расходы на зарплате рабочим. Данный фактор играет большую роль экономически развитых стран, которые характеризуются высокими зарплатами рабочих и необходимостью надбавок за переработку, за ночное время и праздничные дни. А вот применение робота удобно тем, что при его работе в цехе необходимо присутствие одного оператора, который следит за процессом работы манипулятора[5].

Безопасность. Применение промышленной робототехники используется на вредных производствах, где на людей оказывается опасное воздействие для здоровья, в кузнечных и литейных цехах, на цементных заводах, при обезвреживании взрывных устройств в помещениях с повышенным уровнем радиации, в условиях относительной недоступности (на космических аппаратах, в морских глубинах, и орбитальных станциях) и т. д.

Качество. Одной из основных причин использования роботов стала потребность обеспечения необходимого качества работы. Высокая точность промышленной робототехники (0.1 до 0.05 миллиметров) и повторяемость способно обеспечить необходимое качество изделия. Исключение человеческого труда сводит к минимуму возникновение ошибок.

Современная промышленная робототехника, почти не требует обслуживания.

Данный робот предназначен для учебных целей, его можно устанавливать в различных учебных заведениях. Также может использоваться на машиностроительном предприятии для сортировки деталей на конвейере, или отслеживания брака.

1. Радченко, А.П. Тенденции применения новых технологий в машиностроении / А.П.Радченко // Проблемы совершенствования организации производства и управления промышленными предприятиями: Межвузовский сборник научных трудов. – 2010. – № 1-2. – С. 29-37.
2. Борисова, Е.Е. Интегрированные программы технологической модернизации машиностроительного комплекса России: проблемы управления /Е.Е.Борисова // Вестник эконом.интеграции. – 2012. – № 8 (52). – С. 36-42.
3. Волостнов, Б.И. Машиностроение на рынке инновационных технологий / Б.И.Волостнов // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2015. – № 4. – С. 22-46.
4. Борисов, В.Н. Перспективы развития станкоинструментальной промышленности России / В.Н.Борисов // Проблемы прогнозирования. – 2009. – Т. 117. № 6. – С. 34-46.
5. Васильков, Д.В. Опережающее образование - важнейший инструмент развития инноваций в промышленности / Д.В.Васильков // Инновации. – 2010. – № 12. – С. 23-26.

Хоменков А.С., Ильина С.И., Кайгородова О.А.

Использование электролиза в процессе переработки молочной сыворотки

*Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/spc-22-01-2018-09

idsp: 000001:spc-22-01-2018-09

В настоящее время одной из основных задач является максимальное использование сырьевых ресурсов, в том числе вторичного сырья. Являясь отходами основного производства, вторичное сырье, представляет собой многокомпонентные водные минерально-органические растворы, как правило, содержащие большое количество ценных веществ, которые, при рациональном подходе, необходимо использовать. Так, например, в молочной промышленности большие перспективы имеет переработка молочной сыворотки, которая образуется при производстве творога и сыра и содержит широкую гамму белков, витаминов, и в частности, лактозу - наиболее ценное вещество, широко применяемое в пищевой и фармацевтической промышленности. Ежегодно в нашей стране вырабатывается около 5 миллионов тонн молочной сыворотки. Из них 2 миллиона тонн сливается в канализацию, так и не найдя применения [1,2].

Производство особо чистых сухих продуктов из молочной сыворотки обычно связывают со сложными, дорогостоящими и малоэффективными физико-химическими процессами. В молочную сыворотку переходят практически все минеральные соли и микроэлементы, а также соли, вводимые при выработке основного продукта (CaCl_2 , нитраты), и соединения с поверхности оборудования (Cu , Fe и др.) [2,3]. Так, например, рафинированный молочный сахар получают путем очистки уже ранее полученного молочного сахара-сырца, имеющего вышеперечисленные загрязнения. Для этого сахар-сырец подвергается растворению в горячей воде ($90\text{ }^\circ\text{C}$) с добавлением адсорбентов (активного угля, гидросульфата натрия и молотого диатомита). Уголь и диатомит, обладая большой адсорбционной способностью, поглощают примеси, а гидросульфат натрия обесцвечивает красящие вещества. Затем отфильтрованный раствор охлаждают до температуры $13\text{--}15\text{ }^\circ\text{C}$ и проводят кристаллизацию молочного сахара при непрерывном перемешивании в течение $8\text{--}10$ ч. Далее центрифугируют и сушат [4].

В настоящее время существует множество способов очистки молочной сыворотки и извлечения полезных продуктов. Здесь доказало свою экономическую эффективность применение мембранной технологии. Последовательное использование мембранных процессов, таких как ультрафильтрация, нанофильтрация, электродиализ позволяет скорректировать минеральный состав, кислотность, органолептические и технологические характеристики, максимально очистить от примесей. Это впоследствии положительно влияет на процесс кристаллизации и сушки. В случае с получением молочного сахара высокой чистоты, это дает возможность исключить стадию рафинации, что позволяет значительно уменьшить потери лактозы и также получать молочный сахар соответствующего качества.

