

Т.И. Шингарева¹, к.т.н., доцент, В.А. Шаршунув¹, д.т.н., профессор,
М.А. Глушаков^{1,2}, к.т.н., доцент, С.В. Красоцкий³, к.т.н., доцент, А.А. Демьянец¹
¹Белорусский государственный университет пищевых
и химических технологий, Могилев, Республика Беларусь
²Техносолекс-Проект, Могилев, Республика Беларусь
³Милтекс, Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ПОДСЫРНОЙ СЫВОРОТКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ФЕРМЕНТАЦИИ БИФИДОФЛОРОЙ

T. Shingareva¹, V. Sharshunov¹, M. Glushakov^{1,2}, S. Krasotsky³, A. Demyanets¹
¹Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Mogilev, Republic of Belarus
²Technosolex-Project, Mogilev, Republic of Belarus
³Miltex, Minsk, Republic of Belarus

STUDY OF THE COMPOSITION OF CHEESE WHEY AND ITS FERMENTATION BY BIFIDOFLORA

e-mail: t-hingareva@mail.ru, ot_i_e@bgut.by,
glushakov_m_a@mail.ru, krasocskii@miltex.by, t-hingareva@mail.ru

Исследован компонентный состав подсырной сыворотки, полученной от производства сыров различных способов коагуляции и степени концентрирования, с целью ее возможного использования в производстве продуктов функционального назначения. Изучены физико-химические и микробиологические показатели подсырной сыворотки. Изучен процесс ферментации подсырной сыворотки разного компонентного состава.

The component composition of the cheese whey obtained from the production of cheeses of various methods of coagulation and concentration was investigated for the purpose of its possible use in the production of functional products. Physicochemical and microbiological parameters of the syringe serum were studied. The process of fermentation of cheese whey of different component composition was studied.

Ключевые слова: бифидобактерии; подсырная сыворотка; ферментация; компонентный состав.

Key words: bifidobacteria; cheese serum; fermentation; component composition.

Введение. Молочная сыворотка является побочным продуктом переработки сырья при производстве белковой продукции. В сырделии в качестве вторичного сырья получают сыворотку подсырную. Однако ее состав может существенно варьировать. На это влияет ряд факторов. В первую очередь, это способ коагуляции молочных белков. Так, при сычужной коагуляции сыворотка отделяется от сгустка в результате свертывания молока под действием сычужного фермента или его аналогов. При кислотном осаждении белков синерезис достигается за счет повышения кислотности среды молочной кислотой, образуемой в результате развития в ферментируемой среде молочнокислой микрофлоры, либо возможно и за счет внесения пищевых кислот (лимонная и др.). При термокислотной коагуляции отделение сыворотки от белкового сгустка происходит в результате воздействия одновременно высокой температуры и кислотного агента. Помимо способов коагуляции, существенное влияние на компонентный состав подсырной сыворотки оказывает гликолитическая и протеолитическая способность заквасочной микрофлоры, активность протекания молочнокислого процесса и др. [1–3].

Сегодня актуальной является обработка подсырной сыворотки с применением мембранных методов, включая ультрафильтрацию (УФ) и нанофильтрацию (НФ), что позволяет более эффективно использовать сывороточные белки и получать дополнительный источник углеводсодержащего сырья, используемого в пищевой промышленности [4–6].

В настоящее время одним из перспективных направлений в пищевой индустрии является расширение выпуска продукции функционального и лечебно-профилактического назначения, в рамках которого ученые исследуют пробиотические микроорганизмы, имеющие длительную историю безопасного использования и способные участвовать не только в восстановлении полезной микробиоты, но и в обмене веществ, включая нормализацию уровня холестерина в организме человека [7–9].

Из пробиотических микроорганизмов общепризнана важная роль бифидобактерий в нормальном функционировании организма человека. Все представители рода *Bifidobacterium* – грамположительные, неподвижные, неспорообразующие, не образующие в процессе жизнедеятельности газы, анаэробные (однако некоторые виды могут быть аэротолерантными), каталаза-отрицательные (кроме *Bifidobacterium indicum* и *Bifidobacterium asteroides*), сахаролитические микроорганизмы. Все они хемоорганотрофы, которые активно сбраживают углеводороды с образованием преимущественно уксусной и молочной кислот в молярном соотношении 3:2, при этом углекислый газ не образуют [10, 11]. Пробиотическое действие бифидобактерий основывается на многих их свойствах. Основным положительным эффектом является синтез различных биологически активных соединений. Возможность бифидобактерий продуцировать молочную и уксусную кислоту, а также бактериоцины, стимулирует антагонистическую активность против патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Также бифидобактерии выполняют витаминообразующую функцию, улучшают показатели белкового и минерального обмена. Еще одна важная роль бифидобактерий – способность воздействовать на липидный обмен организма путем снижения холестерина в сыворотке крови и нормализации уровня циркулирующих в крови липопротеинов и фосфолипидов [12–14].

