ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-227-234
УДК 637.146

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Современные тенденции в переработке молочной сыворотки[i]

И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева*

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

**e-mail: mazeevaia@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 23.03.2019
Дата принятия в печать: 21.06.2019

© И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева, 2019

Аннотация. Одним из наиболее эффективных путей оптимизации переработки сырья в производстве молочных продуктов является комплексное использование вторичного молочного сырья. Целью работы является оценка органолептических характеристик исходной творожной сыворотки и КСБ (концентрат сывороточных белков), полученного при криоконцентрировании сыворотки, установление их химического состава, определение физико-химических и микробиологических показателей; установление влияния кислотности молочной сыворотки на выход КСБ; разработка технологической схемы производства КСБ методом разделительного вымораживания. Установлено, что все образцы творожной сыворотки в целом соответствуют требованиям действующей нормативно-технической документации и могут быть использованы в качестве исходного сырья при производстве КСБ. Полученный в лабораторных условиях, образец КСБ по содержанию сухих веществ (20,19 %) и белка (12,80 %) соответствует стандартному альбумину с содержанием сухих веществ 20,0 %. Титруемая кислотность КСБ не выходит за пределы допустимого уровня (95 °Т). Совокупный анализ экспериментальных результатов доказал, что, примененная для получения КСБ, технология криоконцентрирования творожной сыворотки способствует получению концентрата, соответствующего требованиям нормативно-технической документации. Установлено влияние кислотности молочной сыворотки на выход КСБ. Полученные данные свидетельствуют о повышении титруемой кислотности с 47 °Т до 50 °Т в процессе хранения творожной сыворотки в течение 7 суток. Увеличение кислотности способствует повышению выхода КСБ через 7 суток хранения сыворотки на 57,6 %. Разработана технологическая схема производства КСБ методом разделительного вымораживания. Рассмотренная технология криоконцентрирования творожной сыворотки позволяет предполагать конструирование промышленной установки поточного типа для получения КСБ.

Ключевые слова. Творожная сыворотка, разделительное вымораживание, криоконцентрирование, концентрат сывороточного белка

Для цитирования: Короткий, И. А. Современные тенденции в переработке молочной сыворотки / И. А. Короткий, И. Б. Плотников, И. А. Мазеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 227–234. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-227-234.

Original article

Available online at http://fptt.ru/eng

Current Trends in Whey Processing

I.A. Korotkiy, I.B. Plotnikov, I.A. Mazeeva*

Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: mazeevaia@yandex.ru*

Received: March 23, 2019
Accepted: June 21, 2019

© I.A. Korotkiy, I.B. Plotnikov, I.A. Mazeeva, 2019

Abstract. The integrated use of secondary raw milk is one of the most effective ways to optimize the processing of raw materials in the production of dairy products. The unique composition and properties of curd whey makes it a valuable industrial raw material that can be processed into a variety of foods and feed products. Nowadays, whey protein concentrates (WPC) are extremely popular with consumers. One of the promising areas of industrial processing of acid whey is the extraction of proteins by means of separate freezing (cryoconcentration). This process takes place at low temperatures (from 0 to minus 15°C), which makes it possible to preserve the composition and properties of the raw material, prevents denaturation of whey protein fractions, and preserves its valuable thermolabile components. The authors conducted laboratory tests of curd whey and WPC produced by several dairy companies. The research allowed the authors to determine the composition, sensory, physico-chemical, and microbiological properties of the samples. The research objective was to evaluate the sensory properties of the initial cheese whey and WPC obtained by cryoconcentration, to establish their chemical composition, as well as physico-chemical and microbiological parameters. The research also featured the effect of the whey acidity on the WPC output and the development of technological

[i] Материал опубликован в рамках II Международного симпозиума «Инновации в пищевой биотехнологии». 13–14 мая 2019 г., Кемерово, Кемеровский государственный университет.

