

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ТВОРОЖНОЙ СЫВОРОТКИ

*Д.Н. Володин, к. т. н., М.С. Золоторёва, к. т. н., В.К. Топалов, ООО «МЕГА ПрофиЛайн»;
И.А. Евдокимов, д. т. н., Центр биотехнологического инжиниринга;
Б.В. Чаблин, к. т. н., ФГАОУ ВПО «СКФУ», г. Ставрополь*

Популярность сыров и творога у потребителей по-прежнему остается на достаточно высоком уровне, несмотря на то что в 2016 г. наблюдались некоторый рост цен и тенденция снижения темпов наращивания объемов производства этих продуктов по сравнению с темпами 2015 г. [1]. Как показывают данные статистики (Росстат), производство сыров в 2016 г. показало рост лишь на 1,9 % (произведено 350,6 тыс. т) по отношению к 2015 г.; производство творога снизилось на 1,5 % (582,4 тыс. т) в сравнении с 2015 г. [1].

Однако ресурсы сыворожки, получаемой в результате производства сыров и творога, остаются огромными, и незначительное снижение объемов производства основных продуктов не решает вопроса переработки сыворожки. Причем объемы творожной сыворожки сопоставимы с объемами подсырной и составляют около половины всей производимой сыворожки. Если с переработкой подсырной сыворожки у предприятий, имеющих возможность сушить сырье, не возникает каких-либо серьезных технологических проблем, то с обработкой творожной сыворожки они появляются, и связаны эти проблемы с особенностями состава и свойств данного сырья.

На первый взгляд состав творожной сыворожки идентичен составу подсырной, различаются в основном массовые доли лактозы и кислоты (см. таблица). Однако различия в составе намного глубже. Они зависят от особенностей технологии получения того или иного вида сыворожки, определяют основные свойства этого сырья и способы его переработки. Для сравнения примем, что исполь-

зовались традиционные технологии производства основных продуктов – сыра и творога.

Так, подсырная сыворожка образуется в результате преимущественно сычужного свертывания молока. При этом сычужный фермент воздействует на определенный сегмент χ -казеина с освобождением гликомакропептида и практически не влияет на сывороточные белки [2]. Гликомакропептид обнаруживается в составе подсырной сыворожки [2]. Время свертывания при производстве сыра намного меньше, чем при получении творога. В результате сывороточные белки подсырной сыворожки не подвергаются каким-либо значительным изменениям. Подсырная сыворожка характеризуется также переходом в нее некоторого количества γ -казеина [2].

Творожная сыворожка получается в результате кислотной коагуляции казеина под действием молочной кислоты, вырабатываемой в процессе жизнедеятельности молочнокислых бактерий. В связи с этим в творожной сыворожке содержится больше кальция, магния и фосфора, чем в подсырной. Это связано с тем, что в процессе сквашивания увеличение концентрации водород ионов смеща-

ет равновесие в сторону растворимого дигидрофосфата кальция, в результате кальций и фосфор переходят в сыворотку [2, 3, 4]. В процессе сычужного свертывания значительная часть кальция связывается с параказеином и остается в сгустке [2, 3]. Творожная сыворожка характеризуется повышенным содержанием молочной кислоты по сравнению с подсырной, что обусловлено кислотным способом коагуляции белков, при котором молочная кислота образуется из лактозы в результате жизнедеятельности закваски, вносимой в молоко при производстве творога. Так как при производстве творога происходит более интенсивный гидролиз белков [4], то творожная сыворожка содержит в 3,5 раза больше свободных аминокислот и в семь раз больше незаменимых свободных аминокислот. В сыворотке присутствуют моносахара, представленные глюкозой и галактозой. В подсырной сыворотке их содержание невелико и практически не отличается от количества в молоке, в то время как в кислой сыворотке их содержание повышено, что обусловлено гидролизом лактозы в процессе производства творога [2, 4]. В сыворотке присут-

Показатели молочной сыворожки

Наименование показателя	Значение для сыворожки	
	подсырной	творожной
Массовая доля белка, %	0,5–0,8	0,5–0,8
Массовая доля лактозы, %	4,2–4,7	3,75–4,5
Массовая доля жира, %	0,2–0,5	0,1–0,5
Массовая доля золы, %	0,6–0,7	0,6–0,7
Массовая доля молочной кислоты, %	0,18	0,65
Массовая доля сухих веществ, %	5,8–7,0	5,8–7,0
Активная кислотность, не менее	5,9	4,2
Титруемая кислотность, °Т, не более	20	70
ИТОГО, кг	100	100



ствуют витамины, которые переходят из молока и образуются в результате жизнедеятельности микроорганизмов, однако витамины способны разрушаться в процессе длительного резервирования и технологической обработки сыворотки [4]. Содержание летучих жирных кислот в творожной сыворотке несколько выше, чем в подсырной, что связано с гидролизом жира в процессе сквашивания [4].