Известно, что бифидобактерии развиваются в молоке достаточно медленно, так как коровье молоко не является естественной средой их обитания. Они обладают очень низкой β -галактазидазной активностью и у них не обнаружено протеаз, гидролизующих казеин. Причиной замедленного роста бифидобактерий может быть также их низкая фосфатазная активность. Сильный стимулирующий рост бифидобактерии получают при использовании гидролизатов казеина [15–17].

При создании новых видов молочной продукции с пробиотической микрофлорой ряд технологий предусматривает обогащение пробиотической микрофлорой уже готового продукта. Однако научно доказано, что положительное влияние пробиотических культур на организм человека связано не только с их деятельностью в ЖКТ человека, но и с продуцированием биологически активных соединений, образуемых на стадии производства пробиотической молочной продукции. Применение способа ферментации молочной основы сегодня все шире используется при получении биологически активных добавок, содержащих пробиотики, и производстве новых видов молочных продуктов функционального назначения [14, 18].

Особое место в функциональном питании отводится применению бифидофлоры в производстве молочной продукции на основе молочной сыворотки, богатой углеводным и минеральным составом, что повышает пищевую и биологическую ценность продуктов [19–21]. Как правило, при получении кисломолочных напитков с пробиотической микрофлорой помимо бифидобактерий для интенсификации их роста включают и другие виды пробиотических микроорганизмов, что способствует стимуляции роста бифидобактерий за счет производства ростовых компонентов и защиты от кислорода. Однако при изготовлении функциональных молочных напитков на основе сыворотки, в том числе с разными вкусо-ароматическими добавками, в случае совместного применения

бифидобактерий и пробиотических культур молочнокислых бактерий, напитки имеют небольшой срок годности, что связано с быстрым повышением кислотности продукции, а также ингибированием молочной кислотой бифидофлоры при хранении [22, 23].

Поскольку бифидобактерии не являются активными кислотобразователями, уместно предположить, что сывороточные напитки, содержащие в качестве пробиотической микрофлоры только бифидобактерии, могут иметь более длительные сроки годности и не приводить к быстрому скисанию продукции.

В настоящий период в Беларуси многие сыродельные предприятия специализируются по выработке сыров определенных видовых групп. При этом наряду с традиционными зрелыми сычужными сырами («Российский» «Голландский» и др.) активно внедряются технологии производства мягких сыров разных способов коагуляции молочного сырья, например, сыр «Моцарелла», сычужная коагуляция молока; сыр «Рикотта», термокислотная коагуляция сыворотки; сыр «Кремчиз», кислотная коагуляция сливок и др. Активно внедряются мембранные технологии концентрирования подсырной сыворотки.

Сегодня в нашей стране подсырная сыворотка, практически полностью подлежит промышленной переработке на пищевые цели. Из нее получают разные виды молочной продукции. Одним из мало затратных и эффективных способов переработки подсырной сыворотки является производство на ее основе разных видов сывороточных напитков. При этом все шире находят применения сыворотка, ферментированная заквасочной микрофлорой, включая пробиотическую.

Различия компонентного состава подсырной сыворотки могут существенно отразиться на показателях качества продукции, производимой на ее основе. Однако в научных публикациях открытого доступа отсутствуют сведения, касающиеся системного анализа компонентного состава разных видов подсырной сыворотки. Отсутствует информация по ферментации подсырной сыворотки разного компонентного состава пробиотической микрофлорой бифидобактерий. В связи с этим цель данного исследования – научный анализ компонентного состава подсырной сыворотки, полученной от производства разных сыров, в том числе сконцентрированной на мембранных установках, и влияния компонентного состава сыворотки на ферментативную активность пробиотических культур бифидобактерий.

Материалы и методы исследований. На базе кафедры технологии молока и молочный продуктов БГУТ проведены исследования разных видов подсырной сыворотки, полученной в производственных условиях на ведущих предприятиях Беларуси, и ее способности к ферментации бифидобактериями.

Объектами исследования выбраны следующие образцы подсырной сыворотки, полученной от производства разных сыров:

- сыворотка от сыров российской группы;
- сыворотка от мягкого сычужного сыра «Моцарелла»;
- сыворотка от термокислотного сыра «Адыгейский»;
- сыворотка от мягкого сливочного сыра «Кремчиз»;
- НФ-концентрат сыворотки без УФ нативной сыворотки (от сыров российской группы);
- НФ-концентрат сыворотки с предварительной УФ нативной сыворотки (от сыров российской группы).