schemes of WPC production by separate freezing. All the samples of curd whey proved to meet the current standards and can be used for WPC production. The sample of laboratory-obtained WPC sample had 20.19% of dry substances and 12.80% of protein, which corresponds to the standard albumin with its 20.0% of dry substances. The titratable acidity of WPC did not exceed the permissible level of 95°T. The experimental results proved that the cryoconcentration technology produced concentrate that met the requirements of regulatory and technical documentation. The obtained data revealed an increase in titratable acidity from 47°T to 50°T during the storage of curd whey for 7 days. The increase in acidity increased the yield of WPC after 7 days of serum storage by 57.6%. The new WPC production scheme consisted of several stages: (1) the whey was obtained; (2) casein dust and dairy fat were excluded; (3) pasteurization; (4) two-stage cryoconcentration; (5) thermal coagulation of whey concentrate; (6) separation of WPC. The technology of cryoconcentrationcurd whey suggests designing industrial installations in-line type to obtain CSB.

Keywords. Curd whey, separating freezing, cryoconcentration, whey protein concentrate

For citation: Korotkiy IA, Plotnikov IB, Mazeeva IA. Current Trends in Whey Processing. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):227–234. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-227-234.

Введение

Одним из наиболее эффективных путей оптимизации переработки сырья в производстве молочных продуктов является комплексное промышленное использование вторичного молочного сырья. Уникальность состава и свойств молочной сыворотки не вызывает сомнений. Молочная сыворотка – это ценный источник важных пищевых ингредиентов, в частности сывороточных белков. Биологическая ценность последних превышает ценность всех известных в природе пищевых белков. Сывороточные белки, главные из которых β-лактоглобулин и α-лактальбумин, являются источником незаменимых аминокислот, имеют высокую скорость расщепления под действием протеолитических ферментов и высокую степень усвояемости. Комплекс витаминов и ферментов, так же как и биологически синтезированная вода, дополняют феномен биотехнологической системы молочной сыворотки [1, 2].

Известны три основных направления промышленной переработки молочной сыворотки: полное использование всех компонентов сыворотки (напитки свежие и сквашенные, сгущенные и сухие продукты и др.), раздельное использование компонентов сырья (извлечение жира, белков, лактозы и др.), получение производных компонентов молочной сыворотки (гидролизаты сывороточных белков, глюкозо-галактозные сиропы, лактулоза и др.).

Для переработки сыворотки применяют сгущение, сушку, электромембранные (электродиализ, электроактивация) и баромембранные процессы (ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос) [3–5].

Среди сывороточных ингредиентов наибольший интерес у мировых потребителей вызывают концентраты сывороточных белков (КСБ). Аналогичная ситуация наблюдается и на современном российском рынке с той лишь существенной разницей, что сывороточные ингредиенты практически не производятся в России, а импортируются из-за рубежа, несмотря на огромный собственный сырьевой потенциал [6–8].

Наряду с концентратами получили популярность продукты, выработка которых предполагает непосредственное применение белковых концентратов в качестве базового ингредиента для существующих и разрабатываемых технологий инновационных молочных продуктов или их долевое участие. Связано это с высокими анаболическими свойствами и биодоступностью КСБ, с возросшей информированностью российского населения о пользе функциональных молочных продуктов и ингредиентов, увеличением покупательской способности на данном рынке, трендом на здоровое питание, а также повсеместной рекламой здорового образа жизни [9, 10].

Традиционные способы выделения белков из молочной сыворотки малоэффективны и связаны с затратами значительных количеств тепловой энергии, реагентов-осадителей (кислоты, щелочи, соли). Это отрицательно сказывается на качестве и безопасности конечного продукта. Степень выделения белков при этом невысока и колеблется от 50 % при тепловой денатурации и до 70 % при использовании осадителей [1].

Одним из перспективных направлений промышленной переработки сыворотки является раздельное использование компонентов сырья, в частности извлечение белков при помощи разделительного вымораживания (криоконцентрирования) с целью получения казеиноальбуминной массы, концентратов белков с полисахаридами (пектин, хитозан), КСБ. Этот процесс протекает при низких температурах (от 0 до минус 15 °С), что позволяет максимально сохранить свойства исходного продукта (исключить денатурацию белковых фракций молочной сыворотки и сохранить ценные термолабильные компоненты) [11, 12].

