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

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15
УДК 637.344:001

Информационная публикация
http://fptt.ru/

Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки

А. Г. Храмцов

Северо-Кавказский федеральный университет,
355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1

e-mail: akhramtcov@ncfu.ru

Дата поступления в редакцию: 18.07.2018
Дата принятия в печать: 20.09.2018

© А. Г. Храмцов, 2018

Аннотация. В статье, на принципах безотходной технологии в систематизированном и персонифицированном видах, изложены некоторые научно-практические результаты деятельности ведущей научной школы федерального уровня 7510.2010.4 «Живые Системы» при Северо-Кавказском федеральном университете (СКФУ) в парадигме Технологического Прорыва на примере универсального сельскохозяйственного сырья животного происхождения – тривиальной молочной сыворотки. Полное использование всех компонентов молочной сыворотки – сухие концентраты; компоненты – высококачественная лактоза; производные – пребиотики с акцентом по лактулозе и кондиционирование молочного сырья до технологической обработки.

Ключевые слова. Безотходная технология, молочная промышленность, технологический прорыв, сухая молочная сыворотка, лактоза, лактулоза термизация, пребиотики

Для цитирования: Храмцов, А. Г. Инновационные разработки в использовании молочной сыворотки / А. Г. Храмцов // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 5–15. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15.

Informational publication

Available online at http://fptt.ru/

Innovative Solutions in Milk Whey Production

A.G. Khramtsov

North-Caucasus Federal University,
1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia

e-mail: akhramtcov@ncfu.ru

Received: July 18, 2018
Accepted: September 20, 2018

© A.G. Khramtsov, 2018

Abstract. The paper features some practical and theoretical achievements made by the federal level Scientific school of Living Systems (7510.2010.4) headquartered at the North-Caucasus Federal University. The article describes the principles of non-waste technology in milk whey production. The sustainable use of milk whey presupposes its conditioning before technological processing. Moreover, all components of milk whey are put into use: concentrates, high-quality lactose, and such derivatives as prebiotics, especially lactulose.

Keywords. Sustainable technology, dairy industry, technological breakthrough, whey powder, lactose, lactulose, termination, prebiotics

For citation: Khramtsov A.G. Innovative Solutions in Milk Whey Production. F*ood Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 3, pp. 5–15. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-5-15.

Введение

Проблемы модернизации пищевой индустрии России в целом и молочной отрасли АПК в частности, являются исторически (более 40 лет – СтПИ, СКГТУ, СевКавГТУ, н/в СКФУ) приоритетными для нашего сложившегося творческого коллектива, который официально зарегистрирован на федеральном уровне под брендом «Живые Системы» в виде ведущей научной школы №7510.2010.4.

В статье, с учетом фактора временной логистики, изложены некоторые результаты исследований в области молочного дела на примере (по академику Н. Н. Липатову [1] «универсального сельскохозяйственного сырья» теперь + «животного происхождения») тривиальной для отрасли молочной сыворотки.

При этом учитывался фактор времени. Прежде всего – актуальность и неизбежность технологического прорыва всех отраслей экономики Российской Федерации (РФ), которая в системном виде четко сформулирована в выступлении Президента РФ Путина В. В. на Совете ректоров ВУЗов России (24.04.2018 г. Санкт-Петербург) [2]. Следует отметить и подчеркнуть, что все положения по технологическому прорыву полностью соответствуют реализации основополагающей цели Указа Президента РФ № 204 от 07.05.18 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [3]. В первом пункте Указа предусмотрено создание в аграрно-промышленном комплексе высокопроизводительного экспортно-

ориентированного сектора, развивающегося на основе современных технологий и обеспеченного высококвалифицированными кадрами. В пункте 7 Указа (разработка национального проекта в сфере экологии) содержится конкретизация тематики нашего журнала (ждет постоянной рубрики) – «применение всеми объектами, оказывающими значительное негативное воздействие на окружающую среду, системы экологического регулирования, основанной на использовании **наилучших доступных технологий** (выделено нами)» [4–7].

В результате альтернативной выборки для изложения в рамках допустимого объема информации, выбраны инновационные приоритеты по полному использованию всех компонентов сухого остатка молочной сыворотки (сухие концентраты); получение компонентов на примере высококачественной лактозы и синтез производных, как генеральная линия, по нашему мнению, возможного Технологического Прорыва [8] молочной отрасли пищевой индустрии АПК в плане грядущего (нового – шестого) Технологического Уклада [9]. Информация персонифицирована с интригующим изложением для притягательного сопровождения инноваций и возможного масштабирования в отрасли.

Объекты и методы исследования

Научная школа (для нас ***творческий коллектив)*** «Живые Системы» института живых систем Северо-Кавказского федерального университета имеет более 100 научных разработок по рациональному использованию сельскохозяйственного сырья в продуктах функционального питания и кормовых средствах нового поколения – про-, пре- и синбиотики **(биопрдукты «зеленой корзины»)**. Около 50 брендов востребовано в отрасли. Экономический потенциал разработок превышает 10 млрд руб. в год (экономия тысяч тонн мяса, млн тонн молока) с экологической составляющей и социальной направленностью. Например, десятки мясных изделий (РФ), молочный сахар (РФ), завод лактозы в Балте (Украина), лактулоза (РФ и Беларусь), деминерализованная сухая сыворотка (Кубань, Кемерово, Алтай, зарубежье), сырки глазированные «Здоровое Питание» (МКС), сыр «Адыгейский Альпийский» (Черкесск), инновационные продукты из козьего молока (РФ, Ставрополье, в т.ч. фермерские хозяйства) и др.

Научное кредо (багаж): более 50 брендов (проекты, бизнес-планы, НТД), адаптированных к ТР, ВТО, ЕЭС; тысячи публикаций, сотни патентов, диссертации, серия трудов, учебники, учебные пособия, научно-методические указания.

Кадровый потенциал: доктора наук (12, в т.ч. 11 воспитанники СКФУ**)** от 30 до 75 лет (сплав опыта, мудрости и перспективы), **кандидаты наук (60), аспиранты (35), докторанты (5), соискатели отрасли (10), студенты** (специалитет, магистры, бакалавры ИЖС – **более 1000**). Номинации: Заслуженный деятель науки Российской Федерации (2), лауреаты премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (4), Заслуженные и Почетные работники высшего образования (6), лауреаты ВДНХ, ВВЦ, салонов инноваций и инвестиций.

Признание в отрасли (пищевой индустрии) на федеральном уровне – премия Правительства РФ за синтез и внедрение **отечественного** пребиотика **лактулозы** (№ 1 в мире) в области науки и техники; действующий Диссертационный Совет Д.212.245.05 на постоянной основе – три созыва; аспирантура; докторантура; адаптация результатов НИР в учебнике и учебных пособиях с грифом УМО Минвуза РФ.

Международный имидж – Симпозиум Международной молочной Федерации «Лактоза и ее производные» (Россия, г. Москва, май 2007), Мега-Профилайн (РФ + Чехия) и др. (всего более 20 наименований).

