

УДК 637.143:637.344

Т.А. Волкова

ВНИИМС – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Углич

ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ

Рассматриваются вопросы фракционирования молочной сыворотки для получения низко-белковых и высокобелковых концентратов сывороточных белков. Технологии получения продуктов глубокой переработки молочной сыворотки позволят реализовать ее безотходную переработку на предприятиях, оснащенных высокотехнологичным оборудованием.

Ключевые слова: *молочная сыворотка, мембранное фракционирование ультрафильтрация, концентраты сывороточных белков*

Молочная сыворотка по своему составу, пищевой и биологической ценности относится к ценнейшему сырью с естественным набором жизненно важных компонентов, из которого можно производить необычайно широкую гамму не только пищевых продуктов и косметических препаратов, но и средств лечебно-диетической направленности.

С точки зрения промышленной переработки молочная сыворотка прошла довольно долгий путь от побочного продукта, необходимость в утилизации которого была вызвана нормативными ограничениями сброса органических отходов, до ценного сырья, необходимого для производства высокомаржинальных функциональных ингредиентов.

Белки молочной сыворотки содержат весь комплекс незаменимых аминокислот и относятся к полноценным белкам, имеют повышенную биологическую ценность по сравнению с казеином и являются наиболее полноценными среди изученных пищевых белков [1].

Аминокислотный состав сывороточных белков близок к аминокислотному составу мышечной ткани человека, а по содержанию аминокислот с разветвленной цепью: валина, лейцина и изолейцина, они превосходят все остальные белки животного происхождения [2].

Известные способы выделения сывороточных белков из молочной сыворотки основаны на их физико-химических свойствах. В настоящее время наиболее распространены два способа: это термокислотная коагуляция и ультрафильтрация.

Недостатком термокислотной коагуляции является низкое количество и качество выделенного белка, а также использование химических реагентов, которые остаются в готовом продукте.

Большие возможности в совершенствовании технологических решений при производстве как традиционных, так и новых концентрированных сывороточных продуктов, получение которых традиционными технологическими приемами практически невозможно, открывает применение нанотехнологий и, в частности, мембранных процессов. Значительным преимуществом мембранных процессов является невысокая энергоемкость, возможность направленного регулирования состава и свойств получаемого продукта без изменения нативности компонентов перераба-

тываемого сырья, широкий диапазон рабочих температур, простота и надежность в эксплуатации, возможность автоматизации [3].

Значение мембранной технологии возросло, прежде всего, как одного из реальных способов получения продуктов здорового питания, в полной мере удовлетворяющих тезису «Пища – лекарство». Мембранные технологии могут значительно повысить выход готовой продукции, в том числе и лечебно-профилактической направленности, соответственно снизив при этом долю выбросов в окружающую среду по сравнению с традиционными методами переработки [5].

В соответствии с концепцией применения нанотехнологий в молочной промышленности молочную сыворотку можно и нужно рассматривать как идеальное сырье для нанотехнологических процессов. Такой вывод напрашивается из анализа дисперсного состава компонентов молочной сыворотки (табл. 1) [1, 4].

Таблица 1

Дисперсный состав молочной сыворотки

Компонент молочной сыворотки	Размер молекулы компонента (частицы), нм	Доля компонента в составе сыворотки, %
Вода	0,1–0,2	94,0
Жир	1000–5000	0,2–0,5
α - Лактоглобулин	15–20	0,36
β - Лактоглобулин	25–50	0,13
Лактоза	1,0–3,5	4,0–4,5
Минеральные соли	0,2–4,0	0,7–0,8

Анализируя данные, представленные в табл. 1, можно сделать вывод о том, что более 80 % сухого вещества молочной сыворотки представлено компонентами, размер которых идеализирован к нанообласти: лактоза (70 %) – на уровне 3,0–3,5 нм, сывороточные белки – 15–50 нм, минеральный комплекс – менее 4 нм в диссоциированном состоянии [1].

То есть мембранные процессы, тесно связанные с молекулярной массой и размерами компонентов сырья, для такой сложной гетерогенной системы как молочная сыворотка подходят в первую очередь.

