

О. В. Дымар, к.т.н.

РУП «Институт мясо-молочной промышленности»

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ
ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА
СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
НА 2008-2010 ГОДЫ**

В статье представлен анализ состояния технологического оборудования на молокоперерабатывающих предприятиях при реализации программы переработки молочной сыворотки и производства сухих молочных продуктов в Республике Беларусь на 2008-2010 годы. Отмечено, что на уровне освоенных технологий промышленность готова к комплексной переработке сыворотки, однако, сдерживающим фактором является отсутствие в республике специализированных мощностей, которые позволили бы в полном объеме переработать молочную сыворотку всех видов. Рассмотрены основные проблемные элементы аппаратного оформления в комплексах специализированного оборудования, а также рассмотрены особенности технологических операций переработки сыворотки и предложены наиболее приемлемые варианты применения и усовершенствования существующего и введение нового оборудования, а также предложены улучшенные технологии переработки сыворотки. Проведено сравнение по затратам на технологические операции переработки сыворотки для существующего вакуум-выпарного и нового баромембранного концентрирования.

Институт мясо-молочной промышленности накопил большой опыт обследования предприятий, способных осуществлять глубокую переработку молочного сырья (в нашем случае утилизация сыворотки). Эта работа позволила выделить ключевые моменты в оценке состояния основного технологического оборудования с учетом стоящих перед отраслью задач.

В Советском Союзе вопрос переработки молочной сыворотки решался на достаточно высоком уровне. Существовало основное направление – производство лактозы, при этом получались сопутствующие продукты: альбуминное молоко и меласса. Доля промышленной переработ-

ки сыворотки в 1982–1986 гг. достигла 65–70% и, что особенно важно, сыворотка использовалась в хлебопекарной и кондитерской промышленности (около 15%). В конце 80-х годов начали активно развиваться направления биохимического преобразования сырья и мембранной селективной обработки. Под эти цели строились специализированные производства, закупались отдельные технологические линии. К сожалению, в связи с изменением экономической ситуации, эти работы были свернуты, а оборудование, по большей части, демонтировано. Таким образом, в нашей стране на настоящий момент отсутствует система технологий переработки молочной сыворотки и не сформирован парк оборудования для ее осуществления.

В целом базовые технологии переработки сыворотки в мире достаточно изучены и получили свое аппаратное оформление в комплексах специализированного оборудования. Так, основной упор при переработке сыворотки делается на получение различных видов сухих продуктов, в том числе и с использованием баромембранных методов селективного разделения продукта на компоненты.

На настоящий момент в нашей стране освоены две ключевые технологии переработки молочной сыворотки – производство сыворотки сухой и производство КСБ-УФ с производством молочного сахара. На завершающей стадии освоения (выпуск опытно-промышленных партий) находятся технологии производства концентрата молочно-жирового и лактулозы. Таким образом, на уровне освоенных технологий промышленность готова к комплексной переработке сыворотки. Сдерживающим фактором является отсутствие в республике специализированных мощностей, которые позволили бы в полном объеме переработать молочную сыворотку всех видов. Состояние оборудования для переработки сыворотки как с качественной, так и с количественной точки зрения следует признать неудовлетворительным. Существующее оборудование не специализировано для производства концентрированной, сгущенной и су-

хой сывороток. Оно имеет высокую степень физического износа, заложенные в него конструкторские и технологические принципы не соответствуют современным требованиям по качеству выпускаемой продукции и экономичности работы.

Рассмотрим основные проблемные элементы. Емкостной парк является важным звеном процессов переработки сыворотки. Это связано с необходимостью накапливать и хранить большие объемы жидкого сырья и промежуточных продуктов, причем среда является агрессивной. Следует отметить, что в настоящее время ощущается нехватка емкостей. Часто используются танки небольшого объема, иногда горизонтального исполнения, что приводит к нерациональному использованию площадей предприятий. Особое внимание необходимо уделить марке используемого металла, качеству швов и термоизоляции. Емкости для резервирования сыворотки должны быть изготовлены из нержавеющей стали AISI 316L или лучше, а для соленой сыворотки и казеиновой солянокислотной – AISI 316Ti или лучше.