Подтверждение лидерства (признание) – членство в Молочном Союзе России (на бесплатной основе – как исключение) и НОУ «Образовательный центр при ВНИМИ» – федеральный уровень; учредители и члены НОЦ «Молоко Юга России» – региональный уровень; участие в программах АН РФ (Южное Отделение); три эксперта в Комитетах ММФ (пока единственные от Минвуза); проведение Международных Семинаров, школ и конференций (2004, 2006, 2007, 2009 и 2009 на базе СКФУ); Международное сотрудничество по договорам, намерениям и обмену (более 50 наименований); позиционирование в Международных и Российских рейтингах: номинанты международных справочников «Кто есть кто – выдающиеся ученые мира», «5000 выдающихся имен», «2000 выдающихся имен», «Лучшие люди России», «Золотые циклы», «Видные химики».

Инновационные приоритеты (перспектива) – реализация Концепции нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий продуктов питания и кормовых средств нового поколения (кластерный уровень с использованием энергии системы); участие в реализации Концепции социально-экономического развития РФ и регионов до 2020 г.; формирование технологической платформы антикризисных мер для АПК; международная презентация НОЦ нано-, био-, мембранных технологий; внедрение инноваций с достойным инвестированием, импортозамещением и экспортоориентированием для обеспечения **продовольственной безопасности России, ЮФО и Ставрополья.**

Из множества инноваций (отчеты НИР и акты внедрения – 1000 наименований), дипломных работ (более 5000) и диссертаций (около 200) выбраны пять направлений, которые наиболее четко отражают концептуальную направленность поисков – полное использование сельскохозяйственного сырья на принципах безотходной технологии, извлечение компонентов и синтез их производных для продуктов функционального назначения и кормовых средств нового поколения.

Результаты и их обсуждение

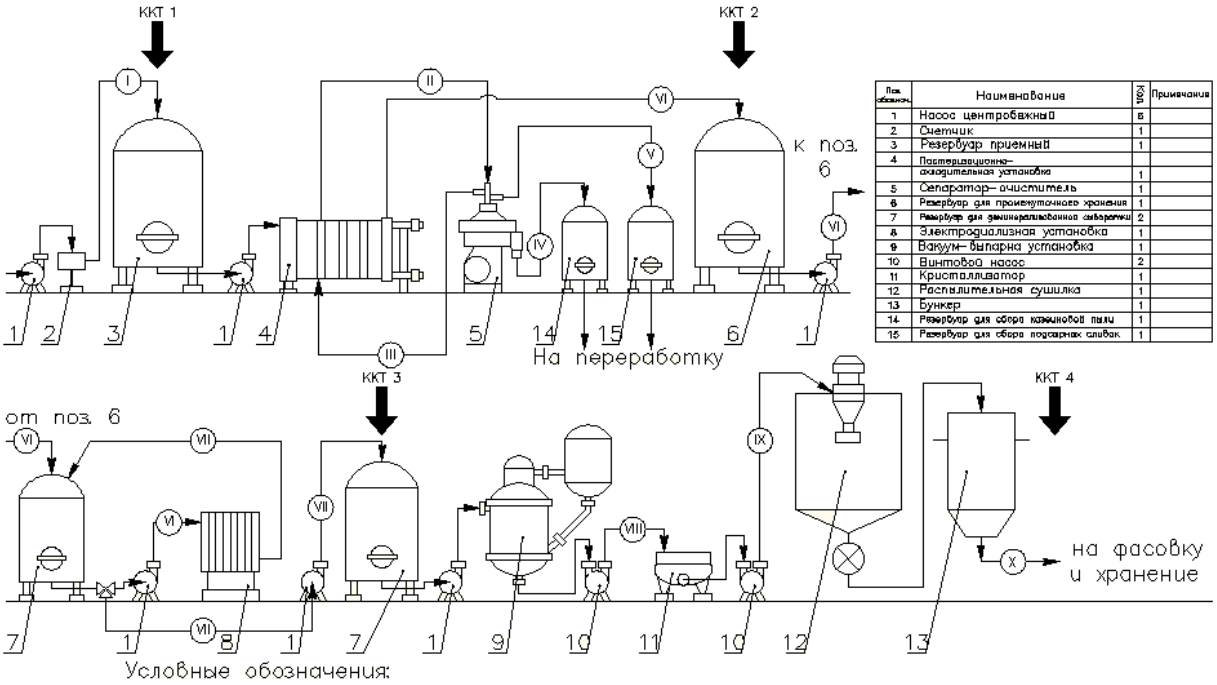
Безусловно, полное использование имеющихся ресурсов молочной сыворотки наиболее

целесообразно для получения линейки тонизирующих напитков широкого ассортимента под брендом проф. Н. В. Заворохиной – «Молочная сыворотка, продлевающая жизнь» [10], особенно по Стивену Луффу – «иммунитет; антигрипп, даже птичий» [11]. По данной тематике имеется обширная информация, в т.ч. нашего творческого коллектива [12–14]. Однако с точки зрения супер технологий технологического прорыва следует остановиться на получении сухих концентратов неограниченного срока хранения (и использования с учетом пока существующей сезонности получения молочной сыворотки) с реализацией Концепции предложенной нами и принятой отраслью **бионаномембранных технологий** [15, 16].

Творческий коллектив профессор **И. А. Евдокимова** (соруководитель научной школы, мой преемник и продолжатель) блестяще справился с проблематикой получения сухой деминерализованной молочной сыворотки. Разработка востребована Таможенным Союзом и на мировом уровне [17, 18].

На рис. 1. показана уникальная аппаратурно-процессовая схема с контрольными точками, а в табл. 1. приведен сравнительный состав сухих концентратов молочной сыворотки разного уровня деминерализации. В России и мире процесс масштабирован [19].

Произошел действительный технологический прорыв. Ежегодное производство сухой молочной сыворотки в нашей стране растет невиданными темпами (до 30 %) и превышает 100 000 тонн (ранее завозили даже из Аргентины). Данный феномен – заслуга отрасли и ее профессионалов. Наша задача, совместно с отраслевыми институтами РАН и Минсельхозом, – обеспечить кадровое, научно-



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Насос центробежный	6	
2	Счетчик	1	
3	Резервуар приемный	1	
4	Пастеризационно-охладительная установка	1	
5	Сепаратор-очиститель	1	
6	Резервуар для промежуточного хранения	1	
7	Резервуар для деминерализованной сыворотки	2	
8	Электродиализная установка	1	
9	Вакуум-выпарна установка	1	
10	Винтовой насос	2	
11	Кристаллизатор	1	
12	Распылительная сушилка	1	
13	Бункер	1	
14	Резервуар для сбора казеиновой пыли	1	
15	Резервуар для сбора подсырных сливок	1	

Рисунок 1 – Аппаратурно-процессовая схема производства сухой деминерализованной творожной сыворотки с элементами системы управления качеством (ХАССП)

Figure 1 – The hardware-process scheme for the production of dry demineralized cottage cheese whey with elements of a quality management system

Таблица 1 – Физико-химические показатели сыворотки молочной деминерализованной сухой