Подсырная сыворотка характеризуется невысокой кислотностью, минимальным изменением основных компонентов, т. е. она приближена к безказеиновой фазе обезжиренного молока, поэтому легче поддается технологической переработке (тепловая обработка, сгущение, сушка), например, в сухой продукт. Только лишь высокое содержание минеральных веществ по отношению к сухим веществам (СВ) формирует солоноватый вкус сухой подсырной сыворотки.

Творожная сыворотка отличается качественным составом, и с технологической точки зрения значение имеют состав и состояние белков, кислотность сырья, а также качественный и количественный состав минеральных компонентов. Сравнительный анализ указывает на, несомненно, ценный состав творожной сыворотки, однако ее свойства за-

трудняют технологическую переработку, возникает ряд сложностей:

- проблемы с тепловой обработкой ввиду высокой кислотности сырья и термолабильности белков;
- трудности вакуумного сгущения творожной сыворотки из-за опасности отложения солей кальция на греющих элементах аппаратов, что особенно негативно сказывается на эксплуатации установок пленочного типа;
- проблемы при кристаллизации лактозы вследствие высокого содержания минеральных веществ по отношению к массовой доле СВ;
- затруднения при сушке сыворотки – налипание частиц сыворотки на стенках сушильной башни по причине высокого содержания молочной кислоты и минерализации;
- трудности фасовки и хранения ввиду высокой гидроскопичности.

Ко всему прочему на процессы переработки творожной сыворотки большое влияние оказывают следующие факторы: быстро ли была собрана сыворотка и подверглась ли дальнейшей переработке; режимы тепловой обработки исходной сыворотки; условия ее резервирования; типы оборудования для хранения и переработки сыворотки; условия и количество перекачиваний и др.

Большая часть проблем с творожной сывороткой может быть решена

путем регулирования кислотности и удаления минеральных веществ в целях оптимизации состава и свойств, осложняющих процессы тепловой обработки, концентрирования, кристаллизации и сушки. Для этого в технологическую линию должны быть внедрены дополнительные операции по деминерализации сырья. Мы предлагаем процесс электродиализа сыворотки как наиболее доступный и хорошо зарекомендовавший себя способ удаления солей и кислот из растворов.

Технология деминерализации творожной сыворотки, разработанная специалистами ООО «МЕГА Профи-Лайн» и СКФУ, основана на электродиализе – электромембранном процессе, при котором под действием электрического поля из растворов через специальные ионообменные мембраны удаляются соединения в ионном виде. Электродиализ уже давно и активно используется для очистки воды в различных отраслях промышленности. Технические решения компании МЕГА (Чешская Республика) позволили создать оборудование и мембраны специально для обработки молочного сырья. Гетерогенные ионообменные мембраны Ralex® (МЕГА) обеспечивают более интенсивный транспорт двухвалентных ионов (Ca^{+2} , Mg^{+2}) и ионов диссоциированной молочной кислоты по сравнению с

распространенными в промышленности гомогенными мембранами [5]. Эти мембраны сертифицированы для использования в пищевой и фармацевтической промышленности и защищены патентом [6], кроме того, они обладают улучшенными механическими и электрохимическими свойствами. Такими мембранами оснащены электродиализные установки собственного производства, особенностью которых являются организация «холодного» процесса электрофильтрации (температурный диапазон 10–15 °С), наличие функции реверса, функции регулирования кислотности обрабатываемого сырья, полная автоматизация процесса, простота обслуживания.

Технические характеристики и возможности электродиализных установок MEGA позволяют без использования дополнительных вспомогательных процессов обеспечить степень деминерализации сырья от 50 до 90 % и регулирование кислотности сырья до требуемого уровня, например соответствующего молоку-сырью (рН 6,6–6,7), что важно при переработке творожной сыворотки на пищевые цели [7]. Таким образом, электродиализ позволяет скорректировать физико-химический состав и повысить технологические и органолептические показатели творожной сыворотки, делая ее пригодной для дальнейшей переработки в сухие концентраты.