Основой бесперебойной работы линии переработки сыворотки является качественное отделение белковой пыли и жира. На первом этапе целесообразно использовать вибросита или барабанные уловители белковой пыли. Более тонкая очистка осуществляется на втором этапе посредством использования специальных сепараторов. Использование декантеров позволяет совместить эти две операции в одном устройстве. Особенно оправдано использование декантеров при производстве казеина. При выработке специальных, особо ответственных продуктов необходимо применять бактофуги для дополнительного удаления микроорганизмов.

Состояние и оснащенность аппаратных цехов теплообменным оборудованием можно признать удовлетворительным. Для охлаждения и тепловой обработки до температуры 72 °С хорошо подходят пластинчатые теплообменники. При необходимости высокотемпературной обработки

молочной сыворотки желательно использовать трубчатые теплообменники либо емкости с прямым впрыском пара или, что несколько хуже, с косвенным нагревом.

Следует отметить, что на предприятиях отсутствуют мембранные установки, а глубокая переработка сыворотки основывается на их применении: это установки микрофльтрации для снижения бактериальной обсемененности, установки ультрафльтрации для фракционирования белков, установки нанофльтрации и электродиализа для частичной деминерализации, установки нанофльтрации и обратного осмоса для концентрирования продуктов.

Для сгущения молочной сыворотки используются двухкорпусные аппараты циркуляционного типа, которые не отвечают требованиям качества продукции, экономичности и стабильности работы. Сгущенная сыворотка получается низкого качества с низким и нестабильным содержанием сухих веществ. Кроме того, отмечены следующие недостатки:

- встречается плохое качество мойки калоризатора и сепаратора второй ступени сгущения (наличие пригара, особенно в сепараторе и трубках калоризатора), что приводит к появлению в сухом продукте частиц пригара. Отсутствуют фильтры на линии подачи сгущенки на сушку;
- отсутствует теплоизоляция корпусов вакуум аппаратов;
- плохая работа конденсаторов соковых паров.

Техническое состояние градирен часто неудовлетворительное. Особое внимание следует уделить работе форсунок, насадке, сепараторам водных брызг, организации потока воздуха, подбору вентиляторов (желательно обеспечить возможность регулировки скорости вращения). Для подпитки необходимо использовать очищенную и умягченную воду или паровой конденсат.

При освоении технологии производства сухой кристаллизованной сыворотки возникают проблемы, вызванные спонтанной кристаллизацией в вакуум-выпарных аппаратах, которые у нас практически все цирку-

ляционного типа. Кристаллизацию сыворотки в этом случае следует начинать уже во втором корпусе. При достижении содержания сухих веществ в сыворотке 40%, не прекращая процесса, в сгущаемый продукт необходимо непрерывно добавлять затравку в виде мелкокристаллической лактозы в количестве не менее 0,02% от массы сгущенной сыворотки. Сгущение в этом случае производят до концентрации сухих веществ 50–56%. После вакуум-выпарного аппарата сгущенную сыворотку направляют на сушку. При необходимости после вакуум-выпарного аппарата сгущенную сыворотку можно направлять на доохлаждение для завершения процесса кристаллизации. При этом ее в потоке охлаждают до температуры 28–32 °С и направляют в охлаждаемую емкость, оборудованную мешалкой, где производят окончательное охлаждение до температуры 12–16 °С со скоростью 0.5...2.5 °С/ч. После окончательного охлаждения осуществляют выдержку в течение 2–8 ч либо сразу направляют на сушку. Охлажденную сыворотку перед подачей на сушку желательно подогреть до температуры 65 ± 10 °С, что повышает производительность сушилки на 3–6%. Внедрение технологии кристаллизации лактозы молочной сыворотки позволяет повысить общую производительность оборудования по конечному продукту на 25–50%, снизив при этом удельные затраты тепла на 0,4–1,0 Гкал/т готовой продукции.

