

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МТЛТ ДЛЯ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ЛАКТОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ СУХИХ ВЕЩЕСТВ

И.А. Евдокимов, д. т. н., проф., В.А. Кравцов, Северо-Кавказский федеральный университет*, г. Ставрополь;
А.И. Толмачев, А.Д. Бондарчук, ЗАО «Мембранисес Технологиос ЛТ (МТЛТ)», г. Клайпеда, Литва

В статье представлены результаты исследований по деминерализации и безреагентной корректировке pH сыворотки после производства сыра Моцарелла в целях апробации новых видов инновационного оборудования, обеспечивающего повышение экологичности процесса электродиализа за счет комплексного использования сырья.

В последние годы в нашей стране происходят существенные изменения в природоохранном законодательстве, напрямую касающиеся технологий переработки вторичного молочного сырья. Наряду с Федеральным законом от 21.07.2014 № 219-ФЗ и отдельными законодательными актами, совершенствующими систему экологического нормирования и экономического стимулирования хозяйствующих субъектов, получивших комплексные экологические разрешения, в российское правовое поле прочно входит понятие «наилучшая доступная технология» (НДТ) [1]. В рамках реформ, прописанных в вышеуказанных законах и актах, субъектам хозяйственной деятельности необходимо активно внедрять на производстве НДТ, от оперативности внедрения которых будет зависеть размер платы за негативное воздействие на окружающую среду, а также объемы государственной поддержки механизмов экономического стимулирования. Например, с 2019 г.

проектирование новых предприятий будет осуществляться только на основе НДТ, а с 2020 г. перерабатывающие предприятия будут получать комплексное экологическое разрешение. Таким образом, государство не позволит работать предприятиям с проектной мощностью переработки молока 200 т/сут и выше, если оно не будет соблюдать требования НДТ.

Электродиализ, как способ деминерализации различных видов молочной сыворотки, достаточно прочно занял свои позиции в молочной промышленности России и за рубежом. Важнейшую роль в практической реализации процесса электродиализа в молочной отрасли сыграли перспективные научные и исследовательские разработки, сформировавшие теоретическую базу и обосновавшие целесообразность применения метода [2, 3]. Начиная с 1996 г. компанией МТЛТ [4] много внимания уделяется вопросам развития и инновационного применения электродиализного оборудования и технологий на его основе в различных отраслях

Ключевые слова: деминерализация сыворотки, высококонцентрированное лактозосодержащее сырье, классический электродиализ, биполярный электродиализ, солевой концентрат, электродиализное оборудование МТЛТ.

промышленности. Именно разработка, изготовление и внедрение новых, специализированных видов электродиализного оборудования являются основной целью компании [5, 6, 7].

Формирование творческого коллектива позволило провести исследования по изучению эффективности работы и особенностей инновационного оборудования в лабораторных условиях «Северо-Кавказского федерального университета», что создало прецеденты практического применения классического и биполярного электродиализа в молочной промышленности [8]. Нами использовались различные виды лактозосодержащего сырья, полученного по традиционным технологиям и с применением баромембранных методов (рис. 1).

Одновременно на производственной базе компании МТЛТ творческим коллективом проводились лабораторные и пилотные испытания новых видов электродиализного оборудования на промышленных образцах высококонцентрированного лактозосодержащего сырья, а также опытно-промышленные выработки концентрированной деминерализованной сыворотки непосредственно на молочных предприятиях Италии, Белоруссии, Литвы, Польши, Чехии и Нидерландов. Проведенные исследования и опытно-промышленные выработки



Рис. 1. Стандартизация лактозосодержащего сырья с повышенным содержанием сухих веществ

дали положительные результаты при переработке различных видов лактозосодержащего сырья (кислая и подсырная сыворотка, смесь кислой и подсырной сыворотки с различными концентрациями сухих веществ, меласса молочного сахара) и жидких концентратов сывороточных белков.

