

# О ПЕРЕРАБОТКЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ВНЕДРЕНИИ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*М.С. Золоторёва, к. т. н., главный технолог, Д.Н. Володин, к. т. н., директор, В.К. Топалов, руководитель службы продаж, ООО «МЕГА ПрофиЛайн», г. Ставрополь; И.А. Евдокимов, д. т. н., главный научный сотрудник Центра биотехнологического инжиниринга, Б.В. Чаблин, к. т. н., доц., ФГАОУ ВПО «СКФУ», г. Ставрополь*

**В** 2014–2015 гг. в результате введения Правительством РФ продовольственного эмбарго в ответ на санкции Запада освободилось около 20 % внутреннего российского рынка молочной продукции, прежде всего сыров и сливочного масла [1]. Это привело к постепенному росту собственного производства этих продуктов. Подтверждением сказанного являются данные статистики. Производство сыров и сырных продуктов в 2015 г. в натуральном выражении составило 581 тыс. т (в 2014 г. – 499 тыс. т), а период с января по апрель 2016 г. показал рост на 3,5 % к соответствующему периоду прошлого года. Производство творога в 2015 г. составило 413 тыс. т против 387 тыс. т в 2014 г., а период январь – апрель 2016 г. показал рост на 4,0 % по отношению к аналогичному периоду 2015 г. (по данным Росстата) [2].

Рост производства сыров и творога привел, соответственно, к увеличению объемов вторичных молочных ресурсов, подлежащих переработке, в частности молочной сыворотки. Однако сложный состав молочной сыворотки, особенно кислой, а также устаревший технический парк многих предприятий сдерживают ее полноценную и эффективную переработку на пищевые цели. Так, промышленной переработке подвергается около 20–30 % молочной сыворотки [3, 4], в основном подсырной, с получением только лишь сухого продукта, применение которого весьма ограничено ввиду его физико-химических и органолептических показателей. Часть сыворотки возвращается хозяйствам для откорма животных, остальное сливается в канализационные стоки. Известна высокая биохимическая за-

грязняющая способность молочной сыворотки при ее сбросе в окружающую среду, характеризующаяся высокими БПК и ХПК (среднегодовые показатели БПК<sub>5</sub> – 50–60 г О<sub>2</sub> на 1 л и ХПК – 50,5–54 г О<sub>2</sub> на 1 л [4, 5]). Таким образом, вопрос переработки вторичных молочных ресурсов остается актуальным и для многих предприятий до конца нерешенным.

В достаточно сложных экономических и политических условиях меняется и законодательная база РФ. Так, в 2014–2015 гг. в РФ был принят ряд законодательных документов об охране окружающей среды. Правительство РФ установило нормы в законе «О водоснабжении и водоотведении», которые обязывают перерабатывающие предприятия вводить и устанавливать новые дорогостоящие очистные сооружения [6]. Переработчиков молочной отрасли коснутся положения и нормы Федерального закона от 21.07.2014 № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты». Нововведением является ст. 4.2 «Категории объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду», согласно которой выделяют I–IV категории объектов хозяйственной деятельности, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) [6, 7]. Молочным предприятиям присваиваются I или II категория НВОС в зависимости от мощности их производства – более или менее 200 т молока в сутки соответственно (по постановлению Правительства РФ от 28.09.2015 № 1029 [8]). Эти категории подразумевают значительное НВОС (I категория) и умеренное НВОС (II категория), и относятся к областям применения **наилучших доступных**

**технологий** (НДТ) [8, 9]. Изменения № 219-ФЗ устанавливают обязанность по получению комплексных экологических разрешений для объектов I категории и предоставлению деклараций о воздействии на окружающую среду для объектов II категории. Изменения вступят в силу в период с 2015 по 2020 г. [7].

Кроме того, Правительство РФ в марте 2014 г. утвердило распоряжение № 398-р от 19.03.2014 о комплексе мер, направленных на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы НДТ и внедрение современных технологий [10]. Все это приводит предприятия к необходимости модернизации и технического перевооружения существующих технологических линий и совершенствованию методов переработки молочного сырья на принципах безотходности, ресурсо- и энергосбережения.