Table 1 – Physico-chemical indicators of demineralized dry milk whey

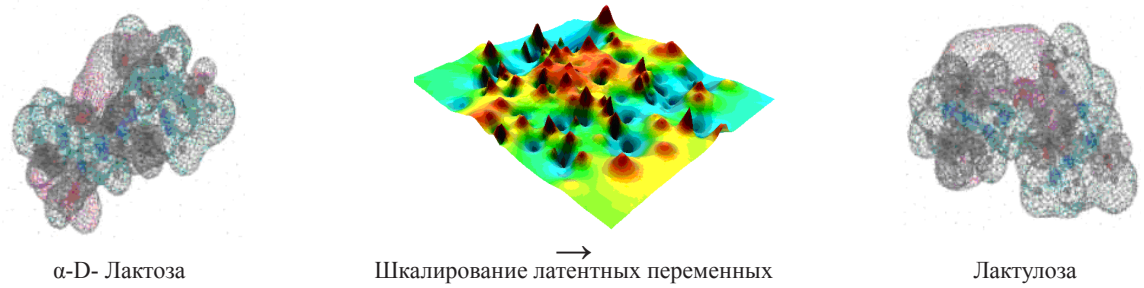
Показатель	Значение показателей для сыворотки деминерализованной						
	Подсырной с уровнем деминерализации, %						Творожной с уровнем деминерализации 70 %
	20	30	40	50	70	90	
Массовая доля влаги, %, не более					4,0		
Массовая доля золы, %, не более	7,2	6,3	5,4	4,5	3,0	1,0	3,8
Титруемая кислотность, °Т, не более	25			20			40
Индекс растворимости, сырого осадка см, не более	0,3						0,5

техническое и информационное сопровождение инновации. Ждем отечественного электродиализного и нано фильтрационного оборудования [20, 21].

Следующая новация этого же творческого коллектива СКФУ со Стратегическим Партнером – молочный комбинат «Ставропольский» (МКС). На паритетных началах (государство – бизнес) и по инициативе ректора СКФУ Левитской А. А. и генерального директора МКС Анисимова С. В. – создание производства высококачественной лактозы (пищевой и фармакопейной) [22]. По нашей отечественной технологии, забытой с советских времен [23] и реанимированной на симпозиуме Международной Молочной Федерации (ММФ) – Россия, Москва, май 2007 [24], молочный комбинат, как птицу-феникс, создает пока единственное и уникальное производство лактозы с использованием отечественного (создается) и импортного (закуплено) оборудования. Суть инновации опубликована [25]. Надеемся, что Россия вновь станет производителем молочного сахара (лактозы) с полным импортозамещением и возможностью экспорта.

После лактозы (сахара жизни) просится «на свет чудо из молока» – лактулоза.

Профессор **С. А. Рябцева** с учениками [26–28] и ее продолжатель профессор **А. В. Серов** [29] обеспечили научно-техническую базу премии Правительства РФ в области науки и техники по производству пребиотика № 1 в мире и его использование в продуктах функционального назначения – напитках (в т. ч. алкогольных), мед- и ветпрепаратах. Работа проведена в содружестве с творческим коллективом



Превращение лактозы в лактулозу со срезом шкалирования по методологии нейронных сетей

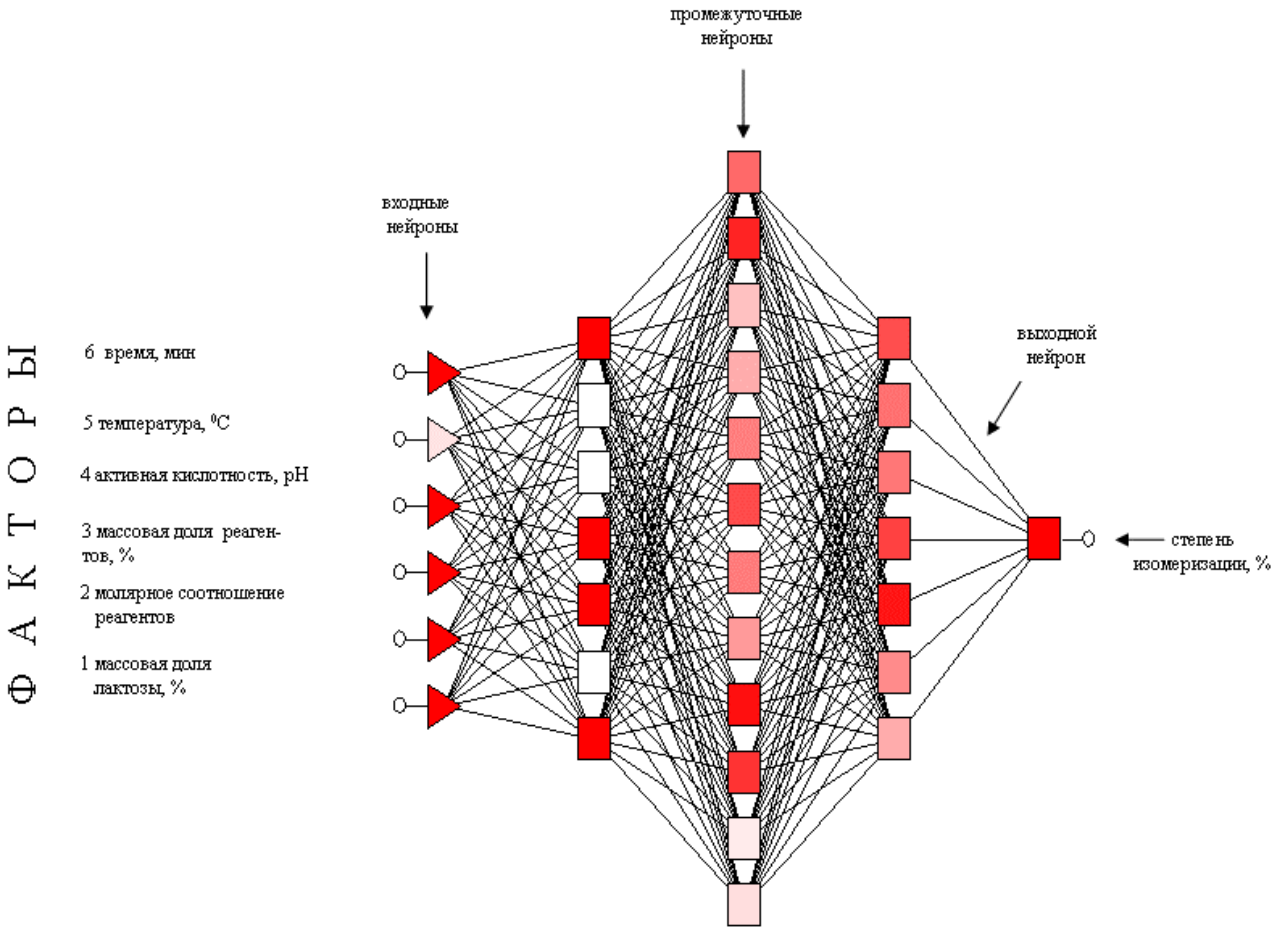


Рисунок 2 – Нейросетевое моделирование и персептрон множественности процесса изомеризации лактозы в лактулозу

Figure 2 – Neural network modeling and perceptron of the multiplicity of the process of isomerization of lactose into lactulose

из 14 человек. Наш коллега доктор технических наук **Г. Б. Гаврилов** обеспечил научное сопровождение инновации, её внедрение [30–32]. А доктор технических наук **Д. В. Харитонов** (Москва, институт РАН ВНИМИ) получил лактулозу в сухом виде [33, 34]. Механизм нейросетевого моделирования и многослойный персептрон процесса изомеризации лактозы в лактулозу приведен на рис. 2.