Результаты многочисленных исследований позволили определить перспективные направления в создании нового электродиализного оборудования MTLT и технологий переработки молочной сыворотки.

Разработка новых технологий переработки сыворотки на основе комплексного использования сырья

Производство основного продукта будет сопровождаться получением попутных полезных и коммерчески ценных продуктов, например солей молочной кислоты и фосфатов, что в конечном итоге приведет к снижению объемов сбрасываемых солевых концентратов и повысит экологичность процесса электродиализа.

Совершенствование классического электродиализа

Помимо создания нового, более эффективного поколения электродиализаторов с улучшенными технологическими и эксплуатационными характеристиками, оправданным является переход на процесс деминерализации при повышенных температурах, что повысит эффективность процесса электродиализа. Целесообразной представляется переработка высококонцентрированных растворов сыворотки и пермеатов, что позволит снизить расходы на транспортировку исходного сырья, уменьшить общее энергопотребление, сократить время обработки в электродиализаторе и повысить качество продукции (уровень деминерализации выше 90 %). Проведение бесконтактного реагентного раскисления кислой сыворотки (без непосредственного добавления щелочи в продукт) дает возможность повысить не только качество, но и обеспечить безопасность продукта для потребителя.

Разработка модульных установок с классическим и биполярным электродиализом

Биполярный электродиализ в комбинации с классическим электродиализом открыл новые возможности

при переработке жидких полидисперсных систем. Безреагентная переработка сыворотки за счет биполярного электродиализа позволяет полностью отказаться от применения химических реагентов при корректировке pH, и при этом одновременно получать моющие растворы для CIP-мойки из соответствующей соли.

Технология основана на комбинации классического и биполярного электродиализа и имеет отличительные особенности:

- процесс деминерализации и коррекции pH происходит без использования реагентов;
- проточный режим обеспечивает минимальное время нахождения сыворотки в технологическом цикле обессоливания и раскисления;
- переработка кислой сыворотки проводится при низких значениях pH, что сокращает потери белков, исключает их отложение на мембранах и увеличивает срок эксплуатации оборудования;
- реагенты для CIP-мойки производятся на том же электродиализном оборудовании, что исключает закупки реагентов у сторонних поставщиков;
- объем сбросных солевых растворов значительно снижается;
- образующийся кислый концентрат представляет собой водный раствор солей молочной кислоты и фосфатов, который является сырьем для получения коммерчески востребованных химических продуктов.

Нами проведены исследования по переработке некоторых видов лактозосодержащего сырья с повышенной концентрацией сухих веществ на мобильном промышленном малотоннажном электродиализном комплексе, включающем классический (ED) и биполярный (EDBM) электродиализ, – бренд «Технология ED-EDBM». Известно, что наибольшую проблему на молочных предприятиях создает кислая сыворотка, поэтому мы изучали параметры безреагентной обработки по «Технологии ED-EDBM», где в качестве сырья была использована высококонцентрированная кислая молочная сыворотка.

Представляем результаты исследований по деминерализации и безреагентной корректировке pH одного из самых сложных объектов, с которым нам пришлось столкнуться – сыворотки после производства сыра Моцарелла. Особенности этой сыворотки после ее предварительного концентрирования баромембранными методами (наночелювчатая/обратный осмос) являются низкое содержание одновалентных и повышенное содержание двухвалентных катионов, в частности кальция, а также существенно большее количество фосфатов и органических кислот в отличие от других видов сыворотки. Опытно-промышленные выработки проводились непосредственно на производственной площадке итальянского предприятия, перерабатываю-



Мобильный промышленный малотоннажный электродиализный комплекс (технология ED-EDBM)

