

Вопросы переработки молочной сыворотки

Елена Васильевна Топникова, д-р техн. наук, зам. директора по научной работе
Татьяна Алексеевна Волкова, канд. техн. наук, научный сотрудник, ученый секретарь
E-mail: vniims@fneps.ru
Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатов РАН, Углич

В чем ценность молочной сыворотки?

Согласно результатам аналитических исследований 2022 года в Российской Федерации было произведено 620 тыс. т сыра и 422 тыс. т творога. Производство этих продуктов сопряжено с получением огромного количества молочной сыворотки (по данным Sreda Consulting ~ 8 млн. т). Пока переработке в нашей стране подвергается около 45 % сыворотки, примерно 41 % скармливается скоту или передается в смежные пищевые отрасли, а часть сбрасывается в сточные воды, как промышленные отходы. Ежегодные потери сыворотки составляют около 1 млн. т. При этом мы теряем ценный продукт, ведь в обезжиренной сыворотке присутствует комплекс белковых, углеводных и минеральных компонентов, определяющих ее полезные свойства и делающих сыворотку весьма ценным сырьем для производства продуктов питания, пищевых концентратов и технических полуфабрикатов. Белки молочной сыворотки, содержащиеся в количестве 0,4–0,6 %, представлены, в основном, лактальбумином и лактоглобулином, которые содержат все незаменимые аминокислоты и относятся к полноценным пищевым белкам. Лактоза, которой в сыворотке содержится ~ 3,5 %, представляет собой уникальный углевод, не встречающийся больше нигде в природе, кроме молочного сырья. В сыворотку из молока практически полностью переходят все водорастворимые витамины. Минеральный комплекс сыворотки фактически соответствует своему содержанию в цельном молоке.

Какие основные направления переработки сыворотки?

На сегодняшний день основными направлениями переработки молочной сыворотки считаются следующие:

- использование в натуральном виде – при производстве напитков, в хлебопечении, в составе кормовых рационов;
- концентрирование – сгущение (вакуум-дистилляция), нанофильтрация, обратный осмос, распылительная сушка;
- выделение отдельных компонентов – жира, лактозы, белков для использования в производстве широкого ассортимента пищевых продуктов;
- биологическая трансформация сывороточных белков и лактозы.

Первые три направления более развиты, в отличие от четвертого, относящегося к процессам глубокой переработки молочного сырья и требующего развития производства и совершенствования технологии.

Как переработать сыворотку с минимальными затратами?

Одним из самых доступных направлений переработки молочной сыворотки, не требующих больших капитальных издержек и энергетических вложений, является изготовление пастеризованной молочной сыворотки и напитков на ее основе. Производство сывороточных напитков выгодно предприятиям совпадением пиков ресурсов сырья и спроса на продукт, что в условиях коэффициента сезонности является решающим плюсом. Потребление пастеризованной молочной сыворотки и напитков является прекрасным выбором для людей всех возрастов, которые стремятся сохранить здоровье, снизить массу тела и повысить общий тонус организма. Пастеризованная сыворотка и сывороточные напитки с добавлением фруктовых соков, цельного и обезжиренного молока, кисломолочных напитков, настоев пряно-ароматических растений, минеральной воды и др. все чаще стали

появляться на полках магазинов и пользуются несомненным спросом у покупателей благодаря освежающему вкусу и очевидной пользе здоровью. Область потребления пастеризованной молочной сыворотки может быть расширена за счет использования ее при изготовлении безалкогольных коктейлей, окрошки, холодных супов, выпечных кондитерских и хлебопекарных изделий. Требования к качеству и безопасности пастеризованной сыворотки и напитков на ее основе установлены ТУ 10.51.55-016-19862939-2021 «Сыворотка молочная пастеризованная и напитки на ее основе» или в технических документах изготовителя, учитывающих региональные вкусовые предпочтения.

Несомненный плюс такого направления в том, что при минимальных затратах на оборудование (емкостное, теплообменное и фасовочное) и низком энергопотреблении можно получить продукт, уже давно и прочно положительно себя зарекомендовавший. Минусом является тот факт, что данное направление позволяет перерабатывать небольшие объемы сыворотки, ограниченные сезонным спросом на такую продукцию. Как известно: большие объемы переработки, требуют и больших капитальных вложений.

Сопутствующим направлением этой переработки является производство продуктов из сывороточных белков, поскольку для получения устойчивых в хранении пастеризованных напитков из сыворотки требуется ее осветление. Здесь производителями целесообразно осваивать технологии продуктов из молочного альбумина по ГОСТ 33956-2016 «Альбумин молочный и пасты альбуминные. Технические условия» или ГОСТ 34357-2017 «Сыры сывороточно-альбуминные. Технические условия», а также вовлекать это ценное сырье в технологию иных белково-жировых продуктов, производимых по ГОСТ 31690-2013 «Сыры плавленые. Общие технические условия» или ГОСТ Р 59212-2020 «Сыры для пиццы термизированные. Технические условия».