Процесс электродиализа может быть интенсифицирован применением в технологической линии нанофильтрации, позволяющей одновременно сконцентрировать сырье и частично удалить одновалентные ионы. Нанофильтрация – баромембранный процесс, протекающий под давлением через специальные полупроницаемые мембраны с размером пор, способным пропускать растворитель и задерживать практически все остальные вещества раствора. Лишь небольшая доля компонентов малых размеров (в основном ионы калия, натрия, хлора) способна проходить через нанофильтрационные мембраны. Благодаря этому нанофильтрация хорошо зарекомендовала себя для концентрирования в пищевой промышленности. Следует отметить, процесс фильтрации сыворотки

можно проводить при низких температурах (около 10 °С), что исключает негативное воздействие на термолабильные компоненты сыворотки, обеспечивает микробиологическую стабильность, позволяет экономить на энергоносителях, так как исключается нагрев сырья.

Мембранные процессы происходят без фазовых превращений и интенсифицируют все технологические этапы переработки творожной сыворотки. Так, нанофильтрационное концентрирование до 18–20 % СВ снижает затраты на последующее вакуумное сгущение (за счет предварительного удаления до 70 % влаги) [7] и повышает производительность электродиализа (за счет увеличения электропроводности сырья и частичного удаления одновалентных ионов). Электродиализная обработка облегчает процесс вакуумного сгущения за счет снижения в сыворотке содержания многовалентных ионов и молочной кислоты, позволяет правильно провести процесс кристаллизации лактозы и эффективно высушить творожную сыворотку с получением качественного продукта. Использование мембранных процессов помогает не только экономить на энергоносителях, но и исключить влияние высоких температур на термолабильные компоненты молочной сыворотки, что в конечном счете повышает биологическую ценность и технологические свойства сырья и готового продукта. Сухая деминерализованная творожная сыворотка представляет собой мелкодисперсный порошок, который характеризуется хорошей растворимостью и имеет приятный сладкий вкус и молочный аромат.

В процессе внедрения мембранного оборудования необходимо учитывать ряд процессов, направленных на интенсификацию технологии переработки творожной сыворотки и повышение эффективности технологической линии. Здесь речь идет об обязательных процессах предварительной обработки сырья, заключающихся в своевременной и эффективной пастеризации сырья, его охлаждении, очистке от казеиновой пыли, взвешенных частиц, жира и пузырьков воздуха. Такая подготовка позволяет продлить срок службы

мембранного оборудования, обеспечить высокое качество готового продукта, снизить общие затраты. Для оптимальной работы всей линии по переработке творожной сыворотки необходимо предусмотреть внедрение современных пленочных вакуум-выпарных аппаратов и многостадийной сушки либо провести модернизацию имеющегося на предприятии оборудования. Такие меры хотя и требуют инвестиций, но и имеют высокую эффективность, быстро окупаются, учитывая все большую востребованность и популярность деминерализованной сыворотки у потребителей, в числе которых производители кондитерских, хлебобулочных изделий, молочных продуктов, в том числе мороженого и десертов, продуктов быстрого приготовления, напитков и детского питания. Таким образом, предлагаемая технология позволяет получить из проблемного сырья, которое в большинстве случаев не перерабатывалось, а сливалось в окружающую среду, нанося ей непоправимый вред, высококачественный ингредиент для пищевой промышленности. При этом предприятие, организовавшее переработку любого вида сыворотки, вместо потери денег в виде штрафных санкций начнет получать прибыль. 💧

Литература

1. Темпы роста производства сыров и творога в РФ по итогам 9 месяцев 2016 года продолжают снижаться // DairyNews.ru. – Режим доступа: <http://www.dairynews.ru/news/tempy-rosta-proizvodstva-syrov-i-tvoroga-v-rf-po-i.html>
2. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов / К.К. Горбатова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.
3. Бачурина Т.П. Разработка технологии деминерализованной творожной сыворотки на основе электродиализа: дис. ... к. т. н. – М. – 1987.
4. Храмов А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учеб. пособие / А.Г. Храмов, П.Г. Нестеренко. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
5. Вопросы переработки кислой молочной сыворотки / М.С. Золоторёва, В.К. Топалов, Д.Н. Володин, И.А. Евдокимов // Сыроделие и маслоделие. – 2014. – № 6. – С. 46.
6. Применение мембран / ООО «МЕГА ПрофиЛайн». – Режим доступа: <http://www.mpline.ru/oborudovanie/membrany/primenenie/>
7. Тенденции переработки молочной сыворотки / М.С. Золоторёва, Д.Н. Володин, В.К. Топалов, И.А. Евдокимов, Б.В. Чаблин // Переработка молока. – 2015. – № 8. – С. 23–24.

ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНЫЕ УСТАНОВКИ МЕГА



ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

mega
ProfiLine

ООО «МЕГА ПрофиЛайн» | тел./факс + 7-8652-31-66-44
ул. Дзержинского, 158 | e-mail: info@mpline.ru
355003, Ставрополь, Россия | www.mpline.ru