Несмотря на то, что способ криоконцентрации известен достаточно давно (более 100 лет), конкурировать с выпариванием из-за сравнительно больших (до 20 %) потерь сухих веществ со льдом и высокой стоимости оборудования он долгое время не мог.

Исследования, проведенные в России и за рубежом, позволили не только усовершенствовать технологию разделительного вымораживания и снизить потери сухих веществ со льдом до 1 % и ниже, но и создать ряд высокоэффективных аппаратов для криоконцентрирования.

Криоконцентрация включает в себя две основные технологические операции: образование смеси кристаллов льда с концентратом и разделение полученной суспензии. Для первой операции используют кристаллизаторы различных типов, для второй – сепарационные установки (центрифуги, фильтрпрессы, разделительные колонки и др.). Следовательно, эти операции могут выполняться в одном устройстве или многоступенчато [13, 14].

Целью работы является оценка органолептических характеристик исходной творожной сыворотки и КСБ, полученного при криоконцентрировании сыворотки, установление их химического состава, определение физико-химических и микробиологических показателей; установление влияния кислотности молочной сыворотки на выход КСБ; разработка технологической схемы производства КСБ методом разделительного вымораживания.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований являются сыворотка молочная творожная, КСБ, криоконцентратор емкостного типа. При проведении исследований применялись стандартные общепринятые методики определения органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в исходном сырье (творожной сыворотке) и продукте (КСБ).

Результаты и их обсуждение

Для проведения исследований был использован криоконцентратор емкостного типа, разработанный на кафедре теплохладотехники Кемеровского государственного университета, при использовании которого были проведены лабораторные испытания исходного сырья (творожной сыворотки) и продукта (КСБ).

Криоконцентратор представляет собой емкость с рубашкой, внутри которой циркулирует промежуточный хладоноситель – пропиленгликоль. Отвод тепловой энергии от промежуточного теплоносителя осуществляется испарителем холодильной машины, выполненным в виде змеевика и расположенным внутри рубашки. Отвод и подвод хладагента в испаритель производится через соответствующие патрубки. Аппарат снабжен откидной крышкой. Загрузка исходного сырья осуществляется через крышку. Выгрузка концентрата происходит через патрубок, расположенный в нижней части аппарата. Кристаллизат извлекается в виде ледяного цилиндра через крышку, предварительно отепляемый вдоль стенки аппарата за счет расположенного в рубашке ТЭНа, включаемого после завершения технологического процесса на стадии разгрузки аппарата [15, 16].

В ходе исследований использовалась творожная сыворотка нескольких производителей г. Кемерово: ООО «МПО «Скоморошка»», СХПК «Подворье», ООО «Натуральное молоко». На вышеуказанных предприятиях сыворотку получают в производстве творога кислотным способом, температура пастеризации нормализованной смеси составляет 78–80 °С, способ сквашивания – ускоренный. Это позволяет интенсифицировать процесс коагуляции и синерезиса сыворотки из сгустка. Отделение сыворотки производят самопрессованием в ванне.

Перед началом эксперимента творожную сыворотку объемом 3 л предварительно фильтровали через лавсановую ткань, охлаждали до температуры 4 °С, заливали в рабочую емкость криоконцентратора, охлажденную до заданной температуры. В процессе криоконцентрирования температура в рубашке аппарата изменялась в пределах –4 ± 2 °С. Волнообразный характер изменения температуры способствовал началу процесса кристаллизации влаги на стенках емкости. Продолжительность технологического процесса в среднем составляет 4,5 ч. В процессе работы криоконцентратора на стенках происходит образование льда, оставляя в середине емкости незамерзшую часть сыворотки, в которой концентрируются сывороточные белки. Концентрат удаляли через отверстие, расположенное в нижней части емкости. Образовавшийся лед (кристаллизат) удаляли из емкости криоконцентратора и дефростировали [17].

В ходе экспериментов оценены органолептические характеристики исходной творожной сыворотки, установлен химический состав, определены физико-химические показатели (табл. 1).