В табл. 2 произведена выборка из массива виртуальных опытов по изомеризации лактозы в лактулозу комплексным катализатором.

Следует обратить внимание, что по ранее полученным данным реагентной и безреагентной изомеризации степень превращения лактозы в лактулозу (выход) не превышала 50 %. Теоретически возможный уровень выше 90 %. Таково значение нейросетевого моделирования тривиальных процессов технологии в системе Гипер-Хим, используемый на практике в нашем творческом коллективе (цифровые супертехнологии на протонном уровне с применением лазера).

Профессор **С. А. Емельянов,** используя биотехнологическую платформу генетики, научно обосновал и практически разработал систему кондиционирования молочного сырья до технологической обработки в условиях

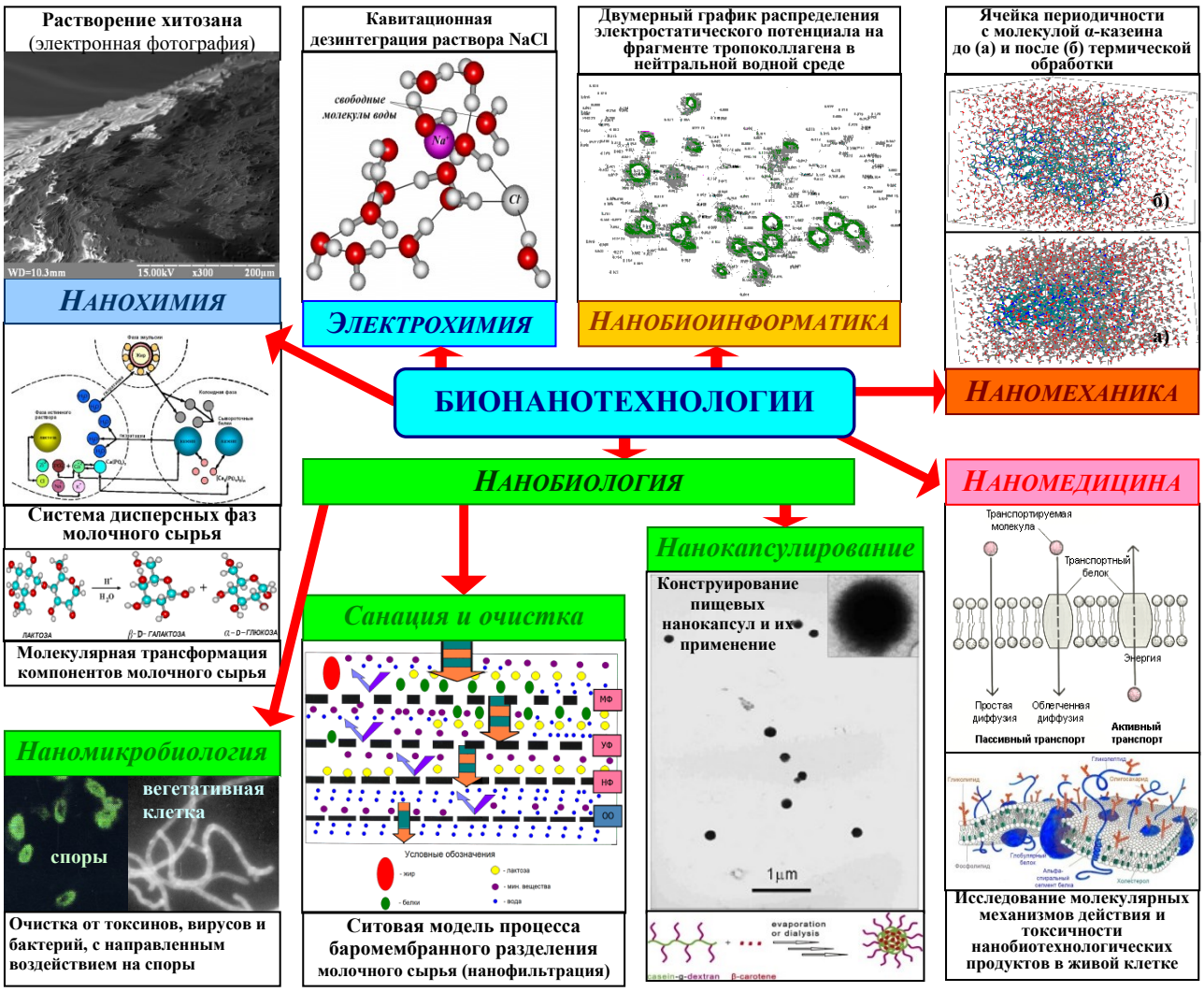


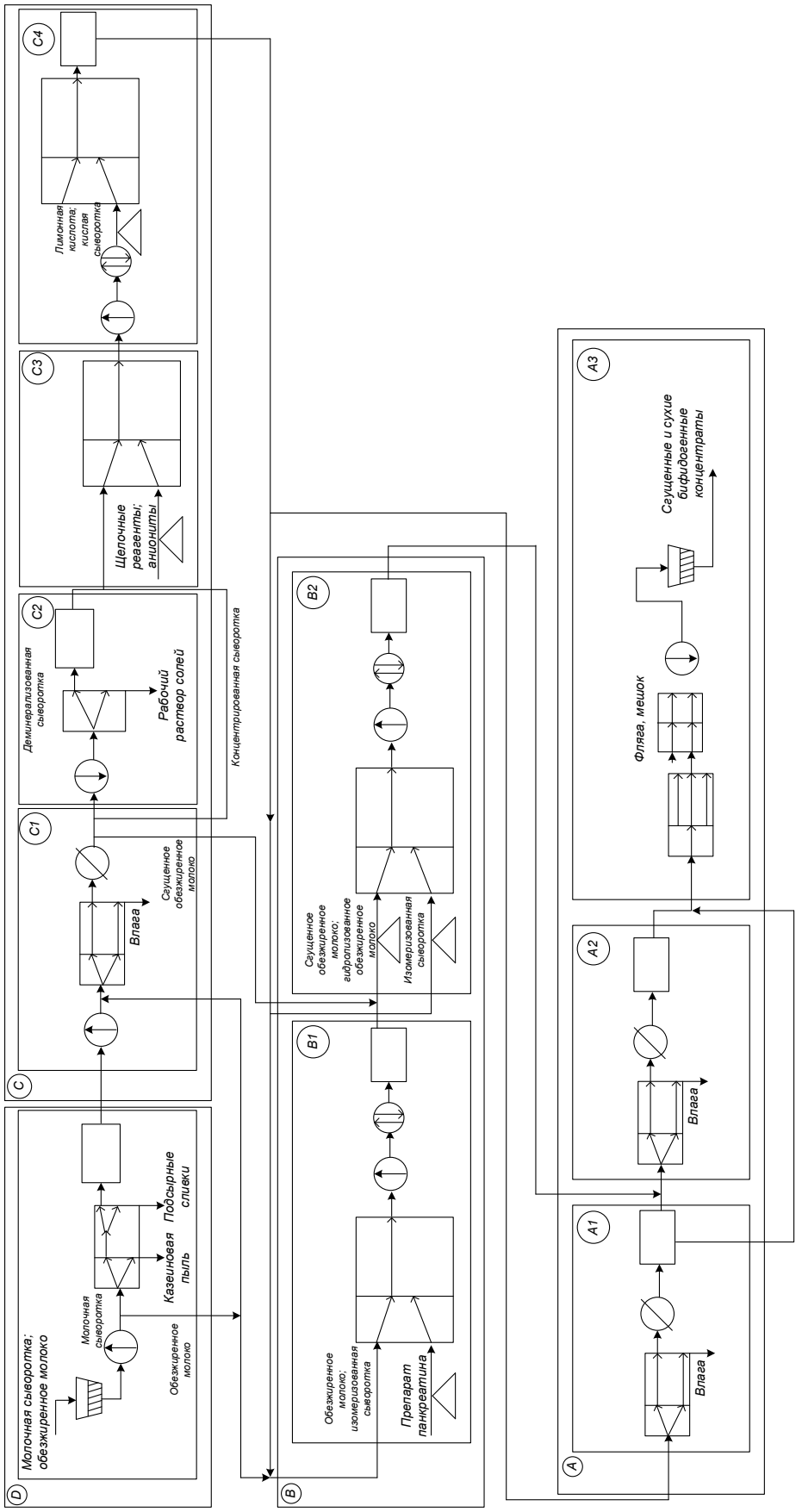
Рисунок 3 – Инновационные бионаномембранные технологии пищевых производств