В качестве пробиотической микрофлоры для ферментации сыворотки применяли закваску чистых культур бифидобактерий «Б-1» 10 Е.А., содержащую штамм *Bifidobacterium longum* (РУП «Институт мясо-молочной промышленности», Республика Беларусь).

При проведении эксперимента для всех исследуемых образцов сыворотки отбор проб и подготовку их к анализу осуществляли по ГОСТ 26809.1-2014, массовую

долю молочного жира – по ГОСТ 5867-90, активную кислотность – по ГОСТ 32892-2014. В образцах сыворотки с массовой долей сухих веществ до 10% определяли: массовую долю лактозы – по ГОСТ 3628-78, титруемую кислотность – по ГОСТ 3624-92, массовую долю сухих веществ – по ГОСТ 3626-73, массовую долю белка – по ГОСТ 25179-2014. В образцах концентрированной сыворотки титруемую кислотность определяли по ГОСТ 30305.3-95, массовую долю сухих веществ – по ГОСТ 30305.1-95, массовую долю лактозы – по ГОСТ 29248-91, массовую долю белка – по ГОСТ 23327-98. Микробиологические показатели всех образцов сыворотки проводили в соответствии со следующими стандартами: КМАФАнМ – по ГОСТ 32901-2014, наличие БГКП – по ГОСТ 32901-2014; развитие бифидобактерий – по ГОСТ 33924-2016.

Результаты и их обсуждение. Показатели подсырной сыворотки обезжиренной (нативной), полученной от сыров разных способов коагуляции, и концентрированной подсырной сыворотки от производства сычужных сыров российской группы (НФ-концентрата сыворотки) с предварительной ее УФ или без применения УФ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели подсырной сыворотки от разных сыров и НФ-концентрата сыворотки

Показатели	Подсырная сыворотка от разных сыров				НФ-концентрат сыворотки (от сыров российской группы)	
	сыры российской группы	сыр моцарелла	сыр кремчиз	сыр адыгейский	без УФ сыворотки	с УФ сыворотки
массовая доля жира, %	0,04	0,03	0,00	0,05	0,22	0,00
массовая доля азотистых веществ в пересчете на белок, %	0,62	0,68	0,30	0,43	2,27	0,73
массовая доля лактозы, %	4,20	4,6	4,4	4,9	16,5	23,3
массовая доля сухих веществ, %	5,25	5,80	4,93	5,76	19,90	25,20
кислотность титруемая, °Т	11,0	11,5	47,0	22,5	34,0	38,0
кислотность активная, ед. рН	6,40	6,45	4,78	5,85	6,30	6,14
БГКП, не обнаружены в объеме, см ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	–
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	6,2·10 ⁴	7,2·10 ⁴	1,4·10 ⁴	0,26·10 ⁴	7,4·10 ⁴	1,2·10 ¹

Источник данных: собственная разработка.

Как видно из таблицы 1, исследуемые виды подсырной сыворотки, полученной от производства сыров разных способов коагуляции молочной основы, имеют различия по ряду физико-химических показателей. Прежде всего, они существенно различаются по титруемой и активной кислотности. Так, более кислая подсырная сыворотка отмечается от производства сливочного сыра «Кремчиз» – 47,0°Т и 4,78 ед. рН соответственно. Меньше всего кислотность у подсырной сыворотки, полученной от сычужных сыров голландско-русской группы и сыра «Моцарелла». Титруемая кислотность этих видов сыворотки практически в четыре раза меньше, чем у сыворотки от сливочного сыра «Кремчиз», а также и более нейтральная рН среды. Это связано с применением в технологиях термокислотных сыров большего количества кислых коагулянтов. По массовой доле азотистых веществ более высокое содержание

отмечается в сыворотке от мягкого сычужного сыра «Моцарелла» (0,68%), в сыворотке от сыра «Адыгейский» азотистых веществ 1,5 раза меньше, что связано с большим переходом белков в целевой продукт. По содержанию лактозы разница между сывороткой от разных сыров не так сильно варьирует. При этом в сыворотке от сыров голландско-русской группы лактозы в 1,14 раз меньше, чем от сыра «Адыгейский». По микробиологическим показателям также чище сыворотка от сыра «Адыгейский», что можно объяснить отсутствием заквасочной молочнокислой микрофлоры в молоке и более высокой температурой термообработки при получении этого сыра (93–95)°С.