Таблица 1. Состав, органолептические и физико-химические показатели творожной сыворотки

Table 1. Composition, sensory, and physico-chemical indicators of curd whey

	Наименование показателя	Характеристика показателя		
		ООО «МПО «Скоморошка»»	СХПК «Подворье»	ООО «Натуральное молоко»
Органолептические показатели	Консистенция и внешний вид	однородная жидкость с наличием незначительного количества белкового осадка		
	Цвет	бледно-зеленый		
	Вкус и запах	свойственный молочной сыворотке, кисловатый		
Химический состав	Наименование компонента	Содержание компонента, %		
	Вода	94,11	94,88	96,02
	Сухие вещества, в том числе:	5,88	5,12	3,98
	Белки	0,5	0,6	0,4
	Жиры	0,1	0,1	0,1
	Углеводы	4,7	3,7	2,6
	Минеральные вещества	0,5	0,7	0,9
Физико-химические показатели	Наименование показателя	Значение показателя		
	Кислотность: активная, ед. pH титруемая, °Т	 4,61 73	 4,39 87	 4,53 63
	Плотность, кг/м^3	1026	1027	1026
	Относительная вязкость, Па×с	$1{,}1711\times10^{-3}$	$1{,}2531\times10^{-3}$	$1{,}2352\times10^{-3}$
	Кинетическая вязкость, мм^2/с	1,2179	1,2355	1,2190

Рисунок 1. КСБ, полученный в результате эксперимента

Figure 1. Experimentally obtained WPC

Установлено, что все образцы творожной сыворотки в целом соответствовали требованиям ГОСТ 34352-2017. «Сыворотка молочная – сырье. Технические условия» и ГОСТ 33957-2016. «Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля» и могут быть использованы в качестве исходного сырья при производстве КСБ [18, 19].

При криоконцентрировании творожной сыворотки получен КСБ. Внешний вид КСБ представлен на рисунке 1.

С целью установления качества полученного при криоконцентрировании КСБ были проведены исследования его химического состава, органолептических, физико-химических и микробиологических характеристик. Состав, органолептические и физико-химические показатели КСБ представлены в таблице 2.

Полученный в лабораторных условиях, образец КСБ по содержанию сухих веществ (20,19 %) и белка (12,80 %) соответствует стандартному альбумину с содержанием сухих веществ 20,0 %. Титруемая кислотность КСБ не выходит за пределы допустимого уровня (95 °Т).

Микробиологические показатели КСБ приведены в таблице 3.

Совокупный анализ экспериментальных результатов позволяет заключить, что, примененная для получения КСБ, технология криоконцентрирования творожной сыворотки способствует получению концентрата, соответствующего требованиям нормативно-технической документации (ГОСТ 33956-2016. «Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия», ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции») [20, 21].

В ходе экспериментов устанавливали влияние кислотности творожной сыворотки на выход КСБ. Творожную сыворотку хранили в течение 7 суток при температуре 4 ± 2 °С. Титруемую кислотность и выход КСБ, полученного криоконцентрированием творожной сыворотки, контролировали ежедневно.

Таблица 2. Состав, органолептические и физико-химические показатели КСБ

Table 2. Composition, sensory, and physico-chemical properties of the WPC

	Наименование показателя	Характеристика показателя
Органолептические показатели	Консистенция и внешний вид	мягкая, рассыпчатая, с наличием ощутимых частиц молочного белка
	Цвет	белый с кремовым оттенком, равномерный по всей массе
	Вкус и запах	чистые, кисломолочные, без посторонних вкусов и запахов
Химический состав	Наименование компонента	Содержание компонента, %
	Массовая доля общего белка	12,80
	Содержание сывороточных белков	2,87
	Содержание казеиновых белков	7,98
	Содержание общего азота	2,04
	Содержание небелкового азота	0,313
	Массовая доля сухих веществ	20,19
Физико-химические показатели	Наименование показателя	Значение показателя
	Кислотность: активная, ед. pH титруемая, °Т	 4,35 95

Таблица 3. Микробиологические показатели КСБ

Table 3. Microbiological indicators of the WPC

Наименование показателя		Допустимый уровень	Фактическое содержание
КМАФАнМ, КОЕ/см^3 (г), не более		2×10^5	$1,6\times10^4$
Дрожжи/плесени, КОЕ/см^3 (г), не более		100/50	20/10
Стафилококки, *S. aureus*	Объем (масса) продукта, см^3 (г), в которой не допускаются	0,1	не обнаружены
Бактерии группы кишечной палочки (колиформы)		0,1	не обнаружены
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы		25	не обнаружены