Сгущение и сушка – это основные направления переработки сыворотки в РФ?

Это действительно так и не только в России, но и во всем цивилизованном мире, как на сегодняшний день, так и на грядущую перспективу. Ежегодно объемы переработки молочной сыво-

ротки на сухие концентраты в Российской Федерации нарастают. Сухая сыворотка производится по ГОСТ 33958-2016. Объемы производства в РФ сухих концентратов из сыворотки в пересчете на сухую сыворотку постоянно растут: 2018 – 141 тыс. т; 2019 – 156 тыс. т; 2020 – 173 тыс. т; 2021 – 185 тыс. т; 2022 – 198 тыс. т. За последние годы, благодаря более активному вовлечению сыворотки в переработку, доля импорта сухой сыворотки снизилась. По итогам 2022 г. количество импорта составило 30 тыс. т в год.

Это направление дает возможность полного использования сухих веществ сыворотки и позволяет перерабатывать сыворотку в хранимоспособные, удобные при транспортировании и использовании полуфабрикаты, отличающиеся повышенной пищевой и биологической ценностью. Масса продукта уменьшается при этом в 18–20 раз. И это несомненный плюс.

Успешный опыт переработки сыворотки в производство сухой и сухой деминерализованной сыворотки имеют предприятия РФ: АО «МИЛКОМ» (ООО «Казанский молочный комбинат», ПП «Кезский сырзавод», ПП «Глазов-молоко»); АО «Белебеевский Ордена «Знак Почета» молочный комбинат»; ООО «Ува-молоко»; ЗАО «Томмолоко»; ООО «Еланский сыродельный комбинат»; АО «ВБД», ООО «БЕЛМИЛК»; ЗАО «Сыродельный комбинат «Ленинградский», АО «Сыркокомбинат «Тихорецкий», Молочный комбинат Лабинский – филиал АО «Данон Россия», ООО «Сыры Кубани»; АО «Молочный комбинат Ставропольский»; ООО «Юговской Комбинат Молочных Продуктов»; ООО «ТД «Киприно» и многие другие.

А в чем минусы этих направлений? Не всегда качество сухой сыворотки удовлетворяет требованиям потребителей. Не каждое предприятие может приобрести дорогостоящую распылительную сушилку (новую или на вторичном рынке), предназначенную для сушки молочной сыворотки. В таком случае предприятия приспособливают сушилки, предназначенные для сушки цельного и обезжиренного молока. Но не будем забывать о высоком удельном показателе содержания лактозы в сыворотке. Чтобы сыворотка при сушке не налипала на стенки сушильной башни и не подгорала, необходимо снизить паспортную производительность «приспособленных» сушилок, иногда на 20–30 %. Какой выход? Использовать инстантайзер или двухстадийную

сушку. Вторая стадия сушки молочной сыворотки, а точнее досушка в псевдокипящем слое, открывает новые возможности перед производителями. При наличии второй стадии сушки появляется возможность значительно снизить температуру воздуха в сушильной башне, что уменьшит подгорание продукта и налипание его на стенки башни. Особенность технологического процесса состоит в том, что после сушильной башни обработанная в щадящем температурном режиме сыворотка имеет сравнительно высокую влажность и досушивается в псевдокипящем слое, что позволяет получать продукт высокого качества, не подвергая высокотемпературному воздействию лактозу и белки, и одновременно экономить энергоносители. Мультистадийные сушилки, имеющие интегральный «кипящий слой» или/и внешний вибрирующий «кипящий слой», позволяют высушивать сыворотку в еще более щадящем режиме – при низких температурах и получать сухую сыворотку высочайшего качества, полностью соответствующую мировым стандартам качества.

Какие еще есть способы улучшения качества сухой сыворотки?

Улучшить качество сухой молочной сыворотки можно за счет введения стадии кристаллизации лактозы. Кристаллизация значительно облегчает процесс сушки в виде уменьшения наложения продукта на стенках сушильной башни и пневмокоммуникаций. В итоге получают высококлассный полуфабрикат со сниженной гигроскопичностью и отличной растворимостью.

Установка систем баромембранного и электро-мембранного разделения дает предприятиям еще одну идеальную возможность повышения качества получаемой сухой сыворотки. Процессы деминерализации (нанофильтрация и электродиализ) позволяют получать сгущенную и сухую обеззольненную сыворотку, отличающуюся улучшенными органолептическими показателями (прежде всего, во вкусе сыворотки пропадают пугающие потребителя «сывороточные тона»). В конечном итоге сухой продукт имеет невысокую зольность, оптимально сниженную титруемую кислотность, хорошую сыпучесть, фактическое отсутствие комкования и максимально приближен к мировым нормативам соответствия. Требования к качеству и безопасности деминерализованной молочной сыворотки изло-

жены в национальном стандарте ГОСТ Р 56833-2015 «Сыворотка молочная деминерализованная. Технические условия»; ТУ 10.51.56-204-19862939-2014 «Концентрат сыворотки молочной деминерализованной». Требования к качеству и безопасности сухой деминерализованной молочной сыворотки изложены в ТУ 10.51.55-203-19862939-2013 «Сыворотка молочная деминерализованная сухая».