Следует раскрыть суть термина «наилучшие доступные технологии». Основными критериями, относящими технологии, процессы и оборудование к НДТ, согласно [9], являются наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду, экономическая эффективность, применение ресурсо- и энергосберегающих методов, период внедрения, опыт внедрения на двух и более объектах и др. Более подробно о НДТ можно узнать из постановления Правительства РФ от 23.12.2014 № 1458 [9]. Правительством РФ поставлена задача обеспечения комплексного подхода к внедрению НДТ как в рамках экологической, так и промышленной политики, а также совершенствование системы государственного регулирования на основе НДТ [6]. С изменениями в области природоохранного законода-



тельства касательно молочной промышленности можно ознакомиться на сайте Молочного союза России <http://www.dairyunion.ru>, где даны ссылки на основные документы.

По нашему мнению, критериям НДТ в полной мере отвечают мембранные технологии, направленные на эффективную переработку вторичных молочных ресурсов: молочной сыворотки и пермеата, особенно видов, характеризующихся повышенной кислотностью и минерализацией. Внедрение мембранных технологий позволяет решить проблемы, связанные с тепловой обработкой, сгущением, кристаллизацией и сушкой рассматриваемого сырья. Экологическое законодательство диктует переработчикам молочного сырья свои условия. Однако не стоит забывать и об экономической эффективности новых технологий и оборудования. Конечно, внедрение современных высокоэффективных технологий требует некоторых капитальных затрат и финансовых вложений, при этом производитель внимательно относится к расчетам сроков окупаемости и рентабельности таких технологий.

Рассмотрим, что дает предприятию внедрение эффективных мембранных технологий переработки вторичного молочного сырья. Прежде всего, речь идет об уже отлично зарекомендовавших себя процессах электродиализа, нанофильтрации и ультрафильтрации. ООО «МЕГА ПрофиЛайн» совместно с Северо-Кавказским федеральным университетом имеет богатый опыт внедрения мембранных процессов на молочных предприятиях РФ и за рубежом. Технология подразумевает

комплексный поэтапный подход к переработке сыворотки с получением широкого ассортимента сывороточных продуктов и ингредиентов с высокой добавочной стоимостью, востребованных на российском рынке [11]: высококачественной сухой деминерализованной сыворотки и пермеата, концентратов сывороточных белков, лактозы и ее производных. То, что производство этих продуктов актуально и выгодно, доказывать не нужно, об этом уже говорилось много раз, что подтверждали и данные статистики (Переработка молока. 2015. № 3) [12,13]. Следует лишь отметить, что молочная сыворотка и ее ингредиенты также являются санкционными продуктами, и их ввоз в РФ весьма ограничен, а круг потребителей составляют производители детского, спортивного, специального питания; кондитерская, хлебобулочная, мясная отрасли промышленности и отчасти фармацевтика. Таким образом, предприятия, первыми реализовавшие у себя мембранную технологию переработки вторичного молочного сырья в сывороточные ингредиенты, получают преимущество и гарантированные рынки сбыта готовой продукции.

Внедрение электродиализного оборудования (например, автоматизированных высокотехнологичных электродиализных установок АО «МЕГА» (Чехия), оснащенных современными гетерогенными ионообменными мембранами Ralex®) [11] в технологическую линию обеспечивает переработку молочной сыворотки и пермеата, позволяя максимально удалить из сырья нежелательные минеральные вещества и кислоты (уровень де-

минерализации до 90 %). В результате улучшаются органолептические и технологические характеристики сырья и открываются возможности для дальнейшей интенсивной и энергоэффективной переработки. В частности, интенсифицируются процессы сгущения, кристаллизации и сушки, снижаются энергетические затраты на удаление влаги. Эффективность технологии можно повысить применением нанофильтрации, основанной на мембранном концентрировании сырья с его частичной деминерализацией до уровня 25 %. При этом из сырья удаляются в основном одновалентные ионы калия, натрия и хлора. Применение нанофильтрации перед электродиализом позволяет интенсифицировать процесс деминерализации и последующие этапы технологической цепочки. Доказана эффективность сгущения сырья в два этапа [14]. На первом этапе нанофильтрация обеспечивает концентрирование сырья до массовой доли СВ 18–22 % и позволяет удалить до 70 % влаги из молочной сыворотки или пермеата. Это снижает затраты на втором этапе концентрирования – вакуумном сгущении в технологии производства сухих сывороточных ингредиентов. В производственных условиях установлено, что использование процесса нанофильтрации на первом этапе концентрирования сыворотки снижает энергозатраты на 1 т испаренной влаги по сравнению с вакуумным выпариванием в 4–5 раз [14].

