

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ / FOOD SYSTEMS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15>

МЕТОДЫ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ДОБАВЛЕНИЕМ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

Научная статья

Пикулик М.Н.^{1,*}

¹АО «Рижский молочный комбинат», Рига, Латвия

* Корреспондирующий автор (yulia.tereschenko[at]gmail.com)

Аннотация

В статье рассмотрены методы производства молочных продуктов с добавлением сывороточных белков, такие как ультрафильтрация и использование белков в качестве функциональных ингредиентов для улучшения пищевой ценности, текстуры и сроков хранения. Отмечены преимущества использования этих белков для улучшения пищевой ценности продуктов, их текстуры, а также продления сроков хранения. Основное внимание уделено применению сывороточных белков в детских, спортивных и функциональных продуктах, благодаря их высокому содержанию незаменимых аминокислот и другим биологически активным компонентам. Помимо этого, в работе также уделено внимание экономическим и экологическим выгодам использования сывороточных белков в молочной промышленности, включая снижение себестоимости за счет рационального использования побочных продуктов производства молока. Статья также предлагает решения для дальнейшего расширения применения сывороточных белков, в том числе через совершенствование технологий ультрафильтрации и термообработки для обеспечения сохранения их ценных свойств.

Ключевые слова: сывороточные белки, молочные продукты, ультрафильтрация, функциональные продукты, экономическая эффективность, текстура, срок хранения.

METHODS OF PRODUCTION OF DAIRY PRODUCTS WITH SERUM PROTEIN SUPPLEMENTATION

Research article

Pikulik M.N.^{1,*}

¹JSC Riga Dairy Plant, Riga, Latvia

* Corresponding author (yulia.tereschenko[at]gmail.com)

Abstract

This article examines methods of producing dairy products with serum protein supplementation, such as ultrafiltration and the use of proteins as functional ingredients to improve nutritional value, texture and shelf life. The advantages of using these proteins to improve the nutritional value of products, texture, and shelf life are highlighted. The main focus is on the use of whey proteins in children's, sports and functional foods due to their high content of essential amino acids and other biologically active components. In addition, the work also focuses on the economic and environmental benefits of serum protein utilization in the dairy industry, including cost reduction through the rational utilization of milk by-products. The paper also suggests solutions for further expansion of serum proteins application, including through the improvement of ultrafiltration and heat treatment technologies to ensure the preservation of their valuable properties.

Keywords: serum proteins, dairy products, ultrafiltration, functional products, economic efficiency, texture, shelf life.

Введение

Производство молочных продуктов с добавлением сывороточных белков является одной из актуальных тенденций в пищевой промышленности. В условиях растущего спроса на продукты с улучшенными питательными характеристиками использование сывороточных белков становится эффективным решением для обогащения рациона потребителей биологически активными компонентами. Сывороточные белки обладают высокой пищевой ценностью, включая полный спектр незаменимых аминокислот, что делает их особенно востребованными в производстве детских и лечебных продуктов, а также спортивного питания. Важным аспектом является их способность улучшать текстуру и стабильность продуктов, что позволяет продлить сроки хранения без ухудшения качества.

Актуальность данной темы также обусловлена необходимостью рационального использования сырьевых ресурсов в молочной промышленности. Цель работы заключается в рассмотрении методов производства молочных продуктов с добавлением сывороточных белков.

Общетеоретические основы использования сывороточных белков

Использование белковых добавок, как животного, так и растительного происхождения, а также белковых препаратов, способствует улучшению общего химического и аминокислотного состава, нивелирует отклонения в функциональных и технологических характеристиках, и способствует использованию побочных белковых ресурсов при производстве продуктов питания. Это, в свою очередь, позволяет повысить качество готовой продукции и снизить затраты на ее производство.

Сывороточные белки считаются наиболее ценными с точки зрения пищевой и биологической ценности, что делает их перспективным сырьем для продуктов лечебного и профилактического назначения. Они содержат полный спектр незаменимых аминокислот и по своему аминокислотному составу максимально приближены к идеальному белку, удовлетворяющему физиологические потребности организма. Сывороточные белки по своей ценности превосходят

даже белки яиц. Так, для удовлетворения суточной потребности в незаменимых аминокислотах человеку требуется меньшее количество сывороточного белка, чем молочного или яичного.