Figure 3 – Innovative bionanomembrane food production technologies

Таблица 2 – Выборка из массива виртуальных опытов по изомеризации лактозы в лактулозу комплексным катализатором

Table 2 – Sample from the array of virtual experiments on the isomerization of lactose into lactulose with a complex catalyst

Опыт	Лактоза, %	H_3BO_3/лактоза	Na_2SO_3	pH	T °C	Время	Выход
1	48,92142	1,761295	2,276101	11,95653	66,99793	26,16765	95,28877
20	40,72835	1,8478	4,665853	11,8426	68,47873	11,20654	93,66193
40	31,02365	1,872706	1,756898	11,40414	64,19588	48,46972	91,5519
50	49,99214	1,702686	3,931825	11,69242	72,06526	12,75055	90,46055
60	19,37833	1,873551	4,559601	11,5751	55,6818	47,69055	89,69267
120	15,05969	1,882083	4,195977	11,18283	73,1721	43,92593	84,95797



D – Молочная сыворотка; обезжиренное молоко Молочная сыворотка Обезжиренное молоко Казеиновая пыль Подсырные сливки
C C1 Влага Сгущенное обезжиренное молоко C2 Деминерализованная сыворотка Рабочий раствор солей C3 Щелочные реагенты;анониты C4 Лимонная кислота; кислая сыворотка
B B1 Обезжиренное молоко; изомеризованная сыворотка Препарат панкреатина B2 Сгущенное обезжиренное молоко; гидролизованное обезжиренное молоко
A A1 Влага A2 Влага A3 Фляга, мешок Сгущенные и сухие бифидогенные концентраты

D Milk whey; skimmed milk Milk whey Skimmed milk Casein dust Cranberry cream
C C1 Moisture Condensed skimmed milk C2 Demineralized whey Working saline solution
C3 Alkaline reagents; anion exchangers C4 Citric acid; sour whey
B B1 Skimmed milk; isomerized whey Pancreatin B2 Condensed skimmed milk; hydrolyzed skimmed milk
A A1 Moisture A2 Moisture A3 Flask, bag Condensed and dry bifidogenic concentrates

Рисунок 4 – Операторная модель получения бифидогенных концентратов на основе молочной сыворотки

Figure 4 – Operator model for obtaining bifidogenic whey-based concentrates

долговременного хранения в производственных условиях. Суть проблемы – «порча» молока-сырья, обезжиренного молока и молочной сыворотки при длительном хранении при низкой температуре за счет действия психрофилов и спор – «порок горечи и скисание». Санация тепловой обработкой (технологический термин термизация) при пониженных (против пастеризации и стерилизации) температурах без выдержки позволяет инактивировать психрофилов [35, 36]. Для кондиционирования необходима санация спор с их «проращиванием и инактивацией – отдельная, пока не решенная проблема отраслевого масштаба. В целом по теме разработана логистическая схема применения современных бионаномембранных технологий в молочной промышленности, приведенная на рис. 3. Она достойна отдельного рассмотрения в рамках новой генерации профессионалов для пищевой индустрии АПК.

Профессор (ранее стипендиат Сороса) **А. Д. Лодыгин с учениками** (бакалавры, магистры, студенты и аспиранты) в результате многолетних целенаправленных исследований разработали систему получения пребиотических концентратов на основе молочной сыворотки и ее компонентов (лактоза и сывороточные белки) сложного состава для продуктов функционального питания и кормовых средств нового поколения, также функционального назначения [37–41] с регулируемым углеводным, аминокислотным и минеральным составами. Создан научно-технический задел для отрасли в преддверии нового технологического уклада [8, 9]. На рис. 4 приведена операторная модель производства пребиотических концентратов с бифидогенными свойствами.

В табл. 3 приведен сравнительный состав бифидогенных концентратов и сухой молочной сыворотки. Заметная разница.

На рис. 5 показаны результаты маркетингового исследования возможного рынка пребиотических концентратов для полного импортозамещения внутри страны с возможным экспортом в страны ближнего и дальнего зарубежья. Молочный комбинат «Ставропольский» имеет определенный опыт по всем упомянутым позициям [27, 42, 43].

Массив других новаций нашей научной школы (творческого коллектива, преданного отраслям пищевой индустрии АПК во все и особенно тяжкие времена с 1980 г.) достаточно подробно опубликован в открытой печати, зарегистрирован в патентах СССР и РФ, нормативных документах, прошел апробацию в диссертационных Советах и тиражирован на отраслевом уровне в Отечестве и за рубежом. Проблемные вопросы от загадки «почему молоко БЕЛОЕ» до использования 3D-принтера с целью синтеза, например, из молочной сыворотки, особенно соленого аналога огурца (сухие вещества идентичны, нутриентный состав аналогичен – дело за структурой) остаются и ждут энтузиастов исследователей, читателей нашего журнала в стране и за рубежом.

Выводы

В системном виде предпринята попытка критически оценить персонифицированный вклад некоторых членов творческого коллектива ведущей научной школы федерального уровня «Живые Системы» при Северо-Кавказском федеральном университете в научно-технический прогресс пищевой индустрии АПК на примере универсального сельскохозяйственного сырья – тривиальной молочной сыворотки.

Изложены результаты исследований отраслевого уровня по пяти номинациям: сухая деминерализованная молочная сыворотка; лактоза высокого качества – пищевая и фармакопейная; лактулоза; кондиционирование молочного сырья до технологической обработки; линейка пребиотических концентратов.

В целом реализация концепции бионаномембранных технологий в рамках технологического прорыва и преддверии нового (шестого) технологического уклада на приведенной фактуре исследований и продуктов позволяют, в рамках «федеральной площадки», заявить о нашем вкладе в кадровое, научное и информационное обеспечение отраслей пищевой индустрии в плане инновационных приоритетов продовольственной независимости Российской Федерации и ее регионов.

