

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 637.142.2

**Евдокимов Иван Алексеевич, Золоторева Марина Сергеевна,
Володин Дмитрий Николаевич, Шрамко Мария Ивановна**

ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЫВОРОТОЧНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Статья посвящена вопросам переработки молочной сыворотки с применением мембранных технологий в востребованные пищевые ингредиенты. Показано, что деминерализованная сыворотка, полученная методом электродиализа, обладает улучшенными органолептическими и технологическими свойствами и востребована в технологии широкого спектра функциональных кисломолочных продуктов. Это позволяет решать вопросы ресурсо- и энергосбережения, одновременно расширяя ассортимент молочной продукции на принципах высокой эффективности и экологичности производства.

Ключевые слова: вторичное молочное сырье, творожная сыворотка, мембранные процессы, деминерализованная сыворотка, функциональные кисломолочные продукты.

**Ivan Evdokimov, Marina Zolotoreva, Dmitry Volodin, Maria Shramko
TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL FERMENTED PRODUCTS
WITH USING WHEY INGREDIENTS**

The article is devoted to the issues of whey processing with the use of membrane technologies in demanded food ingredients. It is shown that the demineralized whey obtained by the electrodialysis method has improved organoleptic and technological properties and is in demand in the technology of a wide range of functional fermented milk products. This allows to solve the issues of resource and energy saving, while expanding the range of dairy products on the principles of high efficiency and environmental friendliness of production.

Key words: secondary dairy raw materials, acid whey, membrane processes, demineralized whey, functional fermented milk products.

Введение/ Introduction. Последние годы изыскания нашего творческого коллектива плотно связаны с изучением и применением мембранных методов в процессах обработки молочного сырья, в частности одного из самых проблематичных для молочной отрасли – молочной сыворотки.

Значительные объемы ресурсов, высокая биологическая ценность сыворотки, а также ужесточение природоохранного законодательства РФ обосновывают необходимость рациональной переработки вторичных ресурсов и определяют приоритет направления использования сыворотки на пищевые цели [1]. На фоне дефицита молока-сырья технологии получения и применения ингредиентов на основе сыворотки приобретают особую актуальность.

Молочная сыворотка обладает ценным составом и содержит макро- и микронутриенты: сывороточные белки, липиды, лактозу, витамины, микроэлементы и др. минорные компоненты [2], и в то же время характеризуется некоторыми свойствами, затрудняющими её технологическую переработку. При использовании молочной сыворотки, особенно творожной, в технологии пищевых продуктов камнем преткновения становятся ее достаточно высокая кислотность и зольность при низком содержании сухих веществ. Минеральный состав сыворотки разнообразен: в сыворотку переходят практически все соли и микроэлементы молока, а также соли, вносимые при выработке основного про-

дукта [2]. Творожная сыворотка содержит значительное количество молочной кислоты. Такой состав влияет на органолептические и технологические свойства сыворотки, затрудняет процессы тепловой обработки, концентрирования, сушки, выделения отдельных компонентов, особенно при использовании традиционного оборудования, которым оснащены большинство предприятий молочной отрасли, что собственно и сдерживает полноценную переработку этого вторичного сырья в нашей стране.

Мембранные процессы позволяют решить ряд задач по регулированию состава и свойств сыворотки, в т. ч. удалению нежелательных компонентов. При этом мембранные методы охватывают широкий диапазон извлечения веществ: от ионов до высокомолекулярных компонентов – и характеризуются отсутствием фазовых превращений, а также более низкими энергозатратами по сравнению с процессами и оборудованием, выполняющими аналогичные задачи [3–5].

Результаты и обсуждение / Results and discussion. Предлагаем рациональную схему переработки различных видов молочной сыворотки, позволяющую последовательно стандартизировать состав и свойства сырья, а также улучшить органолептические и технологические свойства готового сухого деминерализованного продукта.