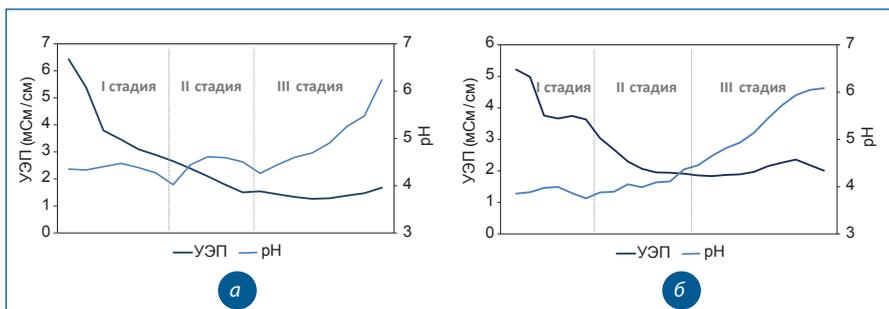


Рис. 2. Динамика процесса электродезаляции нанофильтрационного ретентата сыворотки моцарелла (а, б) по Технологии ED-EDBM: УЭП – удельная электропроводность ретентата, мСм/см; рН – активная кислотность ретентата

щего распространенную в этом регионе сыворотку моцарелла разных видов и качества, с использованием мобильного промышленного малотоннажного электродезаляционного комплекса (см. фото).

Предварительно с использованием баромембранных методов было подготовлено несколько видов лактозосодержащего сырья с повышенным содержанием сухих веществ (СВ):

- ретентат сыворотки моцарелла после нанофильтрации с концентрацией 26,85 % СВ, содержанием золы (1,03–1,16) % и рН (4,15–4,31);
- ретентат сыворотки моцарелла после обратного осмоса с концентрацией 22,69 % СВ, содержанием золы (1,42–2,49) % и рН (4,73–5,82);
- пермеат сыворотки моцарелла после ультрафильтрации с концентрацией 24,07 % СВ, содержанием золы 2,0 % и рН 4,05 (усредненные данные).

Переработка нанофильтрационного ретентата сыворотки

В процессе опытно-промышленных выработок нанофильтрационный ретентат сыворотки моцарелла проходил все стадии обработки, предусмотренные «Технологией ED-EDBM». Поскольку электродезаляционная установка – проточного типа, температура рабочего раствора зависела от стадии обработки и изменялась в пределах (23–34) °С. Особенности технологии заключались в том, что обработка высококонцентрированного лактозосодержащего сырья производилась без дополнительного разбавления водой, при этом для коррекции кислотности ретентата и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты. На рис. 2 (а, б) представлена характерная динамика электродезаляционного процесса, вклю-

чающая различные стадии обработки (классический и биполярный электродезалялиз).

Проведенные исследования продемонстрировали стабильность процесса безреагентной деминерализации и коррекции рН нанофильтрационного ретентата сыворотки моцарелла, несмотря на существенное изменение качественных характеристик исходного сырья, подававшегося на переработку. В результате промышленных испытаний получен концентрированный продукт, соответствующий по показателям сыворотке молочной с уровнем деминерализации свыше 90 %.

Концентраты, получаемые при переработке нанофильтрационного ретентата сыворотки моцарелла

В процессе обработки нанофильтрационного ретентата сыворотки моцарелла по «Технологии ED-EDBM» были получены побочные продукты, в виде трех отдельных водных концентратов солей: концентрат первой ступени (стадии), который используется внутри «Технологии ED-EDBM»; концентраты второй и третьей ступеней (объемами 30 и 15 % соответственно, к общему объему деминерализованного ретентата сыво-

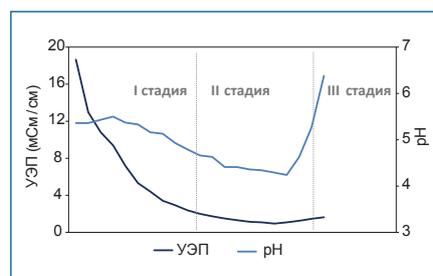


Рис. 3. Динамика процесса электродезаляции обратнoосмотического ретентата сыворотки моцарелла по Технологии ED-EDBM: УЭП – удельная электропроводность ретентата, мСм/см; рН – активная кислотность ретентата