Аминокислотный состав сывороточных белков наиболее схож с аминокислотами мышечной ткани человека. Кроме того, эти белки отличаются высоким содержанием таких незаменимых аминокислот с разветвленной цепью, как валин, лейцин и изолейцин, что делает их лидерами среди белков животного и растительного происхождения.

Процесс получения концентратов сывороточных белков осуществляется с помощью ультрафильтрации или диализа, что позволяет выделять белки в нативном состоянии, не подвергнутые денатурации. Это существенно повышает их растворимость и биологическую ценность. Среди наиболее распространенных продуктов выделяют концентрат сывороточного белка (КСБ) и растворимый сывороточный белок (РСБ), которые активно используются в производстве детских молочных продуктов.

Для обеспечения необходимого содержания сухих обезжиренных веществ в молочную продукцию добавляют сухое или сгущенное молоко. Конечный продукт представляет собой однородную жидкость без осадка, с характерным молочным вкусом и белым цветом, иногда с легким желтоватым оттенком. Белковое молоко выпускается с разным уровнем жирности и характеризуется пониженным содержанием жиров при увеличенном уровне белков, что достигается путем двойной нормализации молочного сырья по жиру и сухим веществам.

Концентрат сывороточного протеина занимает ведущее место среди форм сывороточного белка, активно применяемых в спортивном питании. Этот продукт может иметь различное содержание белка, жиров и углеводов, однако наиболее популярным является 80%-ный концентрат, который почти не уступает изолятам по своим полезным свойствам [1].

Однако, несмотря на свои преимущества, сыворотка в сухом виде имеет ограничения в использовании. Её органолептические свойства и физико-химические характеристики могут влиять на технологические процессы, что ограничивает её применение. Особое внимание уделяется процессам деминерализации сыворотки, что позволяет улучшить её качество и расширить области применения. Деминерализованная сыворотка отличается лучшими органолептическими свойствами и технологическими характеристиками. Её производство стало возможным благодаря использованию методов электродиализа, что позволяет снизить содержание минеральных веществ и кислот, улучшив таким образом свойства продукта.

Деминерализованная сыворотка активно используется в производстве детских и специализированных продуктов питания, а также в молочной промышленности. Она обладает высоким качеством, что позволяет использовать её в качестве ингредиента в различных отраслях пищевой индустрии. Существует также значительный интерес к концентратам и изолятам сывороточных белков, которые находят применение в спортивном питании и продуктах для лечебно-восстановительного питания. Высокое содержание белка в этих продуктах способствует их востребованности в различных секторах пищевой промышленности.

Ключевым фактором при выборе сывороточных белков для различных производственных процессов являются их функциональные и технологические свойства. Высокое содержание белка, отличные растворимые и пенообразующие свойства делают эти ингредиенты незаменимыми для создания продуктов с улучшенными технологическими характеристиками и высокими потребительскими качествами [2].

Технологические аспекты использования сывороточных белков в молочных продуктах

Микропартикулированные сывороточные белки (МСБ), благодаря белковому составу и специфической форме частиц, воспринимаются как жиродержащий продукт, что позволяет имитировать вкусовые характеристики жира в пищевых продуктах. Эти микропартикулы могут заменять жир, сохраняя кремообразную текстуру, что особенно важно при производстве низкокалорийных продуктов. Частицы размером менее 0,5 мкм используются как источник белка и обладают текстурирующими и эмульгирующими свойствами, однако в жидком виде такие частицы могут создавать ощущение водянистости. Микропартикулы с размерами от 0,5 до 5 мкм уже могут успешно имитировать молочные сливки, а более крупные частицы от 5 до 10 мкм приобретают меловую текстуру, что делает их подходящими для применения в сыроделии в качестве структурообразователей и имитаторов молочного жира. При размере частиц более 10 мкм их использование ограничено, так как они могут ухудшать органолептические характеристики продуктов, создавая ощущение крупитчатости.