Для деминерализации и регулирования кислотности сыворотки нами подробно изучен процесс электродиализа, основанный на удалении ионогенных соединений через ионообменные мембраны под действием постоянного электрического тока. Все исследования проводились на лабораторных и пилотных электродиализных установках (АО «МЕГА», Чехия) с использованием оригинальных ионообменных мембран Ralex®, отличающихся повышенной селективностью по отношению к двухвалентным ионам и лактат-ионам [6]. Изначально это высокотехнологичное оборудование предназначалось для очистки воды в урановой промышленности. Результаты исследований (Международная научно-исследовательская лаборатория «Электро- и баромембранных технологий», созданная совместно ФГАОУ СКФУ и АО «МЕГА») позволили полностью адаптировать электродиализное оборудование и мембраны под переработку молочного сырья. Нами установлены оптимальные режимы процесса деминерализации, последовательность (этапность) и параметры удаления солей и регулирования кислотности. Электродиализная обработка всех видов молочной сыворотки позволяет добиться уровня деминерализации от 50 до 90 % и значений активной кислотности до pH 7,0 [7].

Молочная сыворотка характеризуется низким содержанием сухих веществ 5,0–6,0 %, поэтому с точки зрения энергоэффективности её целесообразно концентрировать. Процесс концентрирования лучше осуществлять с использованием баромембранных методов, приоритет среди которых следует отдать нанофильтрации. Нанофильтрация (НФ) характеризуется размером пор мембран, способным задерживать практически все компоненты раствора и пропускать растворитель (воду) и часть малоразмерных одновалентных ионов, что позволяет как концентрировать сырьё (в 2–4 раза), так и частично извлекать из него минеральные компоненты (до 30 %).

Правильное сочетание мембранных процессов в технологии переработки сыворотки оказывает существенное влияние на интенсивность каждого процесса, эффективность технологической линии в целом и качество готового продукта. Лабораторными исследованиями и опытно-промышленными выработками с применением методов электро- и баромембранной обработки различных видов молочной сыворотки установлено оптимальное сочетание процессов, параметры предварительной обработки и режимы фильтрации, учитывающие эффективную загрузку и производительность оборудования. Кроме этого, отработанные параметры мембранной обработки позволяют получить деминерализованную молочную сыворотку стандартного состава и высокого качества, а также интенсифицировать процесс переработки сыворотки, особенно кислой – творожной и казеиновой [8]. С применением НФ-концентрирования повышается содержание сухих веществ сыворотки, в том числе минеральных, что приводит к увеличению электропроводности сырья, т. е. к снижению сопротивления электрическому току, в результате этого повышается эффективность электродиализной обработки сырья. На рис. 1 представлена динамика изменения удельной электропроводности (УЭП) молочной сыворотки и её НФ-пермеатов в процессе концентрирования до массовой доли СВ 20 %.

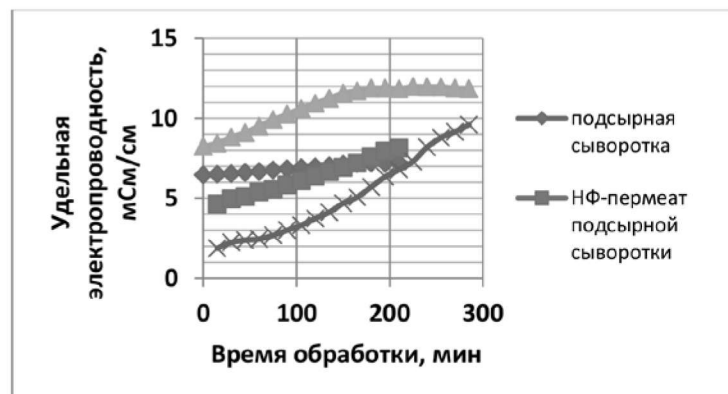


Рис. 1. Динамика изменения удельной электропроводности сырья и сопутствующих потоков (НФ-пермеата) в процессе нанофильтрации

УЭП подсырной сыворотки в процессе нанофильтрации возрастает незначительно (от 6,4 до 7,2 мСм/см) при более значимом темпе роста УЭП НФ-пермеата (от 4,6 до 8,1 мСм/см). Это указывает на частичную деминерализацию сырья в процессе нанофильтрации за счет удаления одновалентных ионов. Аналогичные явления наблюдаются и при НФ-концентрировании творожной сыворотки, с той лишь разницей, что ее УЭП возрастает интенсивнее за счет более высокой кислотности и концентрирования кислот в процессе нанофильтрации. Увеличение УЭП НФ-пермеата творожной сыворотки указывает на частичное удаление минеральных веществ из сырья. Таким образом, нанофильтрация сыворотки позволяет повысить эффективность процесса электродиализа за счет частичной деминерализации и повышения электропроводности сырья (рис. 2), а также вакуумного сгущения за счет предварительного концентрирования сухих веществ сырья и удаления значительной части влаги (до 70 %) [6].