Таблица 3 – Средний химический состав опытных образцов сухого бифидогенного концентрата и молочной сыворотки

Table 3 – The average chemical composition of the experimental samples of dry bifidogenic concentrate and whey

Наименование показателя	Среднее значение и пределы колебаний	
	бифидогенный концентрат	сухая сыворотка (аналог)
Массовая доля сухих веществ, %	94,5 ± 0,4	95,2 ± 0,2
в том числе: β-лактозы, %	38,4	46,0 ± 1,5
α-лактозы, %	10,8 ± 1,5	24,0 ± 1,5
лактулозы, %	15,5 ± 2,0	–
белка, %	8,9 ± 1,3	11,5 ± 1,5
минеральных веществ, %	14,1 ± 2,5	6,6 ± 1,5

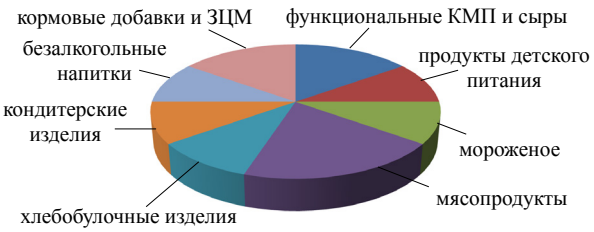


Рисунок 5 – Сегментация рынка пребиотических концентратов

Figure 5 – Segmentation of the market for prebiotic concentrates

Конфликт интересов

Конфликта интересов нет – исключён и проверен временем с 1980г.

Благодарности

Благодарю всех уважаемых коллег, упомянутых в статье, за предоставленную информацию и понимание окончательной редакции.

Финансирование

Выполнении научно-исследовательских разработок по теме «Создание высокотехнологичного производства лактозы для фармацевтической и пищевой отраслей промышленности» осуществляется СКФУ совместно с АО Молочный комбинат «Ставропольский» при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241.

Список литературы

1. Липатов, Н. Н. Молочная промышленность в XXI веке / Н. Н. Липатов // Вопросы питания. – 1994. – № 6. – С. 39–42.

2. XI Съезд Российского союза ректоров. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Выступления на пленарном заседании. – Режим доступа: http://kremlin.ru/events/president/news/57367. – Дата обращения: 12.05.18

3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».

4. Гревцов, О. В. Текущее состояние и перспективы внедрения НДТ / О. В. Гревцов, М. А. Волосатова // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 27–28.

5. Перспективы перехода на принципы наилучших доступных технологий / А. А. Кузин, Н. Г. Острецова, Л. А. Буйлова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 29–31.

6. Кузин, А. А. К вопросу внедрения наилучших доступных технологий / А. А. Кузин, В. А. Грунская // Переработка молока. – 2017. – Т. 217, № 11. – С. 14–17.

7. Методические рекомендации по наилучшим доступным технологиям пищевой промышленности / А. Г. Храмцов, А. А. Брацихин, А. А. Борисенко [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2018. – 52 с.

8. Горлов, И. Ф. Инновационные аграрно-пищевые технологии, как основа развития АПК России / И. Ф. Горлов // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 7–12.

9. Храмцов, А. Г. Научные основы нового технологического уклада молочной промышленности / А. Г. Храмцов. – Beau-Bassin : LAP LAMBERT, 2017. – 117 с.

10. Заворохина, Н. В. Молочная сыворотка, продлевающая жизнь / Н. В. Заворохина, Ю. И. Богомазова // Молочная промышленность. – 2018. – № 9. – С. 62–64. DOI: https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-62-64.

11. Луфф, С. Сыворотка как средство укрепления иммунитета / С. Луфф // Переработка молока. – 2006. – № 2. – С. 39–41.

12. Жидков, В. Е. Развитие биотехнологических аспектов производства альтернативных вариантов тонизирующих напитков на основе молочного лактозосодержащего сырья : дис. … д-ра техн. наук: 05.18.04 / Жидков Владимир Евдокимович. – М., 2001. – 50 с.

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

14. Храмцов, А. Г. Новации молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2016. – 490 с.

15. Биомембранные технологии научной школы «ЖИВЫЕ СИСТЕМЫ» СКФУ / А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Емельянов [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2014. – 126 с.

16. Трухачёв, В. И. Инновационная составляющая биомембранной технологии молочных продуктов нового поколения / В. И. Трухачев, В. В. Молочников, А. Г. Храмцов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 5. – С. 3–7.

17. Евдокимов, И. А. Деминерализация творожной сыворотки / И. А. Евдокимов, Д. Н. Володин, В. К. Топалов // Молочная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 22.

18. Импортозамещающая технология сухой деминерализованной молочной сыворотки масштабирована в отрасли / И. А. Евдокимов, М. С. Золотарёва, Д. Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. – 2014. – № 11. – С. 60–61.

19. Современные экономические и технологические проблемы производства сухой молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, А. С. Бессонов, Д. Н. Володин [и др.] // Молочная река. – 2010. – Т. 34–35, № 2–3. – С. 54–56.

20. Евдокимов, И. А. Электродиализ молочной сыворотки / И. А. Евдокимов, Н. Я. Дыкало, А. В. Пермяков. – Георгиевск : Георгиевский технологический институт (филиал) СКФУ, 2009. – 245 с.

21. Классический и биполярный электродиализ в инновационных технологиях переработки творожной сыворотки / И. А. Евдокимов, Л. И. Толмачев, А. Д. Бондарчук [и др.] // Молочная промышленность. – 2018. – № 9. – С. 69–73. DOI: https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-69-72.

22. Реализация стратегического партнёрства Молочного Комбината «Ставропольский» и Северо-Кавказского федерального университета» по комплексному федеральному проекту «Лактоза» в рамках национальной технологической инициативы / А. А. Левитская, С. В. Анисимов, А. Г. Храмцов [и др.] // Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2017. – Т. 62, № 5. – С. 16–25.

23. Храмцов, А. Г. Молочный сахар / А. Г. Храмцов. – М. : Агропромиздат, 1987. – 224 с.

24. Международный симпозиум ММФ «Лактоза и ее производные», региональная конференция ММФ «Кисломолочные продукты — технологии и питание» : тезисы докладов. – М. : НОУ «Образовательный научно-технический центр молочной промышленности», 2007. – 402 с.

25. Компьютерная конвергенция технологических решений производства лактозы. Традиционный способ / А. Г. Храмцов, В. А. Ермаков, С. А. Рябцева [и др.] // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2018. – Т. 64, № 1. – С. 44–49.

26. Рябцева, С. А. Разработка физико-химических основ технологии лактулозы : дис. … д-ра техн. наук: 05.18.04/ Рябцева Светлана Андреевна. – Ставрополь, 2000. – 384 с.

27. Технология продуктов из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмцов, С. В. Василисин, С. А. Рябцева [и др.]. – СПб. : ГИОРД, 2009. – 424 с.

28. Рябцева, С. А. Технология лактулозы / С. А. Рябцева. – М. : ДеЛи принт, 2003. – 232 с.

29. Серов, А. В. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования химико-технологических проблем получения, определения и использования лактозы и ее производной лактулозы : дисс. … д-ра техн. наук : 05.18.04 / Серов Александр Владимирович. – Ставрополь, 2004. – 39 с.

30. Справочник по переработке молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, А. Ю. Просеков, Э. Ф. Кравченко [и др.] – СПб. : Профессия, 2015. – 176 с.