Рисунок 2. График зависимости выхода КСБ от кислотности творожной сыворотки

Figure 2. Effect of the acidity of the curd whey on the output of the WPC: dependence graph

Зависимость изменения титруемой кислотности сыворотки от продолжительности ее хранения в ходе эксперимента для одной партии сыворотки и влияние на выход КСБ показана на рисунке 2.

Полученные данные свидетельствуют о повышении титруемой кислотности в процессе хранения творожной сыворотки. В течение 7 суток хранения кислотность сыворотки возросла с 47 °Т до 50 °Т. Увеличение кислотности способствовало повышению выхода КСБ через 7 суток хранения сыворотки на 57,6 %.

В результате исследований разработана технологическая схема производства КСБ из творожной сыворотки методом криоконцентрирования (рис. 3).

Производство КСБ состоит из следующих стадий: 1) сбор сыворотки, очистка от казеиновой пыли и молочного жира;

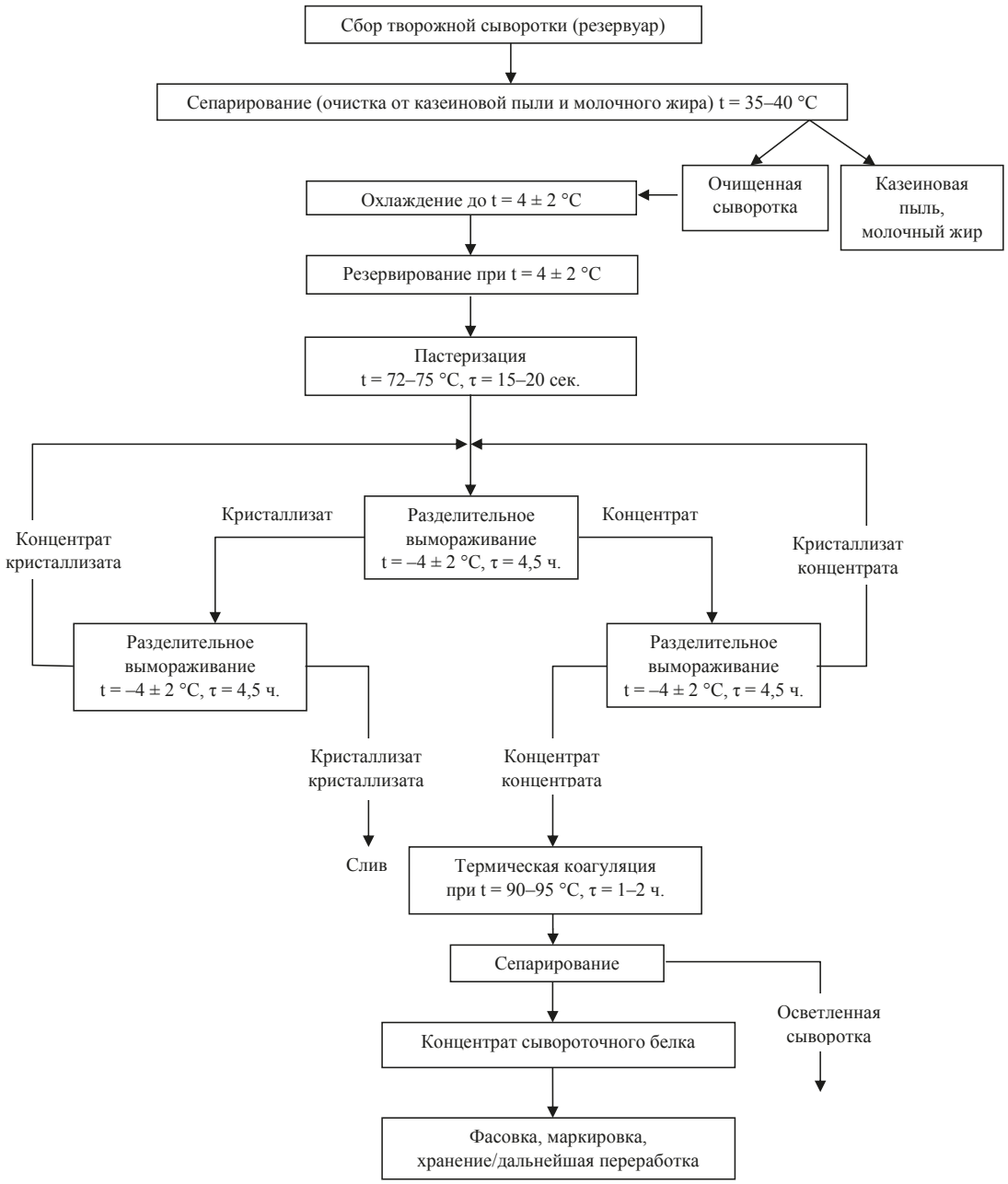

Рисунок 3. Технологическая схема производства КСБ из творожной сыворотки методом криоконцентрирования

Figure 3. Technological scheme of WPC production from curd whey by cryoconcentration

2) пастеризация сыворотки;
3) двухступенчатое криоконцентрирование;
4) термокоагуляция концентрата сыворотки;
5) отделение КСБ путем сепарирования.

Сыворотка собирается в резервуаре. После чего ее с помощью насоса подают в пластинчатую установку, где она подогревается горячей водой до температуры 35–40 °С и направляется в сепаратор. В сепараторе происходит отделение казеиновой пыли и молочного жира для исключения попадания этих компонентов в готовый продукт – КСБ. Сыворотку охлаждают холодной водой в пластинчатой установке до температуры 4 ± 2 °С. Охлажденную сыворотку хранят в резервуаре.

Затем творожную сыворотку из резервуара (с помощью насоса через уравнительный бак) подают в пластинчатую пастеризационно-охладительную установку, где пастеризуют при температуре 72–75 °С с выдержкой 15–20 сек и охлаждают до температуры 4 °С.