МСБ обладают антибактериальными свойствами, обусловленными наличием лактоферрина, и способствуют снижению уровня холестерина в крови. Они также обладают низким гликемическим индексом и улучшают микрофлору кишечника за счет активации бифидо- и лактобактерий. Пищевая ценность МСБ в основном определяется содержанием молочных белков, которые участвуют в регуляции аппетита, стимулируя выработку гормонов, таких как холецистокинин и глюкагоноподобный пептид-1.

При производстве мягких и полутвердых сыров также были изучены параметры добавления МСБ. Было установлено, что при повышении температуры пастеризации смеси до 85 °С увеличивается степень использования сухих веществ, а консистенция и вкус продукта остаются на высоком уровне. Однако дальнейшее повышение температуры до 90 °С не дает значительного улучшения показателей и приводит к осаждению белков на поверхности оборудования [3].

В свою очередь, если говорить о производстве молочных продуктов с добавлением сывороточных белков, то данный процесс включает в себя несколько методов, направленных на улучшение пищевой ценности и функциональных характеристик продукции. Сывороточные белки, являющиеся побочным продуктом переработки молока, широко применяются в пищевой промышленности благодаря их высокой биологической ценности и технологическим свойствам.

Первый метод включает процесс ультрафильтрации молочной сыворотки. Ультрафильтрация позволяет извлекать сывороточные белки с высокой степенью очистки, сохраняя их полезные свойства. Данный метод эффективно

применяется для производства йогуртов, сыров и других ферментированных продуктов, где сывороточные белки выступают в роли текстурообразующего агента, улучшают консистенцию и повышают содержание белка в продукте.

Второй метод — это использование сывороточных белков в качестве функциональных ингредиентов в процессе стандартизации молока. Сывороточные белки добавляются к исходному молочному сырью для повышения белковой ценности готового продукта, что особенно актуально для производства детского питания и функциональных продуктов. Стабильность и растворимость сывороточных белков делают их незаменимыми при создании молочных напитков и протеиновых коктейлей.

Третий метод — это их добавление на стадии пастеризации и термообработки. Сывороточные белки имеют термостойкость и способны сохранять свою структуру даже при высоких температурах, что делает их подходящими для использования в таких продуктах, как пастеризованные молочные напитки и творожные изделия. Этот метод улучшает органолептические свойства продукции, увеличивает срок ее хранения и позволяет сохранить питательные вещества [4]. Далее в таблице 1 будут описаны технологические аспекты использования сывороточных белков в молочных продуктах.

Таблица 1 - Технологические аспекты использования сывороточных белков в молочных продуктах

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15.1>

Технологический аспект	Описание
Увеличение пищевой ценности	Сывороточные белки содержат все незаменимые аминокислоты и легко усваиваются организмом, повышая ценность продукта.
Улучшение текстуры	Использование сывороточных белков помогает улучшить кремовую текстуру молочных продуктов, таких как йогурт или мороженое.
Увеличение сроков хранения	Благодаря способности сывороточных белков удерживать влагу и стабилизировать эмульсии, увеличивается срок хранения продуктов.
Стабилизация структуры	Введение сывороточных белков способствует созданию однородной и стабильной структуры молочных продуктов, предотвращая расслоение.
Повышение функциональных свойств	Сывороточные белки могут использоваться как загуститель или эмульгатор, улучшая стабильность и консистенцию продуктов.
Уменьшение себестоимости	Сывороточные белки, будучи побочным продуктом производства, могут уменьшать себестоимость продукции за счёт использования отходов переработки молока.
Улучшение вкусовых характеристик	Сывороточные белки могут влиять на вкусовые характеристики продуктов, делая их более насыщенными и приятными на вкус.
Использование в функциональных продуктах	Благодаря высокому содержанию биологически активных компонентов сывороточные белки применяются в производстве функциональных и спортивных продуктов.

Примечание: по ист. [4]

Таким образом, можно сказать, что технологическое использование сывороточных белков в молочной продукции демонстрирует их высокую функциональность и значительные преимущества в улучшении текстуры, пищевой ценности и органолептических характеристик продуктов. Микропартикулированные сывороточные белки (МСБ) способны успешно имитировать жир, что особенно важно в производстве низкокалорийных и функциональных продуктов, таких как йогурты и сыры, при этом обеспечивая мягкую текстуру и поддерживая высокую биологическую ценность. Различные методы обработки сыворотки, такие как ультрафильтрация, стандартизация и термообработка, способствуют повышению качества молочных изделий, расширяя их функциональные свойства и улучшая сохранность продукции.