31. Гаврилов, Г. Б. Современные аспекты переработки молочной сыворотки мембранными методами / Г. Б. Гаврилов. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2004. – 160 с.

32. Гаврилов, Г. Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создание продуктов с функциональными свойствами / Г. Б. Гаврилов. – М. : Издательство Россельхозакадемии, 2006. – 135 с.

33. Харитонов, Д. В. Научно-практические аспекты совершенствования технологий пробиотических бактериальных концентратов и пребиотика лактулозы для создания синбиотических молочных продуктов: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.18.04 / Харитонов Дмитрий Владимирович. – Москва, 2012. – 48 с.

34. Способы получения сухой лактулозы / В. Д. Харитонов, Ю. И. Филатов, Д. В. Харитонов [и др.] // Молочная промышленность. – 2000. – № 4. – С. 17–18.

35. Емельянов, С. А. Теоретическое обоснование и экспериментальные исследования технологических аспектов бактериальной санации молочного сырья в условиях реального биоценоза : автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.18.07 / Емельянов Сергей Александрович. – Ставрополь, 2008. – 38 с.

36. Храмцов, А. Г. Инновационные приоритеты и практика технологической платформы модернизации молочной отрасли АПК : монография / А. Г. Храмцов. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2015. – 260 с.

37. Лодыгин, А. Д. Разработка инновационных технологий пребиотических концентратов на основе вторичного молочного сырья: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.04 / Лодыгин Алексей Дмитриевич. – Ставрополь, 2012. – 388 с.

38. Инновационные технологии продуктов на основе биокластеров молочной сыворотки / А. Д. Лодыгин, А. Г. Храмцов, Д. Н. Лодыгин [и др.]. – Ставрополь : ФГАО ВО СКФУ, 2010. – 143 с.

39. Храмцов, А. Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхоз сырья / А. Г. Храмцов, В. Н. Сергеев // Аграрно-пищевые инновации. – 2018. – Т. 2, № 2. – С. 15–20. DOI: https://doi.org/10.31208/2618-7353-2018-1-2-15-20.

40. Храмцов, А. Г. Технология продуктов из молочной сыворотки / А. Г. Храмцов, П. Г. Нестеренко. – М. : ДеЛи принт, 2004. – 592 с.

41. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья / А. Г. Храмцов, И. А. Евдокимов, С. А. Рябцева [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2006. – 288 с.

42. Пономарёв, А. Н. Применение молочной сыворотки в функциональном питании : монография / А. Н. Пономарёв, Е. И. Мельникова, Е. В. Богданова. – Воронеж : ФГБОУ ВПО «ВГУИТ», 2013. –180 с.

43. Мембранные технологии: опыт предприятий // Молочная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 16.

References

1. Lipatov N.N. Molochnaya promyshlennost′ v XXI veke [Dairy industry in the XXI century]. *Problems of Nutrition*, 1994, no. 6, pp. 39–42. (In Russ.).

2. XI S"ezd Rossiyskogo soyuza rektorov. Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskiy universitet Petra Velikogo. Vystupleniya na plenarnom zasedanii [XI Congress of the Russian Union of Rectors at the St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great. The plenary session]. Available at: http://kremlin.ru/events/president/news/57367. (accessed 2 May 2018).

3. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 07.05.2018 g. № 204 "O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2024 goda" [Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018, No. 204 "On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024"].

4. Grevtsov O.V. and Volosatova M.A. Present day situation and prospects for introduction of the best available technologies. *Dairy industry*, 2017, no. 10, pp. 27–28. (In Russ.).

5. Kuzin A.A., Grunskaya V.A., Ostretsova N.G., Builova L.A., and Shohalov V.A. Perspectives of transition on the principles of the best available technologies. *Dairy industry*, 2017, no. 10, pp. 29–31. (In Russ.).

6. Kuzin A.A. and Grunskaya V.A. K voprosu vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy [On the issue of introducing the best available technologies]. *Milk Processing*, 2017, vol. 217, no. 11, pp. 14–17. (In Russ.).

7. Khramtsov A.G., Bratsikhin A.A., Borisenko A.A., et al. *Metodicheskie rekomendatsii po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam pishchevoy promyshlennosti* [Methodical recommendations on the best available technologies of the food industry]. Stavropol: NCFU Publ., 2018. 52 p. (In Russ.).

8. Gorlov I.F. Innovative agrarian and food technologies as a basis of development of agro-industrial complex of Russia. *Agrarian and Food Innovations*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 7–12. (In Russ.).

9. Khramtsov A.G. *Nauchnye osnovy novogo tekhnologicheskogo uklada molochnoy promyshlennosti* [The scientific basis of the technological structure of the dairy industry]. Beau-Bassin: LAP LAMBERT Publ., 2017. 117 p. (In Russ.).

10. Zavorohina N.V. and Bogomazova Yu.I. Milk whey that prolongs life. *Dairy industry*, 2018, no. 9, pp. 62–64. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-62-64.

11. Luff S. Syvorotka kak sredstvo ukrepleniya immuniteta [Serum as a means of immune system improvement]. *Milk Processing*, 2006, no. 2, pp. 39–41. (In Russ.).

12. Zhidkov V.E. *Razvitie biotekhnologicheskikh aspektov proizvodstva al'ternativnykh variantov toniziruyushchikh napitkov na osnove molochnogo laktozosoderzhashchego syr'ya. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of biotechnological aspects of the production of alternative options for tonic drinks based on milk-and lactose-containing raw materials. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2001. 50 p.

13. Khramtsov A.G. *Fenomen molochnoy syvorotki* [The phenomenon of whey]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2011. 804 p. (In Russ.).

14. Khramtsov A.G. *Novatsii molochnoy syvorotki* [Novations of whey]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2016. 490 p. (In Russ.).

15. Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Emel′yanov S.A., et al. *Biomembrannye tekhnologii nauchnoy shkoly "ZHIVYE SISTEMY" SKFU.* [Biomembrane technologies of the Living Systems scientific school at the North-Caucasus Federal University]. Stavropol: NCFU Publ., 2014. 126 p. (In Russ.).

16. Trukhachev V.I., Molochnikov V.V., and Khramtsov A.G. Innovative component of biomembrane technology for production of dairy products. *Vestnik of the Russian agricultural sciences*, 2015, no. 5, pp. 3–7. (In Russ.).

17. Evdokimov I.A., Volodin D.N., and Topalov V.K. Demineralization of curds whey. *Dairy industry*, 2012, no. 3, pp. 22. (In Russ.).

18. Evdokimov L.A., Zolotareva M.A., Volodin D.N., et al. The technology of dry demineralized milk whey replacing import has been scaled up in the dairy sector. *Dairy industry*, 2014, no. 11, pp. 60–61. (In Russ.).

19. Evdokimov I.A., Bessonov A.S., Volodin D.N., et al. Sovremennye ehkonomicheskie i tekhnologicheskie problemy proizvodstva sukhoy molochnoy syvorotki [Modern economic and technological problems of dry whey production]. *Molochnaya reka* [Milk river], 2010, vol. 34–35, no. 2–3, pp. 54–56. (In Russ.).

20. Evdokimov I.A., Dykalo N.Ya., and Permyakov A.V. *Ehlektrodializ molochnoy syvorotki* [Whey electrodialysis]. Georgievsk: Georgievsk Technological Institute (branch) of NCFU Publ., 2009. 245 p. (In Russ.).