Состояние парка сушильного оборудования следует признать неудовлетворительным как по техническому уровню используемого оборудования (большинство сушилок старше 20 лет), так и по производительности и общему их количеству. Подавляющее большинство сушилок имеет производительность 500...1000 кг ИВ/ч. Анализ технического состояния парка сушильного оборудования позволяет выделить следующие недостатки:

- отсутствует фильтрация воздуха, подаваемого на сушилку;
- нерационально выполнены подводы воздуха от нагнетательного вентилятора к калориферу. Изломы, зауженные сечения, резкие поворо-

ты создают значительные гидравлические сопротивления, что приводит к снижению общей производительности сушилки;

- уплотнения входного проема в башню часто не обеспечивают его герметичность;

- изношенные шлюзовые затворы на циклонах часто допускают подсос воздуха в циклоны, что приводит к повышенному пылеуносу;

- общее состояние циклонов, переходников от турникетов к пневмотранспорту и самого пневмотранспорта следует признать неудовлетворительным. Наличие люков в циклонах, щелей, небрежно выполненная сварка, значительные искривления геометрии приводят к нарушению их работы, что существенно снижает эффективность пылеулавливания;

- отсутствуют охладители воздуха, подаваемого на пневмотранспорт.

Хотелось бы отметить, что в последнее время наметилась положительная тенденция перевода сушилок с парового нагрева на огневой. Это позволяет экономить до 30% тепловой энергии, стабилизирует работу сушилки, значительно снижает требования к котельному оборудованию.

Таким образом, принятие программы позволяет по-новому подойти к системному решению проблемы переработки молочной сыворотки. В плане мероприятий предусмотрена двухуровневая схема организации переработки молочной сыворотки: на первом уровне производится сбор, очистка и концентрирование сыворотки; на втором – углубленная переработка и получение конечных продуктов.

На первом уровне примерная стоимость базового комплекта оборудования для подготовки сыворотки зависит от принятой технологии сгущения: концентрирование при помощи нанофльтрации/обратного осмоса или сгущение на вакуум-выпарной установке (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка стоимости комплектов оборудования для подготовки сыворотки к транспортировке до 100 т сыворотки в сутки

Наименование	Примерная стоимость, тыс. евро/млн руб		Примечание
	Баромембранное концентрирование	Вакуум-выпарное концентрирование	
Охладитель, 10 т/ч	15,0/52,5	15,0/52,5	Может использоваться б/у после ревизии
Вибросито/уловитель белковой пыли (удаление крупных фракций белковой пыли), 10 т/ч	30,0/105,0	30,0/105,0	Может быть изготовлено в РБ
Емкости для сбора сыворотки	3·50,0 = 100,0/350,0	3·50,0 = 100,0/350,0	Может быть изготовлено в РБ
Сепаратор, 10 т/ч	75,0/262,5	75,0/262,5	Может использоваться б/у после реставрации в условиях предприятия-изготовителя с предоставлением гарантии
Пастеризационно-охладительная установка, 10 т/ч	50,0/175,0	50,0/175,0	Может использоваться б/у после ревизии
Установка для нано-фильтрации, 10 т/ч, водоподготовка	200,0/700,0	–	Необходимо новое
Вакуум-выпарная установка многокорпусная (4 и более 4 т испаренной влаги)	–	Новая от 700/2450,0 (б/у 175-350/612,5-1225,0)	Может использоваться б/у после реставрации или ревизии с предоставлением гарантии
Емкость для хранения концентрата	2×40,0=60,0/210,0	2×25,0=35,0/122,5	Может быть изготовлено в РБ
Итого по оборудованию	530,0/1855,0	1005,0/3547,5 (480,0-655,0)	
Проектные и монтажные работы	120,0/420,0	120,0/420,0	
Итого	650,0/2275,0	1125,0/3937,5 (600,0-775,0/2100,0-2712,5)	

Эксплуатационные расходы по энергии у многокорпусной вакуум-выпарной установки (ВВУ) и баромембранной установки (МУ) практически идентичны. Стоимость новой ВВУ значительно выше, чем МУ. Вместе с тем бывшая в употреблении ВВУ по своим эксплуатационным качествам практически соответствует новой, но ее стоимость значитель-

но ниже и с учетом демонтажа/монтажа может быть сравнима с новой МУ. Необходимо помнить, что срок эксплуатации мембранных элементов составляет 9–12 месяцев, после чего необходима их полная замена, что требует затрат до 25 тыс. евро. При этом на МУ можно концентрировать до 14–18% (2,5–3 раза) и получается лишь промежуточный продукт, подготовленный к транспортировке на дальнейшую переработку, то ВВУ позволяет достичь 30–60% сухих веществ (5–10 раз). Такой продукт годен не только для дальнейшей переработки, но и имеет собственную значимость. ВВУ может использоваться для получения иных сгущенных молочных продуктов (сгущенное цельное или обезжиренное молоко и т.д.).