Подготовленную сыворотку направляют в блок аппаратов криоконцентрирования, где производят двойное концентрирование вымораживанием. В результате получают две фракции: концентрат концентрата и кристаллизат кристаллизата. Кристаллизат кристаллизата имеет малое количество сухих веществ, и в том числе растворенных сывороточных белков, поэтому легко утилизируется. Концентрат концентрата направляют через промежуточную накопительную емкость на термическую коагуляцию в ванну длительной пастеризации. Полученный продукт перекачивают винтовым насосом в сепаратор, где отделяют КСБ от жидкой фазы. Затем КСБ направляется на фасовку, маркировку, хранение или дальнейшую переработку.

Технология разделительного вымораживания по выработке КСБ из молочной (кислой) сыворотки, реализованная на лабораторном криоконцентраторе, а также результаты, полученные в ходе этой работы, позволяют дать основание для дальнейшей работы по выявлению основных факторов и степени их воздействия на процесс криоконцентрирования с целью последующего проектирования установки поточного типа.

Выводы

В настоящее время отечественная промышленность полностью не обеспечивает потребности собственного рынка в сывороточных ингредиентах и импортирует производные сыворотки, включая КСБ из-за рубежа. Однако тенденции к модернизации производства и значительные объемы сырьевых ресурсов в России приводят к выводу о росте объемов производства КСБ, что предопределяет перспективность переработки сыворотки с получением ее концентратов высокого качества, которые могли бы конкурировать с импортными аналогами. Учитывая большие сырьевые ресурсы молочной сыворотки, перспективы, быструю окупаемость и энергоэффективность криоконцентрирования, низкий уровень конкуренции на отечественном рынке, данная технология и, полученная в результате, продукция могут приносить высокую прибыль производителю.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Переработка молочной сыворотки с получением ценных пищевых ингредиентов / М. С. Золоторева, Д. Н. Володин, С. Н. Князев [и др.] // Переработка молока. – 2015. – Т. 187, № 5. – С. 28–29.

2. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2011. – 804 с.