21. Evdokimov I.A., Tolmachev L.I., Bondarchuk A.D., Kravtsov V.A., and Darzhaniya B.A. Classical and bipolar electrodialysis in the innovative technologies of curds whey processing. *Dairy industry*, 2018, no. 9, pp. 69–73. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-9-69-72.

22. Levitskaya A.A., Anisimov S.V., Khramtsov A.G., et al. Realization of strategic partnership of JSC dairy plant "Stavropolsky" and NCFU on complex federal project of "Lactose" in the framework of the national initiative. *Newsleter of North-Caucasus State Technical University*, 2017, vol. 62, no. 5, pp. 16–25. (In Russ.).

23. Khramtsov A.G. *Molochnyy sakhar* [Milk sugar]. Moscow: Agropromizdat Publ., 1987. 224 p. (In Russ.).

24. Mezhdunarodnyy simpozium MMF "Laktoza i ee proizvodnye", regional'naya konferentsiya MMF "Kislomolochnye produkty — tekhnologii i pitanie" : tezisy dokladov [International symposium of MFF "Lactose and its derivatives", regional conference of the MFF "Fermented milk products – technologies and nutrition": abstracts]. Moscow, 2007, 402 p.

25. Khramtsov A.G., Ermakov V.A., Ryabtseva S.A., et al. Computer-based convergence of lactose manufacturing technological decisions. Traditional way. *Newsleter of North-Caucasus State Technical University*, 2018, vol. 64, no. 1, pp. 44–49. (In Russ.).

26. Ryabtseva S.A. *Razrabotka fiziko-khimicheskikh osnov tekhnologii laktulozy. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of the physicochemical basis of lactulose technology. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2000. 384 p.

27. Khramtsov A.G., Vasilisin S.V., Ryabtseva S.A., and Vorotnikova T.S. *Tekhnologiya produktov iz vtorichnogo molochnogo syr'ya.* [Technology of products obtained from secondary dairy raw materials]. St. Petersburg: GIORD Publ., 2009. 424 p. (In Russ.).

28. Ryabtseva S.A. *Tekhnologiya laktulozy* [Lactulose technology]. Moscow: DeLi print Publ., 2003. 232 p. (In Russ.).

29. Serov A.V. *Teoreticheskoe obosnovanie i ehksperimental'nye issledovaniya khimiko-tekhnologicheskikh problem polucheniya, opredeleniya i ispol'zovaniya laktozy i ee proizvodnoy laktulozy. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical substantiation and experimental studies of chemical and technological problems of obtaining, determining, and using lactose and its derivative lactulose. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2004. 39 p.

30. Gavrilov G.B., Prosekov A.Yu., Kravchenko Eh.F., and Gavrilov B.G. *Spravochnik po pererabotke molochnoy syvorotki* [Handbook of whey processing]. St. Petersburg: Professiya Publ., 2015. 176 p. (In Russ.).

31. Gavrilov G.B. *Sovremennye aspekty pererabotki molochnoy syvorotki membrannymi metodami* [Modern aspects of whey processing by membrane methods]. Kemerovo: Kuzbassvuzuzdat, Publ., 2004. 160 p. (In Russ.).

32. Gavrilov G.B. *Tekhnologii membrannykh protsessov pererabotki molochnoy syvorotki i sozdanie produktov s funktsional'nymi svoystvami* [Membrane whey processing technologies and products with functional properties]. Moscow: Russian Agricultural Academy Publ., 2006. 135 p. (In Russ.).

33. Kharitonov D.V. *Nauchno-prakticheskie aspekty sovershenstvovaniya tekhnologiy probioticheskikh bakterial'nykh kontsentratov i prebiotika laktulozy dlya sozdaniya sinbioticheskikh molochnykh produktov. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Scientific and

practical aspects of improving the technologies of probotic bacterial concentrates and lactulose prebiotic to create synbiotic dairy products. Dr. eng. sci. diss.]. Moscow, 2012. 48 p.

34. Kharitonov V.D., Filatov Yu.I., Kharitonov D.V., et al. Sposoby polucheniya sukhoy laktulozy [Methods of obtaining dry lactulose]. *Dairy industry*, 2000. no. 4, pp. 17–18. (In Russ.).

35. Emel′yanov S.A. *Teoreticheskoe obosnovanie i ehksperimental'nye issledovaniya tekhnologicheskikh aspektov bakterial'noy sanatsii molochnogo syr'ya v usloviyakh real'nogo biotsenoza. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical substantiation and experimental studies of technological aspects of bacterial rehabilitation of dairy raw materials in a real biocenosis. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2008. 38 p.

36. Khramtsov A.G. *Innovatsionnye prioritety i praktika tekhnologicheskoy platformy modernizatsii molochnoy otrasli APK* [Innovative priorities and practice of the technological platform for the modernization of the dairy industry in an agro-industrial complex]. Voronezh: FSBEI HE “VSUET” Publ., 2015. 260 p. (In Russ.).

37. Lodygin A.D. *Razrabotka innovatsionnykh tekhnologiy prebioticheskikh kontsentratov na osnove vtorichnogo molochnogo syr'ya. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Development of innovative technologies for prebiotic concentrates based on secondary dairy raw materials. Dr. eng. sci. diss.]. Stavropol, 2012. 388 p.

38. Lodygin A.D., Khramtsov A.G., Lodygin D.N., et al. *Innovatsionnye tekhnologii produktov na osnove bioklasterov molochnoy syvorotki.* [Innovative technologies of products based on whey bioclusters]. Stavropol: NCFU Publ., 2010. 143 p. (In Russ.).

39. Khramtsov A.G. and Sergeev V.N. Technological breakthrough the agri- food innovation dairy case for example, a universal agricultural raw materials. *Agrarian and Food Innovations*, 2018, vol. 2, no. 2, pp. 15–20. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31208/2618-7353-2018-1-2-15-20.

40. Khramtsov A.G. and Nesterenko P.G. *Tekhnologiya produktov iz molochnoy syvorotki.* [Technology of whey products]. Moscow: DeLi print Publ., 2004. 529 p. (In Russ.).

41. Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Ryabtseva S.A., et al. *Tekhnologiya kormovykh dobavok novogo pokoleniya iz vtorichnogo molochnogo syr'ya* [Technology of feed additives of a new generation from secondary dairy raw materials]. Moscow: DeLi print Publ., 2006. 288 p. (In Russ.).

42. Ponomarev A.N., Melnikova E.I., and Bogdanova E.V. *Using of whey in functional food.* Voronezh: FSBEI HE “VSUET” Publ., 2013. 180 p. (In Russ.).

43. Membrannye tekhnologii: opyt predpriyatiy [Membrane technology: production history]. *Dairy industry*, 2018, no. 10, pp. 16. (In Russ.).

Храмцов Андрей Григорьевич
д-р техн. наук,, профессор, академик РАН, Северо-Кавказский федеральный университет, 355009, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1, e-mail: akhramtcov@ncfu.ru
https://orcid.org/0000-0002-5188-4657

Andrey G. Khramtsov
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355009, Russia, e-mail: akhramtcov@ncfu.ru
https://orcid.org/0000-0002-5188-4657