При концентрировании подсырной сыворотки, полученной от сычужных сыров русской группы с применением только НФ, то есть без предварительной ее УФ, массовая доля лактозы, жира и белка в НФ-концентрате возрастает примерно в 3,7 раза, титруемая кислотность примерно в 3 раза, в то же время, активная кислотность изменяется незначительно. Это можно объяснить буферными свойствами сыворотки: фосфатной, цитратной, белковой, лактатной. Вероятно, что при повышении титруемой кислотности в НФ-концентрате часть гидрофосфатов переходит в дигидрофосфаты, происходит связывание ионов водорода и активная кислотность (рН) меняется незначительно. Цитраты и лактаты при увеличении титруемой кислотности вступают в реакцию с ионами водорода аналогично фосфатам, поэтому дополнительно работают цитратная, карбонатная, сульфатная, лактатная и белковые буферные системы [5, 24].

В НФ-концентратах сыворотки в случае применения или без применения предварительной УФ, между собой компонентный состав существенно отличается. Это связано с переходом в белковый УФ-концентрат практически всего молочного жира, сывороточных белков, а также остаточной микрофлоры сыворотки (таблица 1). При этом существенно увеличивается концентрация лактозы (в среднем в 4,5 раза). Кислотность среды также несколько изменяется, что обусловлено большей задержкой двухосновных солей в УФ-концентрате (соли кальция, магния и др.), а также белков, что снижает буферность среды.

Как известно, рост бифидобактерий наблюдается в пределах рН 4,5–8,0, оптимум 6,0–7,0 ед. рН. Все бифидобактерии способны сбраживать лактозу, галактозу, фруктозу. Для построения клеток бифидобактериям требуются растворимые азотистые соединения [15, 25].

Таким образом, из исследованных видов подсырной сыворотки видно, что в сыворотке, полученной от производства сычужных сыров (сыры голландско-русской группы, сыр «Моцарелла») и НФ-концентрате сыворотки без предварительной УФ, активная кислотность среды достаточно оптимальная для развития бифидобактерий. Кроме того, эти виды сыворотки больше содержат азотистых веществ. Однако остается неясным, насколько существенно на развитие бифидобактерий окажет влияние повышение концентрации сухих веществ в сывороточной основе, включая лактозу, поэтому далее в работе исследовался данный аспект.

Для изучения развития бифидобактерий в подсырной сыворотке с варьируемым содержанием сухих веществ (5,0–20,0)% и лактозы (4,5–16,5)% исследовали следующие образцы подсырной сыворотки: подсырную сыворотку и НФ-концентрат подсырной сыворотки, полученные от производства сычужных сыров, а также НФ-концентрат подсырной сыворотки, разбавленный водой в соотношении 1:1. Показатели исследуемых образцов сыворотки представлены в таблице 2.

Известно, что в сыворотке быстро развиваются различные группы микроорганизмов, происхождение которых тесно связано как с остаточной микрофлорой пастеризованного молока, так и с микрофлорой заквасок, используемых при производстве сыров [25, 26]. В эксперименте для сведения к минимуму уровня

остаточной микрофлоры образцы сыворотки перед ферментацией подвергали пастеризации при температуре (93–95)°С без выдержки. После термообработки эффективность пастеризации образцов составила в подсырной сыворотке 99,92%, НФ-концентрате сыворотки – 99,75%.

Исследуемые образцы сыворотки заквашивали чистыми культурами бифидобактерий «Б-1» из расчета $1 \cdot 10^6$ КОЕ/см³. Изменение активности развития бифидобактерий в исследуемых образцах ферментируемой сыворотки определяли по изменению кислотности среды и количеству бифидобактерий в течение 24 ч (таблица 3).

Таблица 2 – Показатели образцов сыворотки с варьируемым содержанием сухих веществ

Показатели	Сыворотка подсырная (от сычужного сыра)	НФ-концентрат сыворотки / вода (1:1)	НФ- концентрат сыворотки
	Образец 1	Образец 2	Образец 3
массовая доля сухих веществ, %	5,25	10,0	20,0
массовая доля лактозы, %	4,20	8,2	16,5
массовая доля азотистых веществ в пересчете на белок, %	0,60	1,19	2,26
массовая доля жира, %	0,04	0,10	0,20
кислотность титруемая, °Т	14,5	18,0	35,0
кислотность активная, ед. рН	6,32	6,60	6,30
КМАФАнМ, КОЕ/см ³	50	95	185

Источник данных: собственная разработка.

Таблица 3 – Показатели образцов сыворотки в процессе ферментации чистыми культурами бифидобактерий

Показатели	Продолжительность ферментации, ч		
	0	18	24
<i>Образец 1. Сыворотка подсырная</i>			
Титруемая кислотность, °Т	19,0	37,0	43,0
Активная кислотность, ед. рН	6,30	4,96	4,92
Количество клеток бифидобактерий, lg КОЕ/см ³	6,00	6,82	6,85
<i>Образец 2. НФ-концентрат сыворотки / Вода (1:1)</i>			
Титруемая кислотность, °Т	17,0	41,0	46,0
Активная кислотность, ед. рН	6,48	4,48	4,36
Количество клеток бифидобактерий, lg КОЕ/см ³	6,00	7,56	7,60
<i>Образец 3. НФ-концентрат сыворотки</i>			
Титруемая кислотность, °Т	35,0	53,0	58,0
Активная кислотность, ед. рН	6,30	4,87	4,70
Количество клеток бифидобактерий, lg КОЕ/см ³	6,00	6,98	7,15

Источник данных: собственная разработка.