Таким образом, вопрос о выборе конкретной технологии подготовки молочной сыворотки к транспортировке должен решаться в каждом конкретном случае индивидуально с учетом особенностей предприятий.

При закупке бывшего в употреблении оборудования особое внимание необходимо уделять предоставляемым гарантиям и деффектовке. Часто возникают проблемы с подбором оборудования по технологическим параметрам и показателям производительности. Необходимо понимать, что поступление оборудования на вторичный рынок слабопрогнозируемо и сроки на принятие решение о покупке часто составляют 2–4 недели.

Бывшее в употреблении оборудование не может быть использовано на центральных предприятиях по переработке молочной сыворотки:

- высокие риски на них недопустимы;
- крупное оборудование, как правило, уникально и изготавливается под конкретные производственные программы;
- сложности с поиском такого оборудования;
- крупное оборудование хуже приспособлено к транспортировке.

Использование б/у оборудования целесообразно при переоснащении производств, не имеющих долгосрочной перспективы, второстепенных и малоответственных участков, особенно казеиновых линий.

Второй уровень переработки это высокопроизводительные линии получения конечного продукта.

Принципиально, подготовка сыворотки к переработке принимается такой, как и на низовых заводах. Основное отличие – наличие пунктов приема привозной сыворотки. Переработка различных видов сыворотки может строиться в несколько потоков либо путем стандартизации при помощи различных, прежде всего баро- и электромембранных технологий. Для сгущения сыворотки планируется использовать 5-корпусные и более вакуум-выпарные установки с падающей пленкой. Целесообразно рассмотреть возможность применения механической рекомпрессии соковых паров.

С целью создания резервных мощностей для переработки молока сушилки должны быть рассчитаны на возможность производства не только сухой сыворотки, но и СОМ, СЦМ, концентрата молочного жирного (КМЖ жирность до 50%).

Если рассматривать мероприятия программы с позиции экономии средств, то для обеспечения технологических схем переработки сыворотки необходимо приобретение импортного оборудования (вакуум-выпарные установки, сушильное оборудование, мембранные установки), поскольку только 20–25% оборудования может быть разработано и изготовлено в Республике Беларусь, прежде всего это емкостное и нестандартное оборудование. В этой связи можно отметить, что емкости размером до 100 м³ могут изготавливаться на машиностроительных предприятиях Республики Беларусь: ОКБ «Академическое», ОАО «Брестмаш», ООО «МолТехСтройМонтаж». Производство уловителей белковой пыли освоено на ОМП РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Хорошие перспективы в области производства баромембранных установок

и станций водоподготовки к ним имеет Институт физико-органической химии. Вместе с тем оборудование для основного производства второго уровня целесообразно закупать в комплексе у ведущих производителей. Это позволит обеспечить гарантированное качество и широкую гамму получаемой продукции, долговечность и экономичность работы.

При реализации программы переработки молочной сыворотки в первую очередь необходимо ориентироваться на удовлетворение внутреспубликанского спроса на продукты переработки молочной сыворотки: фармакопейную лактозу, сухую и сухую деминерализованную сыворотку, концентраты сывороточные с содержанием белка 34, 60, 80% и более, группу кормовых продуктов, прежде всего концентраты молочно-жировые и ЗЦМ, в том числе и для телят первых недель жизни. Такая ориентация позволит прекратить импорт продуктов по этим позициям, усилить экспортный потенциал страны, создав возможность маневра при изменении конъюнктуры мирового рынка. Ориентация на внутреннее потребление произведенных продуктов позволит существенно повысить продовольственную и кормовую безопасность республики, а концепция полной переработки молочной сыворотки позволит решить проблему высокой экологической опасности сыворотки, сбрасываемой на поля фильтрации.