3. Гущин, А. А. Экологическая безопасность молочного производства и технологии переработки молочной сыворотки / А. А. Гущин // XV Международная научно-практическая конференция «Технические науки – от теории к практике». – Новосибирск, 2016. – С. 16–20.

4. Донская, Г. А. Эффективные технологии использования молочной сыворотки / Г. А. Донская, Г. В. Фриденберг // Молочная промышленность. – 2009. – № 12. – С. 38–40.

5. Евдокимов, И. А. Современное состояние переработки молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко // Молочная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 36–39.

6. Использование сывороточных ингредиентов в производстве продуктов питания / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, А. В. Костюк [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 65–67.

7. У российской сыворотки большое будущее: Новости молочного рынка каждый день // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dairynews.ru/news/u_rossijskoj_syvorotki_bolshoje_budushheje.html. – Дата обращения: 20.02.2019.

8. Щетинин, М. П. Производство и переработка молочной сыворотки в России и Алтайском крае / М. П. Щетинин, А. С. Дорохова // Ползуновский Вестник. – 2013. – № 4–4. – С. 80–84.

9. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты / Д. Н. Володин, М. С. Золоторева, В. К. Топалов [и др.] // Молочная промышленность. – 2015. – № 5. – С. 36–41.

10. Мазеева, И. А. Современные упаковочные решения для концентрата сывороточных белков / И. А. Мазеева, И. А. Короткий, И. Б. Плотников // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 48–58. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58.

11. Гущин, А. А. Концентрирование творожной сыворотки разделительным вымораживанием / А. А. Гущин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 133, № 10. – С. 168–174.

12. Короткий, И. А. Исследование возможности получения концентрата сывороточного белка методом разделительного вымораживания / И. А. Короткий, А. А. Гущин, Д. Е. Федоров // Вестник современных исследований. – 2019. – Т. 28, № 1–8. – С. 102–106.

13. Панченко, С. Л. Исследование процесса концентрирования творожной сыворотки методом вымораживания: дис. … канд. техн. наук: 05.18.12 / Панченко Сергей Леонидович. – Воронеж, 2010. – 187 с.

14. Короткий, И. А. Исследование процессов криоконцентрирования молочной сыворотки / И. А. Короткий, П. А. Гунько, Д. Е. Федоров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 88, № 1. – С. 148–153.

15. Короткий, И. А. Эффективность производства искусственного холода в разделительных вымораживающих установках / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, М. Г. Курбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43, № 4. – С. 116–122.

16. Короткий, И. А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов / И. А. Короткий, Д. Е. Федоров, Н. А. Тризно // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 106–110.

17. Гущин, А. А. Анализ процессов криоконцентрирования молочной сыворотки в нескольких последовательных ступенях / А. А. Гущин // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 87–92.

18. ГОСТ 34352-2017. Сыворотка молочная – сырье. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2018. – 11 с.

19. ГОСТ 33957-2016. Сыворотка молочная и напитки на ее основе. Правила приемки, отбор проб и методы контроля. М. : Стандартинформ, 2016. – 19 с.

20. ГОСТ 33956-2016. Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия. М. : Стандартинформ, 2016. – 15 с.

21. Технический регламент таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013).

References

1. Zolotoreva MS, Volodin DN, Knyazev SN, Tereshina EN, Chablin BV. Pererabotka molochnoy syvorotki s polucheniem tsennykh pishchevykh ingredientov [Whey processing for valuable food ingredients]. Milk Processing. 2015;187(5):28–29. (In Russ.).

2. Khramtsov AG. Fenomen molochnoy syvorotki [Whey phenomenon]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 804 p. (In Russ.).

3. Gushchin AA. Ehkologicheskaya bezopasnost′ molochnogo proizvodstva i tekhnologii pererabotki molochnoy syvorotki [Ecological security of dairy production and whey processing technology]. XV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya ‘Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike’ [XV International Scientific and Practical Conference: Technical Sciences – from Theory to Practice]. Novosibirsk, 2016. pp. 16–20. (In Russ.).

4. Donskaya GA, Fridenberg GV. Efficient technologies of milk whey application. Dairy industry. 2009;(12):38–40. (In Russ.).