Установлено (таблица 3), что более высокая скорость кислотообразования отмечается в Образце 2, и меньшая – в Образце 3. При этом в исследуемых образцах удельная скорость кислотообразования бифидобактерий через 18 ч ферментации

увеличилась: в Образце 1 – в 1,94 раза, в Образце 2 – в 2,41 раза и Образце 3 – в 1,51 раз. Через 24 ч ферментации скорость кислотообразования во всех образцах заметно снизилась, прирост которой во всех образцах не превышал $1^{\circ}\text{T}/\text{ч}$. Это можно объяснить повышением рН среды, отрицательно сказывающейся на развитии бифидобактерий [26], что подтверждают и данные количественного учета бифидобактерий. При этом установлено, что для бифидобактерий более комфортной является сывороточная среда Образца 2. Здесь количество бифидобактерий в сравнении с исходным количеством инокулята через 18 ч ферментации увеличилось на 1,56 порядка, в Образцах 1 и 3 рост бифидобактерий оказался заметно ниже, соответственно 0,82 и 0,98 порядка.

Выявлено, что при ферментации подсырной сыворотки (Образцы 1 и 2) бифидобактерии более активнее развиваются в среде с повышением лактозы и азотистых веществ. Однако в сравнении с исходной сывороткой, полученной от сычужных сыров (Образец 1), в НФ-концентрате сыворотки (Образец 3) повышение концентрации лактозы и азотистых веществ незначительно ускоряет рост бифидобактерий. Это возможно связано с негативным влиянием высокого осмотического давления на клетки бифидобактерий, вызванного повышенным содержанием сухих веществ в этой сыворотке.

Заключение. Научный анализ теоретических источников подтверждает, что подсырная сыворотка по своим свойствам находит широкое применение в производстве продуктов питания, в том числе функционального назначения.

Проведенные исследования подтвердили, что компонентный состав подсырной сыворотки существенно зависит от видовой группы сыров, от которых получено вторичное сырье. Особенно заметно различие в показателях кислотности сыворотки. Так большую кислотность имеет подсырная сыворотка от производства сливочного сыра «Кремчиз»: титруемая и активная кислотность $47,0^{\circ}\text{T}$ и 4,78 ед. рН соответственно, и меньше всего от сыров российской группы: 11°T и 6,4 д. рН. По массовой доле азотистых веществ более высокое содержание отмечается в сыворотке от мягкого сычужного сыра «Моцарелла» (0,68%), в сыворотке от сыра «Адыгейский» азотистых веществ 1,5 раза меньше. По содержанию сухих веществ и лактозы разница между сывороткой от разных видов сыров не так существенна.

В НФ-концентратах сыворотки от производства сыров российской группы применение предварительной УФ сыворотки повышает концентрацию сухих веществ в 1,26 раза, в сравнении с НФ-концентратом без предварительной УФ. При этом их компонентный состав существенно отличается. Так при концентрировании подсырной сыворотки без применения предварительной УФ, массовая доля лактозы, жира и белка в НФ-концентрате возрастает примерно в 3,7 раза, титруемая кислотность примерно в 3 раза, активная кислотность изменяется незначительно. При получении НФ-концентрата с проведением предварительной УФ подсырной сыворотки концентрация лактозы увеличивается в среднем в 4,5 раза, массовая доля азотистых веществ возрастает незначительно (в 1,1 раза), молочный жир отсутствует, при этом уровень остаточной микрофлоры снижается более, чем на три порядка.

При ферментации подсырной сыворотки чистыми культурами бифидобактерий с разным содержанием сухих веществ и лактозы выявлено, что с увеличением концентрации сухих веществ в сыворотке с 5 до 10%, и соответственно увеличением азотистых веществ в два раза, бифидобактерии развиваются быстрее. При концентрировании сухих веществ в сыворотке до 20%, несмотря на повышение азотистых веществ почти в четыре раза, активность роста бифидобактерий снижается. Это можно объяснить негативным влиянием высокого осмотического давления на активность бифидобактерий, вызванного повышенным содержанием сухих веществ в НФ-концентрате сыворотки.