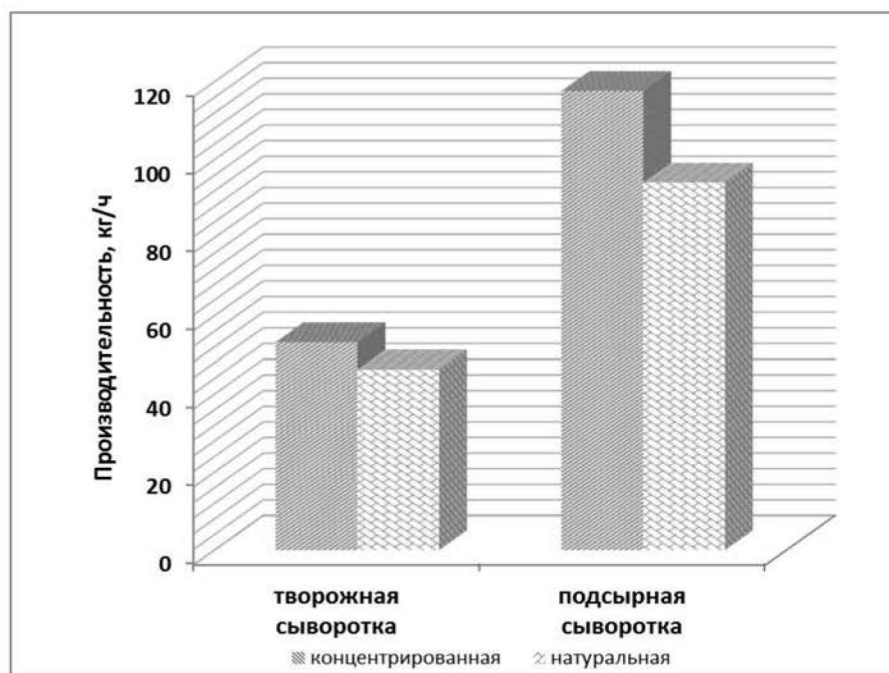


Рис. 2. Производительность электродиализной установки при уровне деминерализации 50 % в зависимости от вида сырья (в пересчете на натуральную сыворотку)

При переработке молочной сыворотки важно соблюдать температурные режимы, зависящие от вида сырья и оборудования, что существенно влияет на эффективность технологии в целом. Молочная сыворотка характеризуется низкой стойкостью в хранении прежде всего за счет термолабильных белковых компонентов, поэтому температурные режимы обработки играют важную роль в формировании качества продукта и обеспечения его микробиологической безопасности. В свою очередь мембранные методы характеризуются значительной продолжительностью процесса во времени, т. к. установки могут работать до 20 час/сут. С одной стороны, применение температур в области (50–55) °С положительно сказывается на производительности мембранного оборудования, но, с другой стороны, негативно влияет на микробиологические показатели и состояние белкового компонента сырья. Следует отметить, что дальнейшее повышение температуры негативно влияет не только на состояние сывороточных белков, но и сокращает срок службы полимерных мембран. Низкотемпературное ведение процессов НФ-концентрирования и деминерализации позволяет избежать этих проблем, при этом с учетом сохранения оптимальной производительности и высокого качества сыворотки нами отработаны диапазоны тепловой обработки от 10 °С до 15 °С [1, 3, 8]. В этом случае исключается необходимость нагревания сырья и поддержания высоких температур в течение всего цикла мембранной обработки, что позволяет сократить энергозатраты на обработку.

В результате исследования процессов мембранной обработки вторичного молочного сырья разработана технология деминерализованной сыворотки (национальный стандарт ГОСТ Р 56833-2015), которая внедрена на предприятиях молочной отрасли России и Беларуси с получением сухого продукта (таблица).