5. Evdokimov IA, Hramtsov AG, Nesterenko PG. Present state of milk whey processing. Dairy industry. 2008;(11):36–39. (In Russ.).

6. Volodin DN, Zolotareva MS, Kostyuk AV, Topalov VK, Evdokimov LA, Chablin BV, et al. Application of whey ingredients in foods production. Dairy industry. 2017;(2):65–67. (In Russ.).

7. U rossiyskoy syvorotki bol′shoe budushchee: Novosti molochnogo rynka kazhdyy den′ [The great future of Russian whey: daily dairy market news] [Inernet]. [cited 2019 Feb 20]. Available from: http://www.dairynews.ru/news/u_rossijskoj_syvorotki_bolshoje_budushheje.html.

8. Schetinin MP, Dorokhova AS. Production and processing of whey in Russia and the Altai region. Polzunovsky vestnik. 2013;(4–4):80–84. (In Russ.).

9. Volodin DN, Zolotareva MS, Topalov VK, Evdokimov IA, Hramtsov AG, Mertin P. Milk whey processing: conceptual strategy, real technologies, adequate investments, demanded products. Dairy industry. 2015;(5):36–41. (In Russ.).

10. Maseeva IA, Korotkiy IA, Plotnikov IB. Modern Packaging Solutions for Whey Protein Concentrate. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(4):48–58. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-48-58.

11. Gushchin AA. Concentration of curd whey by separating freezing. The Bulletin of KrasGAU. 2017;133(10):168–174. (In Russ.).

12. Korotkiy IA, Gushchin AA, Fedorov DE. Issledovanie vozmozhnosti polucheniya kontsentrata syvorotochnogo belka metodom razdelitel′nogo vymorazhivaniya [Obtaining whey protein concentrate by separate freezing]. Vestnik sovremennykh issledovaniy [Bulletin of Contemporary Studies]. 2019;28(1–8):102–106. (In Russ.).

13. Panchenko SL. Issledovanie protsessa kontsentrirovaniya tvorozhnoy syvorotki metodom vymorazhivaniya [Cheese whey concentration by freezing]. Cand. eng. sci. diss. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies; 2010. 187 p.

14. Korotkiy IA, Gunko PA, Fedorov DE. The research of the milk whey cryo-concentration processes. The Bulletin of KrasGAU. 2014;88(1):148–153. (In Russ.).

15. Korotkiy IA, Korotkaya EV, Kurbanova MG. Efficiency of artificial cold production in separation freeze-out plants. Food Processing: Techniques and Technology. 2016;43(4):116–122. (In Russ.).

16. Korotky IA, Fedorov DE, Trizno NA. Research on the operation of the capacitive crystallizer for freezing out of liquid food products. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;27(4):106–110. (In Russ.).

17. Gushchin AA. Analysis of whey cryoconcentration at several successive stages. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;45(2):87–92. (In Russ.).

18. State Standard 34352-2017. Milk whey - raw material. Specifications. Moscow: Standartinform; 2018. 11 p.

19. State Standard 33957-2016. Dairy whey and drinks on its basis. Acceptance rules, sampling and methods of control. Moscow: Standartinform; 2016. 19 p.

20. State Standard 33956-2016. Albumin and pastes from albumin. Specifications. Moscow: Standartinform; 2016. 15 p.

21. Tekhnicheskiy reglament tamozhennogo soyuza 'O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii' (TR TS 033/2013) [Technical regulations of the Customs Union 'On the safety of milk and dairy products' (TR CU 033/2013)].

Сведения об авторах

Короткий Игорь Алексеевич
д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теплохладотехники, директор Института электронных образовательных коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7623-0940

Плотников Игорь Борисович
канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-0149-1724

Мазеева Ирина Александровна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-1836-0632

Information about the authors

Igor A. Korotkiy
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Heat Technology, Director of Institute of Electronic Educational Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: + 7 (3842) 39-68-49, e-mail: txtkemtipp@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-7623-0940

Igor B. Plotnikov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Machines and Apparatus for Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: kafedra.mats@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-0149-1724

Irina A. Maseeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-58, e-mail: milk@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-1836-0632