Значительно облегчить процесс сушки молочной сыворотки и разнообразить ассортимент концентратов на ее основе возможно за счет введения наполнителей (обезжиренного молока, пахты, яичного меланжа, пшеничной, ржаной, гречневой и других видов муки). При этом можно добиться не только паспортной производительности сушильных установок, но и основательно улучшить органолептические свойства сухого продукта. Требования к качеству и безопасности сухих концентратов на основе молочной сыворотки изложены в ТУ 10.51.56-205-19862939-2014 «Концентраты из подсырной сыворотки сухие», ТУ 10.51.56-143-19862939-2003 «Концентраты на основе вторичного молочного сырья сухие» и ТУ 10.51.56-081-19862939-2008 «Смесь сухая молочная обезжиренная».

Сухая сыворотка используется в производстве молочных продуктов, мороженого, майонеза, макаронных изделий, в хлебопекарной, кондитерской отраслях промышленности, при изготовлении заменителей цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных, птицы и домашних питомцев.

Выделение из сыворотки отдельных компонентов

В последние три десятилетия большие объемы молочной сыворотки подвергаются переработке с целью выделения и использования уникальных по пищевой и биологической ценности сывороточных белков. Ультрафильтрация позволяет выделять белки в неденатурированном (нативном) состоянии. Концентраты сывороточных белков максимально сохраняют свои бесценные, заложенные самой природой свойства, сфера их применения может быть значительно расширена за счет возможности использования в составе детских, диетических, лечебных продуктов и продуктов спортивного и геродиетического питания. Освоение производства концентратов сывороточных белков молочными предпри-

ятиями России позволит решить насущные задачи современности – сократить импорт функциональных продуктов, усилить продовольственную безопасность страны, создать отечественное поколение продуктов здорового питания для детерминированных групп населения, сохранить генофонд нации и гарантировать ее активное долголетие. Требования к качеству и безопасности сухих концентратов сывороточных белков изложены в национальном стандарте ГОСТ Р 53456-2022 «Концентраты сывороточных белков сухие. Технические условия».

Самым распространенным способом выделения белков остается тепловая коагуляция с последующим отстаем, прессованием или концентрированием при помощи сепаратора. В результате получают белковый концентрат – альбумин, получивший свое название благодаря лактоальбуминовой фракции, преобладающей по количеству в составе белков молочной сыворотки. Требования к качеству и безопасности молочного альбумина изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 33956-2016 «Альбумин молочный и пасты альбуминовые. Технические условия». Альбумин – высококачественный белковый полуфабрикат, представляющий собой концентрат наиболее ценных белков молока, предназначен для использования в качестве белкового компонента-обогапителя творожных изделий, сырных, альбуминовых и творожных паст, белковых десертов, натуральных и плавленых сыров, колбасных изделий, мясных и рыбных паштетов.

Альбуминовые пасты, вырабатываемые согласно ТИ к ГОСТ 33956-2016, предназначены для реализации альбумина в виде высокобелкового продукта, обогащенного натуральными вкусовыми и ароматическими наполнителями. В зависимости от вида вносимых вкусовых ингредиентов паста выпускается десертного (сладкая) и пикантного (соленая) назначения.

Технологии глубокой переработки сыворотки

Наряду с растворимыми концентратами нативных сывороточных белков, получаемых методом ультрафильтрации, в последнее время повысился интерес к отдельным фракциям сывороточных белков, играющих важную физиологическую роль в организме. В частности, такие фракции сывороточных белков, выделенные в чистом виде, как ангиогенин, имму-

ноглобулины, лактоферрин, лактопероксидаза, гликомакропептид представляют большой интерес для медицины. Реальные практические возможности для этого открывает использование каскадной мембранной фильтрации, а также селективной сорбции – десорбции с помощью ионообменных смол.

Определенный интерес представляет ферментативный гидролиз сывороточных белков, наиболее богатых аминокислотами. Гидролизаты различной глубины находят полезное применение в детском, лечебном и диетическом питании.

Одним из несомненных достижений последних 40 лет считается расширение с 20 до 200 и более наименований перечня компонентов сыворотки, которые отвечают критерию извлекаемости и питательной ценности. Основная причина этого – признание того, что отдельные компоненты, содержащиеся в сыворотке в незначительных количествах, представляют интерес при изготовлении медицинских и косметических средств, имеют уникальную питательную и биологическую ценность, обладают специфическими функциональными свойствами.