ротки моцарелла). Результаты исследований минерального состава водных концентратов солей второй и третьей ступеней показывают новые перспективы «Технологии ED-EDBM» с экологической точки зрения. Во-первых, возможность получения трифосфата кальция в качестве побочного коммерческого продукта и, во-вторых, возможность возврата концентрата в технологический процесс. В частности, в процессе электродезаляционной обработки по «Технологии ED-EDBM» образуются химические реагенты собственного производства (щелочно-солевой и кислотно-солевой растворы с концентрацией (2,5–3) %), которые были использованы для СIP-мойки оборудования.

Таким образом, общие потери полезных компонентов в солевой концентрат при обработке нанофильтрационного ретентата сыворотки моцарелла с повышенным содержанием сухих веществ (около 26 % СВ) не превышают (1,5–2,0) %, что ниже среднеотраслевых при использовании электродезаляции.

Переработка обратнoосмотического ретентата сыворотки

В процессе переработки обратнoосмотического ретентата сыворотки моцарелла были также смоделированы все стадии электродезаляционной обработки, соответствующие требованиям «Технологии ED-EDBM». Поскольку электродезаляционная установка – проточного типа, температура рабочего раствора зависела от стадии обработки и изменялась в пределах (25–31) °С. При этом обратнoосмотический ретентат, как и нанофильтрационный, использовался без дополнительного разбавления водой и для коррекции кислотности ретентата и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты. В процессе деминерализации обратнoосмотического ретентата сыворотки был получен промежуточный продукт – частично обессоленный ретентат (уровень деминерализации около 50 %), соответствующий по своему химическому составу нанофильтрационному ретентату сыворотки моцарелла. На рис. 3 представлена характерная динамика электродезаляционного

процесса, включающая различные стадии обработки (классический и биполярный электродиализ).

В результате промышленных испытаний получен концентрированный продукт, аналогичный первой серии экспериментов, и соответствующий по показателям сыровотке молочной с уровнем деминерализации свыше 90 %.

Переработка ультрафильтрационного пермеата

В процессе переработки ультрафильтрационного пермеата сыровотки моцарелла с высоким содержанием лактозы, фосфатов и органических кислот были смоделированы требуемые стадии электродиализной обработки, соответствующие «Технологии ED-EDBM».

Ультрафильтрационный пермеат сыровотки моцарелла использовался без дополнительного разбавления водой, и для коррекции кислотности ретентата и удаления органических кислот не использовались дополнительные химические реагенты. На рис. 4 представлена характерная динамика электродиализного процесса обработки ультрафильтрационного пермеата сыровотки моцарелла при температуре (39–40) °С.

В результате исследований был получен деминерализованный пермеат сыровотки моцарелла, соответствующий по показателям сыровотке молочной с уровнем деминерализации свыше 90 %.

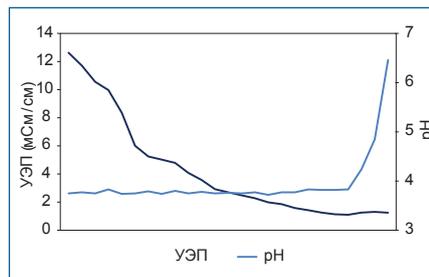


Рис. 4. Динамика процесса электродиализа ультрафильтрационного пермеата сыровотки моцарелла по Технологии ED-EDBM: УЭП – удельная электропроводность пермеата, мСм/см; рН – активная кислотность пермеата

Таким образом, проведенные лабораторные исследования и опытно-промышленная апробация электродиализного оборудования «МТЛТ» убедительно подтверждают применимость «Технологии ED-EDBM» для глубокого обессоливания (степень деминерализации выше 90 %) и безреагентной корректировки кислотности лактозосодержащего сырья с повышенным содержанием сухих веществ и высококонцентрированных технологических растворов. При этом не требуется дополнительного разбавления растворов водой и за счет поточности обеспечивается минимальное пребывание обрабатываемого сырья в технологической схеме. Наиболее предпочтительной является переработка нанофильтрационных ретентатов с содержанием сухих веществ (26–28) %, золы (1,0–1,6) %, органических кислот – до 1,2 %. Именно при переработке продуктов с такими

качественными показателями объективно достигаются наилучшие технико-экономические показатели.