Полученные результаты позволят специалистам в области пищевых и биотехнологических производств применять научно-обоснованный подход при

выборе подсырной сыворотки для переработки на пищевые цели. Результаты исследований могут быть использованы при выборе подсырной сыворотки, предназначенной для ферментации пробиотической микрофлорой бифидобактерий, используемой в дальнейшем как основы для сывороточных напитков функционального назначения.

Список использованных источников

1. Раманаускас, Р. И. Технология и оборудование для производства натурального сыра / Р. И. Раманаускас, А. А. Майоров, О. Н. Мусина, Т. И. Шингарева, Г. Е. Полищук. – СПб. : Изд.-во Лань, 2021. – 508 с.
1. Ramanauskas, R. I. Tehnologija i oborudovanie dlja proizvodstva natural'nogo syra [Technology and equipment for the production of natural cheese] / R. I. Ramanauskas, A. A. Majorov, O. N. Musina, T. I. Shingareva, G. E. Polishhuk. – Spb. : Izd.-vo Lan', 2021. – 508 s.
2. Паладий, И. В. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение / И. В. Паладий, Е. Г. Врабие, К. Г. Спринчан, М. К. Болога // Электронная обработка материалов – 2021. – Т. 57. – № 1. – С. 52–69.
2. Paladij, I. V. Molochnaja syvorotka: obzor rabot. Chast' 1. Klassifikacija, sostav, svojstva, proizvodnye, primenenie [Milk Serum: a review of the work. Part 1. Classification, composition, properties, derivatives, application] / I. V. Paladij, E. G. Vrabie, K. G. Sprinchan, M. K. Bologa // Jelektronnaja obrabotka materialov – 2021. – T. 57. – № 1. – S. 52–69.
3. Тепел А. Химия и физика молока. – М. : Пищевая промышленность, 2012. – 850 с.
3. Tepel A. Himija i fizika moloka. [Chemistry and Physics of Milk]. – M. : Pishhevaja promyshlennost', 2012. – 850 s.
4. Дымар, О. В. Повышение эффективности переработки молочных ресурсов: научно-технологические аспекты. Монография. – Минск : Колорград, 2018. – 236 с.
4. Dymar, O. V. Povyshenie jeffektivnosti pererabotki molochnyh resursov: nauchno-tehnologicheskie aspekty. [Increasing the efficiency of processing dairy resources: scientific and technological aspects] Monografija. – Minsk : Kolorgrad, 2018. – 236 s.
5. Кручинин, А. Г. Исследование процесса баромембранной фильтрации подсырной и творожной сывороток / А. Г. Кручинин, Е. Е. Шилова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством : сб. тр. – 2020. – Т. 1. – № 1. – С. 298–305.
5. Kruchinin, A. G. Issledovanie processa baromembrannoj fil'tracii podsyрной i tvorozhnoj syvorotok [The investigation of the process of cheese whey and quark whey barometric filtration] / A. G. Kruchinin, E. E. Shilova // Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti, mezhotraslevye tehnologii i sistemy upravlenija kachestvom : sb. tr. – 2020. – T. 1. – № 1. – S. 298–305.
6. Храпцов, А. Г. Справочное обеспечение наилучших доступных технологий пищевой промышленности : монография. – СПб. : ГИОРД, 2019. – 312 с.
6. Hramcov, A. G. Spravochnoe obespechenie nailuchshih dostupnyh tehnologij pishhevoj promyshlennosti : [Reference provision of the best available food industry technologies] monografija. – SPb. : GIORD, 2019. – 312 s.
7. Новик, Г. И. Бифидобактерии : научные основы практического использования // Проблемы здоровья и экологии. – 2006. – № 3. – С. 144–151.
7. Novik, G. I. Bifidobakterii: nauchnye osnovy prakticheskogo ispol'zovanija [Bifidobacteria : scientific basis for practical use] // Problemy zdorov'ja i jekologii. – 2006. – № 3. – S. 144–151.
8. Забодалова, Л. А. Функциональные пищевые продукты – путь к здоровью // Переработка молока: технология, оборудование, продукция. – 2006. – № 11. – С. 8–11.
8. Zabolalova, L. A. Funkcional'nye pishhevyje produkty – put' k zdorov'ju [Functional food products - the path to health] // Pererabotka moloka: tehnologija, oborudovanie, produkcija. – 2006. – № 11. – S. 8–11.
9. Долматова, И. А. Продукты функционального назначения в питании населения / И. А. Долманова // Молодой ученый. – 2016. – № 7. – С. 63–65.
9. Dolmatova, I. A. Produkty funkcional'nogo naznachenija v pitanii naselenija [Products of functional purpose in nutrition of the population] / I. A. Dolmanova // Molodoj uchenyj. – 2016. – № 7. – S. 63–65.