Биологическая ценность сывороточных белков в составе молочных продуктов

Сывороточные белки играют важную роль в поддержании гомеостаза организма. Их включение в состав молочных продуктов, особенно детских, имеет высокую значимость. Однако при переработке молока значительная часть этих белков теряет свои функциональные свойства, и в готовых продуктах их содержание снижается до минимальных

уровней. Современные технологии обработки молока, такие как биоэнергетическое воздействие, приводят к разделению его на белково-жировой концентрат (например, сыр и творог) и сыворотку, являющуюся побочным продуктом производства.

Молочная сыворотка обладает ценными пищевыми и биологическими характеристиками, включая особые физико-химические свойства и уникальный химический состав. После осаждения казеина из молока остаются сывороточные белки, составляющие около 0,6% от общего объема белков. Эти белки характеризуются высоким уровнем биологической активности и обладают рядом полезных свойств, включая антиоксидантные, ранозаживляющие, иммуномодулирующие и бактериостатические функции.

Высокая пищевая ценность сывороточных белков обусловлена их способностью эмульгировать жиры и удерживать воду, что положительно сказывается на структуре и вкусовых качествах пищевых продуктов. Современные исследования направлены на создание технологий, позволяющих выделять и фракционировать сывороточные белки для использования в функциональных продуктах питания и медицинских препаратах. В коровьем молоке содержится около 13% сухих веществ, включая белки, жиры, лактозу и различные минеральные вещества, при этом содержание общего белка составляет приблизительно 3,2%.

Сывороточные белки молока представляют собой большую и гетерогенную группу белков, остающихся в растворе при определённых условиях кислотности и температуры. Основные из них — это β -лактоглобулин и α -лактальбумин, а также ряд минорных белков, таких как иммуноглобулины, лактоферрин и другие ферменты. Эти белки являются побочными продуктами производства сыра и могут содержать как неповреждённые казеины, так и продукты их расщепления [5].

Химический состав сыворотки варьируется в зависимости от типа основного продукта. Подсырная сыворотка отличается в зависимости от сорта сыра и его жирности, творожная — от метода приготовления творога и его жирности, а казеиновая — от вида вырабатываемого казеина. Далее в таблице 2 будет представлен химический состав молочной сыворотки.

Таблица 2 - Химический состав молочной сыворотки

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15.2>

Показатели	Молочная сыворотка		
	подсырная	творожная	казеиновая
Сухое вещество, %, в том числе:	4,5-7,2	4,2-7,4	4,5-7,5
молочный жир	0,05-0,5	0,05-0,4	0,02-0,1
белок	0,5-1,1	0,5-1,4	0,5-1,5
лактоза	3,9-4,9	3,2-5,1	3,5-5,2
минеральные соли	0,3-0,8	0,5-0,8	0,3-0,9
Кислотность, °Т	15-25	50-85	50-120
Плотность, кг/м ³	1018-1027	1019-1026	1020-1025

Примечание: по ист. [5]

Молочная сыворотка представляет собой ценный источник различных компонентов, среди которых ведущая роль принадлежит лактозе, доля которой в сухом веществе составляет 70-75%. В случае творожной сыворотки количество лактозы уменьшается из-за ее превращения в молочную кислоту, что влияет на повышение кислотности. Примерно 6,3-12,4% молочного сахара переходит в молочную сыворотку. Сыворотка характеризуется более высокой диспергированностью молочного жира по сравнению с цельным молоком. Углеводный состав сыворотки представлен моносахаридами, олигосахаридами и аminosахаридами [6]. В творожной сыворотке содержится от 0,7 до 1,6% глюкозы, что связано с гидролизом лактозы в процессе производства творога. Среди аminosахаров выделяются нейраминовая и сиаловая кислоты, а также кетопентоза. Олигосахариды включают лактозу, лактулозу и другие биологически активные соединения, схожие по структуре с сахарами крови.