Таблица

Показатели деминерализованной сыворотки [9]

Наименование показателя	Значение в пересчете на 100% СВ
Массовая доля лактозы, %*	78,0–80,0
Массовая доля белка, %*	10,4–11,0
Массовая доля жира, % не более	1,0
Массовая доля золы, %*	4,0–1,0
Активная кислотность (сыворотки, восстановленной до м.д. СВ 6,0 %), не менее	6,0
Внешний вид	Мелкодисперсный порошок без комочков
Вкус и запах	Чистый, сладкий, характерный для сухих молочных продуктов. Без посторонних привкусов и запахов.
Цвет	Белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе

*Значения в зависимости от уровня деминерализации от 50 % до 90 %

Мембранная обработка любого вида сыворотки стандартизирует ее состав и органолептические показатели, что расширяет направления ее использования на пищевые цели. В зависимости от уровня деминерализации (УД) сыворотка может применяться как пищевой ингредиент для детского и специализированного питания (УД 90 %); цельномолочных продуктов, молочных напитков и десертов, консервов, кондитерских, хлебобулочных и мясных продуктов (УД 50–70 %).

Наиболее перспективным представляется направление использования деминерализованной сыворотки в технологии цельномолочных продуктов, в частности, функциональных кисломолочных напитков. Это может быть решением для предприятий, не имеющих возможность получить сухой продукт, или на которых ресурсы сыворотки ограничены (до 50 т в сутки). Поэтому дальнейшие исследования специалистов ООО «МЕГА ПрофиЛайн» (www.mpline.ru) и сотрудников СКФУ (www.ncfu.ru) были направлены на разработку технологий таких продуктов.

Кисломолочные продукты являются составляющей рационального питания – основного условия сохранения здоровья. Кроме того, что они содержат практически все основные питательные вещества в легкоусвояемой форме, в их состав входят ферменты, витамины, молочная кислота, защитные и другие вещества, образующиеся в процессе жизнедеятельности заквасочной микрофлоры. Перечисленные биологически активные компоненты стимулируют работу пищеварительной системы, подавляют нежелательную микрофлору кишечника, оказывают благоприятное воздействие на обменные процессы в организме, повышают иммунитет. Поэтому эти функциональные напитки рекомендуются для диетического питания.

В основе идеи создания нового сегмента функциональных продуктов (кисломолочные напитки, десерты) лежит замена части обезжиренного молока в рецептурах кисломолочных напитков на деминерализованную сыворотку с получением готовых продуктов, идентичных по своим свойствам и вкусовым характеристикам традиционным.



Рис. 3. Блок-схема производства деминерализованной сыворотки

На рис. 3 представлена принципиальная схема получения деминерализованной сыворотки, где в качестве сырья использовалась творожная молочная сыворотка. Сыворотку предварительно подвергли мембранной обработке до уровня деминерализации 50–90 %, далее составляли молочные смеси с различным соотношением (сыворотка / молоко / сливки), учитывая нормализацию по жиру и белку. Полученные нормализованные смеси направляли на технологические операции, следуя схеме производства кисломолочных напитков, т. е. гомогенизировали, пастеризовали и сквашивали соответ-

ствующей виду напитка закваской, состоящей из чистых культур молочнокислых микроорганизмов, а для кефира – закваской, приготовленной на кефирных грибках. В ходе экспериментальных испытаний были использованы современные приборы, стандартные и общепринятые методы исследований, а также экспресс-методики.

Применение деминерализованной сыворотки в определенной мере позволяет использовать совокупность сывороточных ингредиентов, таких как белки, витамины, аминокислоты, углеводы и др., сбалансировать и получить качественные и вкусные продукты, обладающие функциональной направленностью. Например, происходит обогащение компонентами сыворотки: сывороточными белками, выполняющими физиологические, регуляторные функции и являющиеся источником строительных элементов собственных клеток организма; лактозой, выполняющей энергетическую функцию; липидами, отвечающими за защитную, строительную, энергетическую функции, и другими нутриентами [2].