Внедрение процесса ультрафильтрации в технологию переработки сыворотки позволяет провести более полное ее фракционирование, как с получением концентратов и изолятов ценных сывороточных белков, так и отдельных белковых фракций. Ультрафильтрация характеризуется такими параметрами процесса (размер пор мембран, рабочее давление), которые позволяют задерживать сывороточные белки. При этом через поры мембран проходят низкомолекулярные растворенные соединения, образуя ультрафильтрационный пермеат. Применение повторной ультрафильтрации при определенных условиях фракционирования приводит к получению высокоочищенных концентратов с высоким содержанием

белка – до 90 % и более, так называемых изолятов [14]. Побочный продукт процесса – пермеат – является доброкачественным источником лактозы и служит сырьем для получения сухого деминерализованного пермеата.

Важным моментом представленных технологий является тот факт, что все описанные мембранные процессы проводятся при низких температурах (10–15 °С), обеспечивающих максимальное сохранение ценных свойств, биологическую безопасность обрабатываемого сырья и снижение энергетических затрат на нагрев и тепловую обработку сыворотки и пермеата.

В результате комплексная мембранная обработка вторичного сырья позволяет добиться следующих результатов [13]:

- благодаря работе при низких температурах, сохраняется биологическая ценность сыворотки и обеспечивается экономия энергоносителей;
- удаление большей части минеральных веществ и регулирование кислотности в процессе электродиализа позволяет улучшить качественные показатели сыворотки и пермеата; облегчается и интенсифицируется их дальнейшая переработка (вакуумное выпаривание, кристаллизация, сушка);
- повышается качество продукта до пищевой категории, расширяется спектр его применения в продуктах питания не только молочной отрасли, но и других отраслей;
- благодаря нанофильтрации интенсифицируются процессы электроди-

ализа и вакуумного выпаривания, а также обеспечивается экономия энергетических ресурсов.

По нашему мнению, внедрение мембранных технологий отвечает критериям, проводимой государством природоохранной политики, представляет собой наилучшую доступную технологию (НДТ), позволяющую исключить потерю вторичных молочных ресурсов предприятия и загрязнение окружающей среды. ●

#### Литература

1. ИКАР в СМИ. Сценарии развития сельского хозяйства в 2016 году // Агроинвестор. 23.05.16. [Электронный ресурс]: Институт Конъюнктуры Аграрного Рынка. – Режим доступа: <http://www.ikar.ru/press/2521.html>.
2. Производство основных видов импортозамещающих пищевых продуктов в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральная служба государственной статистики. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/importexchange/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/importexchange/#).
3. 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;
4. Свириденко Ю.Я. Использование молочной сыворотки и локальная очистка стоков / Ю.Я. Свириденко, Э.Ф. Кравченко, О.А. Яковлева // Молочная промышленность. – 2008. – № 11. – С. 58–60;
5. Храмов А.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: учеб. пособие / А.Г. Храмов, П.Г. Нестеренко. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 587 с.
6. Вниманию членам Молочного Союза России. 23.05.2016. [Электронный ресурс]: Молочный Союз России. – Режим доступа: <http://www.dairyunion.ru/vnimaniyuchlenam-molochnogo-soyuza-rossii/>.

7. Об основных изменениях природоохранного законодательства в 2015 г. // Справочник эколога. – 2014. – № 12 [Электронный ресурс]: Справочник эколога. – Режим доступа: [http://www.profiz.ru/eco/12\\_2014/nov\\_zakon/](http://www.profiz.ru/eco/12_2014/nov_zakon/);

8. Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий: постановление Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2015 г. № 1029. – 11с.

9. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям. С изменениями и дополнениями от 9 сентября 2015 г.: постановление Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458. – 7 с.

10. Комплекс мер, направленный на отказ от использования устаревших и неэффективных технологий, переход на принципы наилучших доступных технологий и внедрение современных технологий: распоряжение Правительства РФ от 19 марта 2014 г. – № 398-р. – 10 с.

11. Переработка молочной сыворотки: понятная стратегия, реальные технологии, адекватные инвестиции, востребованные продукты / Д.Н. Володин, М.С. Золоторёва, В.К. Топалов, И.А. Евдокимов, А.Г. Храмов, П. Мертин // Молочная промышленность. – 2015. – № 5. – С. 111–116.

12. Евдокимов И.А. Пути решения импортозамещения молочной продукции. Продукты из молочной сыворотки / И.А. Евдокимов, Б.В. Чаблин, М.С. Золоторёва, Д.Н. Володин // Переработка молока. – 2015. – № 3. – С. 10–13.

13. Золоторёва М.С. Переработка сыворотки – возможность заработать / М.С. Золоторёва // Переработка молока. – 2014. – № 12. – С.10–12.

14. Золоторёва М.С. 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.