Подсырная сыворотка содержит около 50% сухих веществ молока, включая 88-94% молочного сахара, 20-25% белков, 6-12% молочного жира и 59-65% минеральных веществ. Массовая доля азотсодержащих веществ в ней варьируется от 0,5 до 1,1%. Среди белков наиболее значимыми являются β -лактоглобулин, α -лактоальбумин, альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины и протеозопептоны. Также в сыворотке обнаруживается полипептид, представляющий собой фрагмент молекулы κ -казеина [7].

Молочный жир, присутствующий в сыворотке, образующейся при производстве сычужных сыров, составляет 0,3-0,6%. Количество минеральных веществ в такой сыворотке несколько ниже по сравнению с молоком, так как часть минеральных элементов переходит в сыр. В сыворотку попадают как жирорастворимые, так и водорастворимые витамины.

Продукты, изготовленные на основе молочной сыворотки, играют важную роль в лечебном и диетическом питании. Их использование позволяет повысить биологическую ценность рациона благодаря содержанию липотропных и антиоксидантных компонентов, таких как фосфолипиды, холин, лейцин и витамин Е. Эти вещества

помогают минимизировать проявления гиповитаминозов. В связи с этим важно развивать технологии переработки сыворотки для пищевых нужд. В промышленно развитых странах перерабатывается от 70 до 90% молочной сыворотки, однако полное использование данного продукта пока не решено на мировом уровне, в том числе и в нашей стране. Поэтому исследования в области разработки новых продуктов на основе сыворотки продолжают оставаться актуальными [8].

Экономические и экологические преимущества использования сывороточных белков

Белковые препараты животного происхождения, в частности сывороточные белки, играют важную роль в производстве функциональных напитков. Сывороточные белки представляют собой сложную группу глобулярных белков, которые различаются по составу и структуре. Они составляют примерно 20% от общего содержания белков в молоке. Среди них наиболее значимыми компонентами являются β -лактоглобулин (около 50-55%) и α -лактальбумин (20-25%). Оставшаяся часть представлена альбумином сыворотки крови, иммуноглобулинами и минорными белками, такими как лактоферрин и ферменты, включая лактопероксидазу.

Сухая сыворотка, обладающая высоким содержанием лактозы (70-85%), ограниченно используется в производстве напитков, однако благодаря развитию технологий фильтрации, таких как ультрафильтрация и нанофильтрация, продукты переработки сыворотки — концентраты, изоляты и гидролизаты — приобрели широкое распространение. Концентрат сывороточного белка получают методом ультрафильтрации сладкой сыворотки, что позволяет значительно снизить содержание воды, лактозы и минералов, одновременно увеличив содержание белка.

Нанофильтрация также используется для снижения содержания лактозы и жиров, что приводит к созданию изолятов сывороточных белков с концентрацией белка до 90-95%. Эти изоляты не только обладают высокими функциональными характеристиками, но и имеют значительную биологическую ценность. Гидролиз изолятов позволяет получать продукты с высоким содержанием свободных аминокислот и полипептидов, что делает их эффективными для определённых целей в пищевой промышленности, с учётом их органолептических и биологических свойств.

Применение сывороточных белков в функциональных напитках определяется их физико-химическими характеристиками, такими как растворимость, вязкость, эмульсионные свойства и диспергируемость. Эти свойства зависят от методов получения белков, что позволяет их использовать в самых разнообразных рецептурах напитков [9]. Далее в таблице 3 будут описаны экономические и экологические преимущества использования сывороточных белков.

Таблица 3 - Экономические и экологические преимущества использования сывороточных белков

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15.3>

Преимущества	Описание
Экономические преимущества	
Уменьшение себестоимости	Сывороточные белки являются побочным продуктом переработки молока, что позволяет производителям эффективно использовать сырьё и снижать издержки.
Повышение добавленной стоимости	Продукты с добавлением сывороточных белков, такие как спортивные и функциональные продукты, могут продаваться по более высокой цене.
Улучшение качества продукции	Улучшение текстуры и вкуса с помощью сывороточных белков позволяет увеличить привлекательность и спрос на молочные продукты.
Расширение ассортимента	Использование сывороточных белков дает возможность создавать новые продукты, повышая конкурентоспособность и привлекая новые сегменты потребителей.
Снижение отходов производства	Применение сывороточных белков снижает количество отходов при переработке молока, что снижает затраты на утилизацию.
Экологические преимущества	
Сокращение пищевых отходов	Использование сывороточных белков в производстве уменьшает выбросы органических отходов, что снижает нагрузку на окружающую среду.
Рациональное использование ресурсов	Сывороточные белки позволяют эффективно использовать молочные ресурсы, что помогает снизить потребление сырья и энергии в производственном процессе.