Соотношение белковых фракций в коровьем молоке составляет 80 / 20, соответственно казеин / сывороточные белки, а в женском молоке – 60 / 40 соответственно [2]. Использование сывороточных ингредиентов в технологии кисломолочных продуктов, в частности деминерализованной сыворотки, позволяет сместить это равновесие в сторону увеличения доли сывороточных белков. Таким образом, соотношение казеин / сывороточные белки может варьировать от 75 / 25 соответственно в кисломолочных продуктах – аналогах традиционных, до 60 / 40 – в жидких кисломолочных продуктах, например питьевых йогуртах. Рассматриваемая линейка кисломолочных продуктов является более подходящей для детского питания, однако следует учитывать переносимость лактозы. Для категории потребителей, страдающих плохой переносимостью лактозы, следует предусмотреть в технологической цепочке стадию гидролиза лактозы до уровня не менее 70 % с использованием соответствующего ферментного препарата, в результате чего снижается ее содержание в готовом продукте, повышается сладость сыворотки и снижается расход сахарозы в рецептурах сладких кисломолочных продуктов. Существует и другой способ снижения содержания лактозы в молочном сырье, основанный на мембранных процессах, где молочное сырье подвергают поэтапной фильтрации на баромембранном оборудовании, оснащенном специальными полупроницаемыми полимерными мембранами, что позволяет максимально извлечь лактозу с сохранением качества других молочных компонентов сырья.

С технологической точки зрения повышенное содержание сывороточных белков в исходном сырье способствует интенсификации молочнокислого процесса за счет увеличения буферной емкости системы. Отмеченные особенности развития молочнокислых бактерий, в том числе полученных в виде бактериальных концентратов с криоаморазиванием микробной массы [10], учтены при разработке технологии кисломолочных напитков с деминерализованной сывороткой, а повышение буферности – при нормировании физико-химических показателей готовых продуктов. В целом процесс сквашивания нормализованных смесей с деминерализованной сывороткой проходит аналогично традиционному процессу и ведется до показателей кислотности, соответствующих национальным кисломолочным напиткам.

Обогащение кисломолочных продуктов пробиотической микрофлорой, такой как *Lb. acidophilus*, *Lb. casei*, *Lb. Plantarum*, *P. freudenreichii* subsp. *Shermanii*, бифидобактериями [11], позволяет повысить их функциональность и расширить ассортимент продуктов, обладающих пробиотическими свойствами. Разработанные кисломолочные напитки могут служить основой для создания линейки десертов с фруктовыми наполнителями (джемы, концентраты соков, кусочки фруктов и т. д.) и ароматизаторами. При этом наполнитель добавляют в сквашенный продукт. Для улучшения органолептических показателей и достижения желаемой консистенции продукта допускается внесение натуральных стабилизаторов, например, пектина, агара и др.

Таким образом, экспериментально были установлены уровни деминерализации, пределы pH, массовая доля сухих веществ в деминерализованной сыворотке, дозировка (количество) и этапы внесения, а также соотношение компонентов в рецептуре. После этого откорректированы этапы технологических процессов, изучены физико-химические, органолептические, микробиологические показа-

тели продуктов с деминерализованной сывороткой и хранимособность. Результаты исследований легли в основу промышленной технологии, которая внедрена на ряде предприятий молочной отрасли. Предлагаемая технологическая схема производства кисломолочных напитков не отличается от традиционной и дополнительно включает участок получения и внесения деминерализованной сыворотки. Технология адаптирована к производству различных кисломолочных напитков: кефира, простокваши, мацони, йогурта. Полученные продукты характеризуются оптимальным составом, высокими органолептическими характеристиками и микробиологическими показателями в соответствии с требованиями ТР ТС 033/2013.