В ходе литературного обзора были определены оптимальные параметры на каждой мембранной стадии. В случае применения ультрафильтрации можно сконцентрировать сывороточные белки или их отдельные фракции: крупные компоненты задерживаются мембраной, образуя поток ретентата, а более мелкие, растворенные компоненты – лактоза, небелковые азотистые соединения, минеральные вещества – проходят через поры мембран, образуя поток пермеата. Так в процессе ультрафильтрации оптимальная скорость потока сыворотки над мембраной составляет $1,5\text{--}2,0$ м/с. Кроме того, оптимальное давление внутри мембранного контура при сохранении приемлемой проницаемости мембран составляет $0,3$ МПа [5].

Нанофильтрацию применяют для дегидратации (70% воды), а также частичной деминерализации (20%) молочной сыворотки и ее ультрафильтратов, так как после ультрафильтрации содержание солей в сухом остатке пермеата может достигать $15\text{--}16\%$ [6, 7]. Нанофильтрацию проводят под давлением $2\text{--}4$ МПа и температуре $50\text{ }^\circ\text{C}$.

Последнее время в современной технологии обессоливания сыворотки набирает популярность электродиализ (рис. 1). Используемые в электродиализе мембраны имеют функции обмена, как анионов, так и катионов, что позволяет снизить минеральное содержание в обрабатываемой сыворотке. Можно выделить несколько преимуществ переработки молочной сыворотки с использованием электродиализа [8]:

- оптимизация минерального состава сыворотки вплоть до глубокой деминерализации (90%) [9];
- снижение кислотности в сыворотке;
- улучшение органолептических показателей, что позволит расширить диапазон ее использования;
- повышение степени растворимости сухой сыворотки (подсырной и творожной);
- повышение рентабельности сушки;
- возможность перерабатывать любую сыворотку, в том числе кислую творожную, а также смесь творожной и подсырной.

Рис. 1. Схема устройства электродиализной установки [8, 10]

Целесообразно комбинирование мембранных процессов для достижения максимального эффекта и требуемых характеристик сырья в соответствии с производственными задачами. Так, сочетание нанофильтрации и электродиализа позволяет повысить эффективность и производительность последнего за счет обработки частично деминерализованной сыrovотки с повышенным содержанием сухих веществ (до 18–22 %) [8, 9, 10].

Выбор степени обессоливания может быть обусловлен потребностью получения заданной чистоты готового продукта, а так же рентабельности всей производственной цепи. При этом последнее в случае применения дорогих мембранных установок в большей мере зависит от исходного объема обрабатываемого сырья.

При получении из подсырной сыrovотки пищевого молочного сахара (95 % лактозы) расчеты показали, что при последовательном применении процессов ультрафильтрации, нанофильтрации, электродиализа срок окупаемости производства составляет 6 лет, а себестоимость 35 руб/кг, при этом производительность по исходному сырью равна 12500 т/год.

Если провести аналогичный ориентировочный расчет для производительности по сыrovотке 50000 и 3500 тонн в год (табл. 1), то становится заметно, что при увеличении производительности уменьшается и себестоимость, и срок окупаемости.

Таблица 1

Влияние производительности на срок окупаемости производства молочного сахара из сыrovотки.

Производительность по сыrovотке, т/год	Себестоимость, руб.	Срок окупаемости, лет
3500	50	30
12500	35	6
50000	25	3

1. Храмов А.Г. Инновации в переработке и использовании молочной сыrovотки // Журнал «Переработка молока», № 2 (172), 2014, с. 68-69.
2. Храмов А.Г., Евдокимов И.А. Интенсивная технология молочного сахара. -М.: ДеЛипринт, 2004. 277 с.
3. Храмов А.Г. Феномен молочной сыrovотки. – СПб.: Профессия, 2011.- 804 с.
4. Твердохлеб Г.В., Диланян З.Х., Чекулаева Л.В., Шилер Г. Г. Технология молока и молочных продуктов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 463с.

6. Лазарев В.А. Разделение и концентрирование молочной сыворотки на ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах. Дисс. к.т.н – Екатеринбург, 2015. – 119 с.
7. Евдокимов И.А., Володин Д.Н., Сомов В.С., Чаблин Б.В., Михнева В.А., Золоторева М.С. Мембранные технологии в молочном производстве // Молочная промышленность. 2013. № 9. С. 15–16.
8. Евдокимов И.А., Володин Д.Н., Топалов В.К. , Михнева В.А. Деминерализованный пермеат как альтернатива молочному сахару // Молочная промышленность. 2013. № 2. С. 38.
9. Байланд Г. Технология производства молочных продуктов. - М.: Тетра ПакАО, 1995.- 440 с.
10. Электродиализ – наиболее эффективный процесс деминерализации молочной сыворотки / Золоторева М.С., Володин Д.Н., Бессонов А.С., Топалов А.К.// Молочная промышленность. 2015. №3. С. 38
11. Технология производства молочных продуктов. Переработка сыворотки // Молочная промышленность. 2010. №3(54). С. 34-49.