	8 (1) 0.09 %
9	<a href="https://dal-center.ru/skachat-gost-32901-2014/moloko-i-molochnaya-produktsiya-metody-mikrobiologicheskogo-analiza/">https://dal-center.ru/skachat-gost-32901-2014/moloko-i-molochnaya-produktsiya-metody-mikrobiologicheskogo-analiza/</a>	7 (1) 0.08 %

#### Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---