**Работа выполняется при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, договор МОН 03.G25.31.0241*

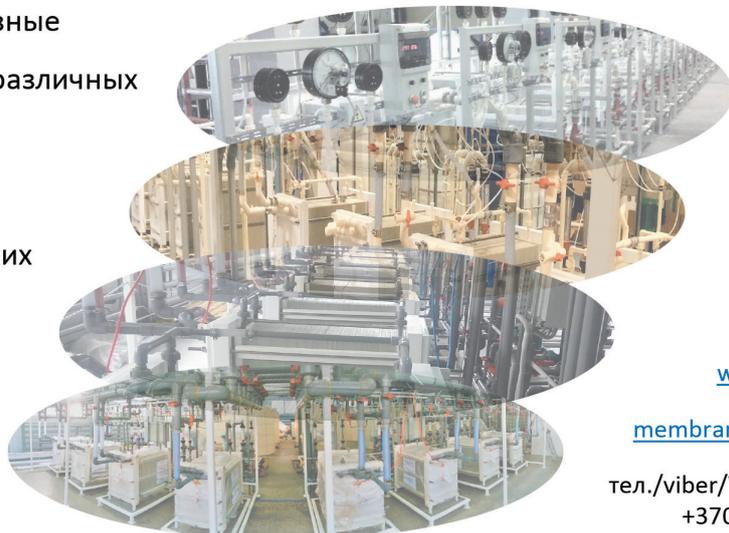
Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 23.12.2014 № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям».
2. Евдокимов И.А. Электродиализ молочной сыровотки: монография / И.А. Евдокимов, Н.Я. Дыкало, А.В. Пермяков. – Георгиевск: ГТИ СевКавГТУ, 2009 – 248 с.
3. Евдокимов И.А. Развитие мембранных технологий: рациональность и безотходность / И.А. Евдокимов // Молочная промышленность. – 2010. – № 12. – С. 60–65.
4. [Электронный ресурс] www.mtl.lt
5. Патент 2611145 Рос. Федерация, МПК8 C13B 35/00 (2011.01). Способ комплексной очистки густых сахаросодержащих растворов с целью извлечения из них сахарозы / В.Н. Платонов, О.Д. Платонова, Л.Л. Клименко, Л.И. Толмачев, Д.А. Журавлев. – № 2015156893; заявл. 30.12.2015; опубл. 21.02.2017, Бюл. № 6.
6. [Электронный ресурс] <https://www.linkedin.com/pulse/membranes-technologijos-lt-electrodialysis-units-leonid-tolmachev/>
7. [Электронный ресурс] <https://www.linkedin.com/pulse/environmental-efficient-technology-alkaline-using-leonid-tolmachev/>
8. Евдокимов И.А. Классический и биполярный электродиализ в инновационных технологиях переработки творожной сыровотки / И.А. Евдокимов, Л.И. Толмачев, А.Д. Бондарчук, В.А. Кравцов, Б.А. Даржания // Молочная промышленность. – 2018. – № 9. – С. 69–72.



Membranes Technologijos LT

Инновационные электродиализные технологии деминерализации различных видов молочной сыровотки, лактозосодержащего сырья с повышенным содержанием сухих веществ, концентратов сыровоточных белков и других продуктов молочного производства



www.mtl.lt

membrane@mtl.lt

тел./viber/WhatsApp:
+370 680 49076

Skype: membranines

Компания-производитель: ЗАО «Мембранинес Технологиос ЛТ» (МТЛТ) Литва, 94101 Клайпеда, ул. Майну, 6

реклама