Хотелось бы еще раз обратить внимание на такой ценный углевод сыворотки как лактоза. Биологическая и физиологическая ценность лактозы обусловила необходимость получения ее в виде продукта специального назначения – молочного сахара, который массово используется при производстве лекарственных препаратов, антибиотиков, микробиологических сред, продуктов детского питания на молочной основе, продуктов для диабетиков, других пищевых продуктов и на технические нужды. Требования к качеству и безопасности молочного сахара изложены в межгосударственном стандарте ГОСТ 33567-2015 «Сахар молочный. Технические условия».

Ферментативный гидролиз дисахарида лактозы до моносахаров глюкозы и галактозы среди биологических методов переработки сыворотки обладает наибольшим потенциалом. Этот метод нашел уже широкое промышленное применение в различных отраслях производства. Путем биологической конверсии лактозы, возможно получение таких ценных производных как лактулоза, лактитол, лактобионовая кислота, лактаты калия, натрия, кальция, органические кислоты (молочная, пропионовая и уксусная), витамины, этиловый спирт, биогаз и многих других.

Однако предприятия неохотно идут на внедрение технологий глубокой переработки. Здесь проявляется свойство современного техногенного мышления – ориентация на быстрые результаты по самокупаемости и получению быстрой прибыли.

Как обстоят дела с переработкой сыворотки в республике Беларусь?

В республике Беларусь на организационно-законодательном уровне была разработана государственная «Программа переработки молочной сыворотки и производства сухих молочных продуктов». При этом базовыми технологиями в рамках программы являлись следующие: производство сухой сыворотки; концентратов сывороточных белков (КСБ-35, КСБ-60 и КСБ-80); пищевой и фармацевтической лактозы; молочно-жировых концентратов как основы для производства заменителей цельного молока; мелассы сухой, остающейся от производства лактозы и применяющейся в производстве кормов и заменителей цельного молока в качестве минеральной добавки. Реализация Программы позволила системно подойти к проблеме, сконцентрировать усилия производителей и достигнуть значительных результатов в плане увеличения объемов переработки молочной сыворотки, как в натуральном, так и в удельном выражении. Уровень промышленной переработки подсырной сыворотки в РБ составляет около 98 %, творожной и казеиновой – около 90 %.

Об экологической безопасности производства

Экологизация молочного производства является составной частью концепции устойчивого развития предприятий. Она предполагает экологически ориентированное техническое и технологическое развитие молочной промышленности. Известно, что 1 т молочной сыворотки, сливаемой в канализацию, загрязняет водоемы так же, как 100–150 м³ хозяйственно-бытовых стоков. Организация промышленной переработки молочной сыворотки, исключающая возможность попадания ее в сточные воды, позволит не только повысить экологи-

ческую безопасность сыродельного производства, но и значительно снизить затраты предприятий отрасли, не имеющих собственных очистных сооружений, на оплату услуг сторонних организаций, связанных с очисткой стоков до регламентируемых значений по интегральному показателю химической потребности в кислороде (ХПК). Выполненные расчеты показывают, что при стоимости таких услуг для сырзавода средней мощности 1,2–1,5 тыс. т сыра в год, равной 3,3–3,5 млн. рублей в год, ежегодная экономия средств в отрасли только по этой статье оценивается в размере 810–815 млн. рублей.

Какие санкции применяются при нарушениях природоохранного законодательства?

Соблюдение требований природоохранного законодательства – один из основных аспектов любой хозяйственной деятельности. Установление государственных экологических правил и нормативов направлено на сохранение безопасной окружающей среды, минимизацию техногенной и антропогенной нагрузки на нее. Самыми распространенными видами административного взыскания, согласно статье 8.14 КоАП РФ, применяющимися за нарушение природоохранного законодательства, являются штрафы и/или приостановление деятельности предприятия на срок до 90 суток.

Резюмируя изложенное, приходим к очевидному выводу, что переработка молочной сыворотки экономически выгодна предприятиям, так как позволяет повысить выход готовой продукции из единицы товарного молока, снизить себестоимость производства в целом, получить дополнительную прибыль от реализации продуктов из сыворотки и улучшить экологическую обстановку в зоне ответственности молочных предприятий. Для полного вовлечения в РФ сыворотки в переработку необходима поддержка производителей со стороны государства, т. к. использование эффективных и современных технологий требует существенных инвестиций в высокотехнологичное оборудование. Именно такой подход был применен в Республике Беларусь и многих других странах с развитой переработкой. ■

Whey Utilization

Топникова Е. В., Волкова Т. А.

All-Russian Scientific Research Institute of Butter- and Cheesemaking – Branch of V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems, Uglich