Заключение / Conclusion. Переработка сыворотки с применением мембранных процессов позволяет предприятиям молочной промышленности организовать более полное и рентабельное использование всех сырьевых ресурсов, совершенствовать технологии и качество традиционных продуктов, а также расширить ассортимент функциональных продуктов с различными составом и свойствами. А более низкая себестоимость получаемых продуктов (примерно на 20–30 % ниже традиционных продуктов [7]) за счет использования вторичного молочного сырья и экономии молока определяет высокую экономическую эффективность разработанных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золоторева М. С. О переработке молочной сыворотки и внедрении наилучших доступных технологий / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, В. К. Топалов, И. А. Евдокимов, Б. В. Чаблин // Переработка молока. 2016. № 7. С. 17–19.
2. Горбатова К. К. Физико-химические и биохимические основы производства молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2004. 352 с.
3. Володин Д. Н. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, В. К. Топалов, И. А. Евдокимов, А. Г. Храмцов, П. Мертин // Молочная промышленность. 2015. № 5. С. 111–116.
4. Евдокимов И. А. Мембранные технологии в молочном производстве / И. А. Евдокимов, Д. Н. Володин, В. С. Сомов, Б. В. Чаблин, В. А. Михнева, М. С. Золоторева // Молочная промышленность. 2013. № 9. С. 15–16.
5. Золоторева М. С., Володин Д. Н., Чаблин Б. В. Универсальный метод обработки молочной сыворотки // Сыроделие и маслоделие. 2013. № 6. С. 29.
6. Золоторева М. С. Интенсификация переработки молочной сыворотки с применением мембранного оборудования / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, В. К. Топалов, И. А. Евдокимов, Б. В. Чаблин // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 6. С. 72–73.
7. Михнева В. А. Эффективный способ переработки творожной сыворотки / В. А. Михнева, М. С. Золоторева, А. С. Бессонов, Д. Н. Володин, М. И. Шрамко, И. А. Евдокимов // Молочная промышленность. 2011. № 1. С. 40–41.
8. Евдокимов И. А. Сочетание нанофильтрации и электродиализа при переработке молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, В. А. Барсуков, И. К. Куликова, Д. Н. Володин, А. С. Бессонов // Материалы Рос. конференции с международным участием «Ионный перенос в органических и неорганических мембранах». Краснодар: КубГУ, 2008. С. 102–103.
9. Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 56833-2015 «Сыворотка молочная деминерализованная. Технические условия». Издание официальное. Дата введения в действие. 01.07.2016г. М.: Изд-во Стандартиформ, 2016. 22 с.
10. Харитонов Д. В., Шрамко М. И., Белова О. И. Принципы создания технологии бакконцентратов с крио-замораживанием микробной массы // Материалы I Международной научно-практической конференции «Современная наука: теория и практика». Ставрополь: СевКавГТУ, 2010. С. 30–31.
11. Семенихина В. Ф. Биотехнология кисломолочных продуктов и препаратов с пробиотическими свойствами / В. Ф. Семенихина, И. В. Рожкова, А. В. Бегунова, Т. И. Ширшова, В. В. Пospelова // Молочная промышленность. 2016. № 7. С. 35–36.