Снижение углеродного следа	Меньшее количество отходов при использовании сывороточных белков ведет к сокращению выбросов углерода и способствует улучшению экологической обстановки.
Поддержка устойчивого производства	Использование отходов, таких как сывороточные белки, способствует развитию более экологически устойчивых производственных практик.

Примечание: по ист. [7]

Таким образом, преимущества использования сывороточных белков заключаются в их высокой функциональной ценности и возможности широкого применения в пищевой промышленности, что способствует снижению затрат на сырье и улучшению экологической устойчивости. Кроме того, использование сывороточных белков в производстве функциональных напитков и других продуктов улучшает их пищевую ценность, что способствует росту потребительского спроса и экономической эффективности производства.

Заключение

Подводя итог, использование сывороточных белков в производстве молочных продуктов открывает значительные перспективы как с технологической, так и с экономической точки зрения. Благодаря своим уникальным свойствам эти белки улучшают консистенцию и пищевую ценность продуктов, одновременно снижая их себестоимость и повышая экологическую устойчивость производственных процессов. Современные технологии обработки сывороточных белков, такие как ультрафильтрация и диализация, обеспечивают сохранение их биологической активности, что делает их идеальными ингредиентами для специализированных продуктов питания. В дальнейшем исследования, направленные на улучшение методов переработки и интеграции сывороточных белков в производственные процессы, могут способствовать расширению ассортимента молочной продукции и удовлетворению потребностей рынка в высококачественных и полезных продуктах.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Барагунов А.Б., Кабардино-Балкарский Государственный Аграрный Университет имени В.М. Кокова, Нальчик, Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15.4>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Baragunov A.B., Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, Nalchik, Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.51.15.4>