10. Морфология и систематика бифидобактерий // Морфология бифидобактерий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://propionix.ru/morfologiya-bifidobakteriy>. – Дата доступа: 01.10.2023.
11. Захарова, Ю. В. Современные представления о таксономии, морфологических и функциональных свойствах бифидобактерий / Ю. В. Захарова // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2018. – Т. 3. – №. 1. – С. 90–101.
12. Функ, И. А. Биотехнологический потенциал бифидобактерий / И. А. Функ, А. Н. Иркитова // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 67–79.
13. Гудков, А. В. Бифидобактерии: биология, роль в жизнедеятельности человека и животных. Производство бифидосодержащих продуктов / А. В. Гудков. – Углич, 1999. – 65 с.
14. Боброва, А. В. Кисломолочные продукты на основе концентратов пахты и сыворотки / А. В. Боброва, Н. Г. Острецова // Молочнохозяйственный вестник. – 2018. – №4 (32). – С.53–61.
15. Банникова, Л. А. Микробиологические основы молочного производства: справочник / Л. А. Банникова, В. Ф. Королева, Н. С. Семенихина. – М. : Агрпромиздат, 1987. – 400 с.
16. Жабанос, Н. К. Технология получения сухого бактериального концентрата бифидобактерий для производства функциональных молочных продуктов / Н. К. Жабанос, Л. В. Сафроненко, О. В. Ласковнева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 12 – С.79–82.
17. Утебаева, А. А. Перспективы использования бифидобактерий в продуктах функционального питания и лекарственных средствах / А. А. Утебаева, М. А. Бурмасова, М. А. Сысоева // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2016. – Т. 6. – № 4. – С. 100–103.
18. Ердикова, В. П. Использование биологически активной добавки, содержащей пробиотики, для коррекции и поддержания нормального состава кишечной микрофлоры / В. П. Ердикова, А. А. Векковцев // Новые технологии. – 2013. – № 3. – С.155–160.
19. Храмов, А. Г. Функциональные напитки из молочной сыворотки / А. Г. Храмов, И. А.
10. Morfologija i sistematika bifidobakterij // Morfologija bifidobakterij [Elektronnyj resurs] [Morphology and systematics of bifidobacteria // Morphology of bifidobacteria]. – Rezhim dostupa : <https://propionix.ru/morfologiya-bifidobakteriy>. – Data dostupa: 01.10.2023.
11. Zaharova, Ju. V. Sovremennye predstavlenija o taksonomii, morfologicheskix i funkcional'nyh svojstvax bifidobakterij [Current opinion on taxonomy, morphological, and functional properties of bifidobacteria] / Ju. V. Zaharova // Fundamental'naja i klinicheskaja medicina. – 2018. – Т. 3. – №. 1. – С. 90–101.
12. Funk, I. A. Biotehnologičeskij potencial bifidobakterij [Biotechnological potential of bifidobacteria] / I. A. Funk, A. N. Irkitova // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – Т. 2. – №. 4. – С. 67–79.
13. Gudkov, A. V. Bifidobakterii: biologija, rol' v zhiznedejatel'nosti čeloveka i životnyh. Proizvodstvo bifidosoderžashhih produktov [Bifidobacteria: biology, role in human and animal life. Production of bifide-containing products] / A. V. Gudkov. – Uglich, 1999. – 65 s.
14. Bobrova, A. V. Kislomolochnye produkty na osnove koncentratov pahty i syvorotki [Fermented milk products on the base of butter milk and whey received by nanofiltration] / A. V. Bobrova, N. G. Ostrecova // Molochnohozjajstvennyj vestnik. – 2018. – №4 (32). – С.53–61.
15. Bannikova, L. A. Mikrobiologičeskie osnovy molochного proizvodstva: spravočnik [Microbiological foundations of dairy production] / L. A. Bannikova, V. F. Koroleva, N. S. Semehina. – M. : Agropromizdat, 1987. – 400 s.
16. Zhabanos, N. K. Tehnologija poluchenija suhogo bakterial'nogo koncentrata bifidobakterij dlja proizvodstva funkcional'nyh molochnyh produktov [Technology of production of dry bacterial concentrate of bifidobacteria for production of functional dairy products] / N. K. Zhabanos, L. V. Safronenko, O. V. Laskovneva // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. – 2003. – № 12 – С.79–82.
17. Utebaeva, A. A. Perspektivy ispol'zovanija bifidobakterij v produktah funkcional'nogo pitanija i lekarstvennyh sredstvax [Prospects of using bifidobacterium in functional food products and medicines] / A. A. Utebaeva, M. A. Burmasova, M. A. Sysoeva // Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija. – 2016. – Т. 6. – № 4. – С. 100–103.
18. Erdakova, V. P. Ispol'zovanie biologičeski aktivnoj dobavki, soderžashhej probiotiki, dlja korrekcii i podderžhanija normal'nogo sostava kischečnoj mikroflory [Use of a biologically active additive containing probiotics to correct and maintain the normal composition of intestinal microflora] / V. P. Erdakova, A. A. Vekkovcev // Novye tehnologii. – 2013. – № 3. – С.155–160.
19. Hramcov, A. G. Funkcional'nye napitki iz molochnoj syvorotki [Functional beverages from whey] / A. G. Hramcov, I. A. Evdokimov, O. A.