Мембранные процессы классифицируются как *электромембранные* и *баромембранные* [6]. Основными принципами и тех, и других являются:

- фракционирование отдельных компонентов и получение их определенного соотношения (возможность регулирования состава и свойств);
- безотходность технологии при сравнительно небольших энергозатратах;
- экологичность применяемых технологических операций и процессов;
- минимальное воздействие на сырье;
- создание на основе молочной сыворотки новых молочных продуктов с пониженной калорийностью и повышенной биологической ценностью;
- полная автоматизация и механизация производственных процессов [7].

Электромембранная обработка ассоциируется с электродиализом. Сущность электродиализа заключается в направленном переносе ионов через ионоселективные мембраны под воздействием постоянного электрического поля [3, 8].

Баромембранные процессы – процессы, осуществляемые под действием перепада давления. При подаче продукта под давлением через мембраны с различным размером пор молочная сыворотка разделяется на фракции. Субстанция, проходящая через поры, называется пермеатом (фильтратом); субстанция, задерживаемая мембраной, называется ретентатом (концентратом) [8].

Разновидностями баромембранных процессов считаются ультрафильтрация (УФ), микрофильтрация (МФ), нанофильтрация (НФ) и обратный осмос (ОО) [8].

Для *ультрафильтрации* характерны следующие технологические режимы: скорость потока в фильтрующем канале – 2–5 м/с, диаметр пор УФ-мембран – от 40 до 50 нм, давление на входе 0,1–1,0 МПа. Ультрафильтрация используется для концентрирования жира, казеина и сывороточных белков [8].

Для *обратного осмоса* характерны следующие технологические режимы: скорость потока в фильтрующем канале – 1–2 м/с, диаметр пор ОО-мембран – 1–3 нм, давление на входе – 3,5–5,0 МПа. Используется для отделения растворителя от растворенных веществ, т.е. концентрирования сухих веществ молочного сырья [8].

Нанофильтрация – промежуточный процесс между УФ и ОО. Для нанофильтрационных фильтрующих элементов предлагаются следующие технологические режимы: скорость потока в фильтрующем канале 1,0–1,5 м/с, диаметр пор НФ-мембран – 1–10 нм, давление на входе – 1,5–2,5 МПа. Данный процесс позволяет не только сконцентрировать молочное сырье, но и частично выделить из него минеральные вещества. На выходе, в зависимости от реализации нанофильтрационного процесса, получают сывороточные концентраты с массовой долей сухих веществ 16–20 % и уровнем деминерализации 20–40 % [8].

Микрофильтрация (МФ) осуществляется с помощью мембран, имеющих поры диаметром от 100 нм до 10 мкм, давление ниже 0,1 МПа.

Ультрафильтрация позволяет получить неденатурированные белки, обладающие важными функциональными свойствами: хорошей растворимостью; способностью стабилизировать дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии) и образовывать гели; прекрасными адгезионными и реологическими свойствами (вязкостью, эластичностью); водосвязывающей, жиросвязывающей, текстурирующей и пленкообразующей способностью [9, 10].

Наиболее важными сферами применения низкобелковых концентратов сывороточных белков (массовая доля белка в сухом веществе 40 % и 60 %) являются: производство хлебобулочных и макаронных изделий, кондитерская, молочная и масложировая промышленность, производство мясных продуктов, продуктов быстрого приготовления, плавленых сыров, мороженого, различных соусов и майонеза. Они позволяют частично заменить такие рецептурные компоненты, как яйца, кондитерские жиры, сухое молоко [11].

Для улучшения степени очистки белка применяется метод диафильтрации. Диафильтрация (ДФ) – это введение в полученный сывороточный белковый концентрат дополнительного количества воды. Оставшиеся в белковом концентрате соли, минералы и прочие вещества растворяются. Их концентрация снижается, они легче проникают через мембрану, чем достигается значительное повышение эффективности ультрафильтрации.

С помощью ультра- и диалфильтрации возможно получение растворимых сывороточных высокобелковых концентратов с повышенной массовой долей белка 80–90 % в сухом веществе продукта, необходимых для производства отечественных продуктов детского, диетического и геронтологического питания, заменителей женского молока, специальных высокобелковых питательных смесей для медицинского и спортивного питания [12].

Использование КСБ-УФ позволяет восполнить дефицит эссенциальных пищевых веществ, осуществить иммунокоррекцию, повысить неспецифическую резистентность организма к воздействию экологически и экстремально неблагоприятных условий.