REFERENCES

1. Zolotoreva M. S. O pererabotke molochnoi syvorotki i vnedrenii nailuchshikh dostupnykh tekhnologii (On processing of whey and introduction of the best available technologies) / M. S. Zolotoreva, D. N. Volodin, V. K. Topalov, I. A. Evdokimov, B. V. Chablin // *Pererabotka moloka*. 2016. No 7. Pp. 17–19.
2. Gorbatova K. K. Fiziko-khimicheskie i biokhimicheskie osnovy proizvodstva molochnykh produktov (Physicochemical and biochemical basis of production of dairy products). SPb.: GIOR, 2004. 352 pp.
3. Volodin D. N. Pererabotka molochnoi syvorotki: ponyatnaya strategiya, real'nye tekhnologii, adekvatnye investitsii, vstrebovannye produkty (Whey processing: understandable strategy, real technologies, adequate investments, demanded products) / D. N. Volodin, M. S. Zolotoreva, V. K. Topalov, I. A. Evdokimov, A. G. Khramtsov, P. Mertin // *Molochnaya promyshlennost'*. 2015. No 5. Pp. 111–116.
4. Evdokimov I. A. Membrannye tekhnologii v molochnom proizvodstve) Membrane technology in dairy production / I. A. Evdokimov, D. N. Volodin, V. S. Somov, B. V. Chablin, V. A. Mikhneva, M. S. Zolotoreva // *Molochnaya promyshlennost'*. 2013. No 9. Pp. 15–16.
5. Zolotoreva M. S. Universal'nyi metod obrabotki molochnoi syvorotki (Universal method of processing whey) / M. S. Zolotoreva, D. N. Volodin, B. V. Chablin // *Syrodelie i maslodelie*. 2013. No 6. Pp. 29.
6. Zolotoreva M. S. Intensifikatsiya pererabotki molochnoi syvorotki s primeneniem membrannogo oborudovaniya (Intensification of whey processing using membrane equipment) / M. S. Zolotoreva, D. N. Volodin, V. K. Topalov, I. A. Evdokimov, B. V. Chablin // *Syrodelie i maslodelie*. 2016. No 6. Pp. 72–73.
7. Mikhneva V. A. Effektivnyi sposob pererabotki tvorozhnoi syvorotki (An effective way of processing curd whey) / V. A. Mikhneva, M. S. Zolotoreva, A. S. Bessonov, D. N. Volodin, M. I. Shramko, I. A. Evdokimov // *Molochnaya promyshlennost'*. 2011. No 1. Pp. 40–41.
8. Evdokimov I. A. Sochetanie nanofil'tratsii i elektrodializa pri pererabotke molochnoi syvorotki (Combination of nanofiltration and electrodialysis during processing of whey) / I. A. Evdokimov, V. A. Barsukov, I. K. Kulikova, D. N. Volodin, A. S. Bessonov // *Materialy Ros. konf. s mezhdunarodnym uchastiem «Ionnyi perenos v organicheskikh i neorganicheskikh membranakh»*. Krasnodar: KubGU, 2008. Pp. 102–103.
9. Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii GOST R 56833-2015 «Syvorotka molochnaya demineralizovannaya. Tekhnicheskie usloviya». Izdanie ofitsial'noe. Data vvedeniya v deistvie. 01.07.2016 g. Moskva: Izd-vo Standartinform, 2016. 22 pp.
10. Kharitonov D. V., Shramko M. I., Belova O. I. Printsipy sozdaniya tekhnologii bakkontsentrats s krioamorazhivaniem mikrobnui massy (Principles of creating technology for bacterial concentrates with cryogenic freezing of microbial mass) // *Materialy I Mezhdunarodnoi nauchno–prakticheskoi konferentsii «Sovremennaya nauka: teoriya i praktika»*. Stavropol': SevKavGTU, 2010. Pp. 30–31.
11. Semenikhina V. F. Biotekhnologiya kislomolochnykh produktov i preparatov s probioticheskimi svoystvami (Biotechnology of fermented milk products and preparations with probiotic properties) / V. F. Semenikhina, I. V. Rozhkova, A. V. Begunova, T. I. Shirshova, V. V. Pospelova // *Molochnaya promyshlennost'*, 2016. № 7. Pp. 35–36.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евдокимов Иван Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры прикладной биотехнологии, заведующий базовой кафедрой технологии молока и молочных продуктов при Молочном комбинате «Ставропольский». Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Золоторева Марина Сергеевна, кандидат технических наук, документовед кафедры прикладной биотехнологии, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. E-mail: zolotoreva@mpline.ru

Володин Дмитрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения и технологического оборудования, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. E-mail: zolotoreva@mpline.ru

Шрамко Мария Ивановна, кандидат биологических наук, заведующий Международной научно-исследовательской лабораторией «Электро- и баромембранных технологий», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. E-mail: marusyashramko@yandex.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evdokimov Ivan Alekseyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of applied biotechnology, Head of basic Department of technology of milk and dairy products at Dairy plant «Stavropol», Federal state Autonomous educational institution of higher professional education «North-Caucasus Federal University», 355009, Stavropol, Pushkin St., 1. E-mail: ievdokimov@ncfu.ru

Zolotareva Marina Sergeevna, candidate of technical Sciences, records Manager of the Department of applied biotechnology, Federal state Autonomous educational institution of higher professional education «North-Caucasus Federal University», 355009, Stavropol, Pushkin St., 1. E-mail: zolototeva@mpline.ru

Volodin Dmitry Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of mechanical engineering technology and technological equipment, Federal state Autonomous educational institution of higher professional education «North-Caucasus Federal University», 355009, Stavropol, Pushkin St., 1. E-mail: zolototeva@mpline.ru

Shramko Maria Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, head of International research laboratory «Electricity and Baromembrane technologies», Federal state Autonomous educational institution of higher professional education «North-Caucasus Federal University», 355009, Stavropol, Pushkin St., 1. E-mail: marusyashramko@yandex.ru