Список литературы / References

- Евдокимов И.А. Состав и свойства микропартикулятов сывороточных белков / И.А. Евдокимов [и др.] // Молочная промышленность. — 2021. — № 4. — С. 40–44.
- Володин Д.Н. Использование сывороточных ингредиентов в производстве продуктов питания / Д.Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. — 2017. — № 2. — С. 65–67.
- Технологические аспекты использования микропартикулятов сывороточных белков при производстве молочных продуктов. — URL: <https://mpline.ru/tehnologicheskie-aspekty-ispolzovaniya-mikropartikulyatov-syvorotochnyh-belkov-pri-proizvodstve-molochnyh-produktov/> (дата обращения: 21.09.2024).
- Варивода А.А. Использование концентрата сывороточных белков в качестве стабилизатора структуры при производстве продуктов питания / А.А. Варивода // Ползуновский вестник. — 2020. — № 2. — С. 58–62.
- Витушкина М.А. Сывороточные белки молока и их свойства / М.А. Витушкина, М.А. Дулепова // Вестник науки. — 2020. — Т. 5. — № 8 (29). — С. 51–58.
- Паладий И.В. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение / И.В. Паладий [и др.] // Электронная обработка материалов. — 2021. — Т. 57. — № 1. — С. 52–69.
- Шингарева Т.И. Исследование состава подсырной сыворотки и возможности ее ферментации бифидофлорой / Т.И. Шингарева [и др.] // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. — 2024. — № 17. — С. 180–189.
- Семенова А.А. Пищевая и биологическая ценность молочной сыворотки / А.А. Семенова // Актуальные исследования. — 2023. — № 1. — С. 131.
- Держапольская Ю.И. Практические аспекты использования денатурированных сывороточных белков в технологии функционального напитка / Ю.И. Держапольская // Региональные рынки потребительских товаров: качество, экологичность, ответственность бизнеса. — 2023. — С. 225–227.
- Щёктова А.В. Оценка экономической эффективности производства обогащенного концентрата сывороточного белка / А.В. Щёктова [и др.] // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. — 2023. — № 2 (89). — С. 22–31.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Evdokimov I.A. Sostav i svojstva mikropartikuljatorov syvorotochnyh belkov [Composition and properties of whey protein microparticulates] / I.A. Evdokimov [et al.] // *Molochnaja promyshlennost'* [Dairy Industry]. — 2021. — № 4. — P. 40–44. [in Russian]
2. Volodin D.N. Ispol'zovanie syvorotochnyh ingredientov v proizvodstve produktov pitaniya [Use of whey ingredients in food production] / D.N. Volodin [et al.] // *Molochnaja promyshlennost'* [Dairy Industry]. — 2017. — № 2. — P. 65–67. [in Russian]
3. Tehnologicheskie aspekty ispol'zovaniya mikropartikuljatorov syvorotochnyh belkov pri proizvodstve molochnyh produktov [Technological aspects of the use of whey protein microparticulates in the production of dairy products]. — URL: <https://mpline.ru/tehnologicheskie-aspekty-ispolzovaniya-mikropartikulyatorov-syvorotochnyh-belkov-pri-proizvodstve-molochnyh-produktov/> (accessed: 21.09.2024). [in Russian]
4. Varivoda A.A. Ispol'zovanie koncentrata syvorotochnyh belkov v kachestve stabilizatora struktury pri proizvodstve produktov pitaniya [Use of whey protein concentrate as a structure stabilizer in food production] / A.A. Varivoda // *Polzunovskij vestnik* [Polzunovsky Bulletin]. — 2020. — № 2. — P. 58–62. [in Russian]
5. Vitushkina M.A. Syvorotochnye belki moloka i ih svojstva [Whey proteins of milk and their properties] / M.A. Vitushkina, M.A. Dulepova // *Vestnik nauki* [Bulletin of Science]. — 2020. — Vol. 5. — № 8 (29). — P. 51–58. [in Russian]
6. Paladij I.V. Molochnaja syvorotka: obzor rabot. Chast' 1. Klassifikacija, sostav, svojstva, proizvodnye, primenenie [Milk whey: a review of papers. Part 1. Classification, composition, properties, derivatives, application] / I.V. Paladij [et al.] // *Jelektronnaja obrabotka materialov* [Electronic materials processing]. — 2021. — Vol. 57. — № 1. — P. 52–69. [in Russian]
7. Shingareva T.I. Issledovanie sostava podsyrnoj syvorotki i vozmozhnosti ee fermentacii bifidofloroj [Study of the composition of whey and the possibility of its fermentation by bifidoflora] / T.I. Shingareva [et al.] // *Aktual'nye voprosy pererabotki mjasnogo i molochnogo syr'ja* [Topical issues of processing of meat and dairy raw material]. — 2024. — № 17. — P. 180–189. [in Russian]
8. Semenova A.A. Pishhevaja i biologicheskaja cennost' molochnoj syvorotki [Nutritional and biological value of milk whey] / A.A. Semenova // *Aktual'nye issledovanija* [Current Research]. — 2023. — № 1. — P. 131. [in Russian]
9. Derzhapol'skaja Ju.I. Prakticheskie aspekty ispol'zovaniya denaturirovannyh syvorotochnyh belkov v tehnologii funkcional'nogo napitka [Practical aspects of using denatured whey proteins in the technology of functional drink] / Ju.I. Derzhapol'skaja // *Regional'nye rynki potrebitel'skih tovarov: kachestvo, jekologichnost', otvetstvennost' biznesa* [Regional markets of consumer goods: quality, environmental friendliness, business responsibility]. — 2023. — P. 225–227. [in Russian]
10. Shhjokotova A.V. Ocenka jekonomicheskoj jeffektivnosti proizvodstva obogashhennogo koncentrata syvorotochnogo belka [Evaluation of economic efficiency of production of enriched whey protein concentrate] / A.V. Shhjokotova [et al.] // *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologij i upravlenija* [Bulletin of East-Siberian State University of Technology and Management]. — 2023. — № 2 (89). — P. 22–31. [in Russian]