Постоянная модернизация и совершенствование мембранного оборудования при системном понимании функциональных свойств ингредиентов молочной сыворотки привели к тому, что участки мембранного фракционирования стали обязательным элементом любого современного молочного предприятия.

Технологии получения продуктов глубокой переработки молочной сыворотки путем ее фракционирования позволяют реализовать безотходную переработку молочной сыворотки, особенно на крупных предприятиях, оснащенных высокотехнологичным оборудованием с организацией процессов, основанных на наукоемких технических решениях. Преимуществом получаемых продуктов является высокая степень их востребованности на российском рынке.

Повышение качества и конкурентоспособности продуктов глубокой переработки молочной сыворотки приведет к сокращению импорта функциональных продуктов из молочной сыворотки, повышению продовольственной безопасности страны, созданию отечественного поколения продуктов здорового питания для детерминированных групп населения, сохранению генофонда нации для гарантии ее активного долголетия.

Список использованной литературы:

1. **Храмцов, А.Г.** Новации молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – СПб: ИД Профессия, 2016. – 490 с.
2. **Храмцов, А.Г.** Современные направления высокотехнологичной переработки молочной сыворотки / А.Г. Храмцов // Переработка молока. 2023. № 1. С. 30–32.
3. **Гаврилов, Г.Б.** Справочник по переработке молочной сыворотки. Технологии, процессы и аппараты, мембранное оборудование / Г.Б. Гаврилов, А.Ю. Просеков, Э.Ф. Кравченко, Б.Г. Гаврилов. – СПб: ИД Профессия, 2015. – 176 с. <https://www.elibrary.ru/zrojpt>
4. **Храмцов, А.Г.** Использование молочной сыворотки в продуктах функционально питания / А.Г. Храмцов // Переработка молока. 2012. №7. С. 50–53.
5. **Волкова, Т.А.** Значимость продуктов из сыворотки в современном ассортименте пищевой продукции / Т.А. Волкова // Современные достижения биотехнологии. Актуальные проблемы молочного дела: материалы V межд. науч.-практ. конф. – Ставрополь: ФГАОУ ВПО СКФУ, 2015. – С. 62–65. <https://www.elibrary.ru/ukzfyp>
6. **Володин, Д.Н.** Мембранные технологии переработки сыворотки: эффективные и рентабельные решения / Д.Н. Володин, А.С. Гридин, В.К. Топалов, Е.Ю. Иванченко, И.А. Евдокимов, И.К. Куликова // Переработка молока. 2022. № 7. С. 6–11. <https://www.elibrary.ru/edkzid>
7. **Челноков, В.В.** Актуальность использования в промышленных масштабах мембранных технологий в Российской Федерации / В.В. Челноков, А.В. Михайлов, Е.Ю. Заболотная // Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34. № 6(229). С. 69–71. <https://www.elibrary.ru/autfrh>
8. **Тамим, А.И.** Мембранные технологии в производстве напитков и молочных продуктов / А.И. Тамим. – Пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2016. – 418 с.

9. **Володин, Д.Н.** Комплексный подход к производству белковых ингредиентов на основе молочного сырья / Д.Н. Володин, В.К. Топалов, И.А. Евдокимов, И.К. Куликова, М.И. Шрамко // Молочная промышленность. 2022. № 1. С. 34–36.

10. **Золоторева, М.С.** Особенности технологии высокобелковых концентратов из молочной сыворотки/ М.С. Золоторева, Д.Н. Володин, А.С. Гридин, И.А. Евдокимов, П. Мертин, В.Д. Харитонов, А.Н. Киреев // Переработка молока. 2018. № 4. С. 22–24. <https://www.elibrary.ru/yxoqmb>

11. **Волкова, Т.А.** Мембранные процессы в производстве молочной сыворотки – путь к здоровому питанию / Т.А. Волкова // Переработка молока. 2019. № 11. С. 44–46. <https://www.elibrary.ru/ghymdk>

12. **Волкова, Т.А.** Белковый комплекс сыворотки молока / Т.А. Волкова // Переработка молока. 2020. № 8. С. 92–94. <https://www.elibrary.ru/pgqfdq>