- Евдокимов, О. А. Суяунчев // Переработка молока. – 2006. – № 12. – С. 24–25.
20. Евдокимов, Е. А. Вторичное молочное сырье в производстве функциональных продуктов / Е. А. Евдокимов // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2013. – № 1. – С. 116–119.
21. Золотарева, М. С. Функциональные ингредиенты на основе молочной сыворотки в производстве маргинальных молочных продуктов / М. С. Золотарева, Д. Н. Володин, В. С. Сомов, С. Н. Князев, М. Н. Омаров // Переработка молока. – 2014. – № 7. – С. 24–26.
22. Разгуляева, О. И. Роль бифидобактерий в кисломолочных продуктах геродиетического назначения / О. И. Разгуляева, О. Я. Мезенова // Вестник молодежной науки. – 2016. – № 4. – С. 1–6.
23. Бегунова, А. В. Изучение микробиологических показателей кисломолочного напитка с пробиотическими культурами в процессе хранения / А. В. Бегунова // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством: сб. науч. тр. М.: ВНИМИ, 2020. – Вып. 1. – С. 59–63.
24. Горбатова, К. К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов / К. К. Горбатова. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 352 с.
25. Залашко, М. В. Микробный синтез на молочной сыворотке / М. В. Залашко // Минск: Наука и техника, 1976. – 274 с.
26. Емельяненко, В. А. Зависимость жизнедеятельности бифидобактерий от кислотности среды культивирования / А. В. Емельяненко, А. М. Королук // Наука и современность. – 2010. – № 2–1. – С. 23–28.
- Sujunchev // Pererabotka moloka. – 2006. – № 12. – С. 24–25.
20. Evdokimov, E. A. Vtorichnoe molochnoe syr'e v proizvodstve funkcional'nyh produktov [Secondary dairy raw materials in the production of functional products] / E. A. Evdokimov // Vestnik Severo-Kavkazskogo federal'nogo universiteta. – 2013. – № 1. – S. 116–119.
21. Zolotareva, M. S. Funkcional'nye ingredienty na osnove molochnoj syvorotki v proizvodstve marzhinal'nyh molochnyh produktov [Functional whey-based ingredients in the production of marginal dairy products] / M. S. Zolotareva, D. N. Volodin, V. S. Somov, S. N. Knjazev, M. N. Omarov // Pererabotka moloka. – 2014. – № 7. – S. 24–26.
22. Razguljaeva, O. I. Rol' bifidobakterij v kisломolochnyh produktah gerodieticheskogo naznachenija [The role of bifidobacteria in fermented milk products of herodietic purpose] / O. I. Razguljaeva, O. Ja Mezenova // Vestnik molodezhnoj nauki. – 2016. – № 4. – S. 1–6.
23. Begunova, A. V. Izuchenie mikrobiologicheskikh pokazatelej kisломolomolochnogo napitka s probioticheskimi kul'turami v processe hranenija [The investigation of microbiological indices of the fermented dairy with probiotic culture during storage] / A. V. Begunova // Aktual'nye voprosy molochnoj promyshlennosti, mezhotraslevye tehnologii i sistemy upravlenija kachestvom: sb. nauch. tr. M.: VNIMI, 2020. – Vyp. 1. – S. 59–63.
24. Gorbatova, K. K. Fiziko-himicheskie i biohimicheskie osnovy proizvodstva molochnyh produktov [Physicochemical and biochemical foundations of dairy products production] / K. K. Gorbatova. – SPb.: GIORД, 2004. – 352 s.
25. Zalashko, M. V. Mikrobnij sintez na molochnoj syvorotke [Microbial synthesis on whey] / M. V. Zalashko // Minsk: Nauka i tehnika, 1976. – 274 s.
26. Emel'janenko, V. A. Zavisimost' zhiznedejatel'nosti bifidobakterij ot kislotnosti sredy kul'tivirovanija [Dependence of bifidobacteria vital activity on acidity of culture medium] / A. V. Emel'janenko, A. M. Koroljuk // Nauka i sovremennost'. – 2010. – № 2–1. – S. 23–28.