

УДК 637.146.4: 621.3.082.75
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОАГУЛЯЦИЯ БЕЛКОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет
 г. Минск, Республика Беларусь

Одним из наиболее ценных компонентов молока являются сывороточные белки (альбумины и глобулины), которые обладают ценнейшими биологическими свойствами, они содержат оптимальный набор незаменимых аминокислот, необходимых для организма животного.

В Беларуси промышленно перерабатывают не более 20% сыворотки. Использование белка сыворотки могло бы дополнительно дать народному хозяйству до 9 тыс. тонн высокоценного белка, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Известные способы коагуляции белка позволяют выделить не более 60%. Все это доказывает как с экономической, так и с экологической точек зрения необходимость и целесообразность разработки способа позволяющего наиболее полно (80...90%) извлечь белок из молочной сыворотки.

Наиболее перспективным способом, по нашему мнению, является электрохимическая коагуляция. Сущность способа заключается в создании концентрации анионов и катионов, соответствующей изоэлектрической точке коагуляции белков путем пропускания электрического тока через молочную сыворотку, размещенную между электродами разделенными ионопроницаемой мембраной.

Согласно общепринятой физической теории коагуляции устойчивость коллоидной системы зависит от соотношения энергий межмолекулярного притяжения W_M , электрического отталкивания $W_э$, диполь-дипольного взаимодействия частиц W_D .

Суммарная энергия взаимодействия двух частиц

$$W = W_э + W_M + W_D \quad (1)$$

В уравнении (1) принимаем энергию отталкивания положительной, а энергию притяжения – отрицательной.

Для двух сферических частиц энергия электростатического отталкивания

$$W_э = 16\epsilon_0\epsilon_v \left(\frac{RT}{F}\right)^2 \text{th}\left(\frac{\varphi_0 z_i e}{4kT}\right) \frac{a}{S} \exp[\chi a(S-2)] \quad (2)$$

где ϵ_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м; ϵ_v - относительная диэлектрическая проницаемость коллоидной среды; R - газовая постоянная, Дж/моль·К; T - температура, К; φ_0 - полный потенциал, В; z_i - валентность i -го иона; e - заряд электрона, Кл; k - постоянная Больцмана, Дж/К; F - число Фарадея, Кл · моль⁻¹; a - размер частицы, м; S - относительное расстояние между частицами; χ - параметр Дебая - Гюккеля, м⁻¹.

Энергия межмолекулярного притяжения

$$W_M = -\frac{A}{6} \left(\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) \quad (3)$$

где A - постоянная Гамакера, Дж.

Энергия диполь - дипольного взаимодействия

$$W_D = -4\epsilon_0\epsilon_v \left[0,5 - 3 \frac{\text{ch}\left(\frac{a z_i e}{2kT}\right) - 1}{4\text{ch}\left(\frac{a z_i e}{2kT}\right) + \chi a} \right] \left(\frac{a}{S}\right)^3 E^2 \quad (4)$$

где E - напряженность внешнего электрического поля, В/м.

Исходя из (1)...(4) коагуляция наступает тогда, когда суммарная энергия межмолекулярного и диполь-дипольного притяжения ($W_M + W_D$) превысит энергию электростатического отталкивания (W_3), или же общая энергия системы (W) станет меньше нуля.

Суммарная энергия взаимодействия белковых молекул W зависит от ряда факторов, важнейшие из которых – температура коагуляции T и электрокинетический потенциал ζ . Снижение дзета – потенциала менее энергоёмко, чем повышение температуры. Величина электрокинетического потенциала зависит от концентрации анионов и катионов в среде. Следовательно, изменяя pH молочной сыворотки, можно воздействовать на значение ζ – потенциала, а значит, на суммарную энергию взаимодействия молекул белка и, в конечном счёте, на процесс коагуляции. Изменить pH среды можно постоянным электрическим током, регулируя количество электричества Q , при определенном значении которого белок переходит в изоэлектрическое состояние, наиболее благоприятное для его коагуляции, то есть, варьируя величину Q , мы можем воздействовать на значение электрокинетического потенциала и тем самым контролировать коагуляционные процессы. Экспериментальные исследования подтверждают данные теоретические выкладки.

Молочную сыворотку обрабатывали постоянным электрическим током в электрокоагуляторе, разделенном мембранной перегородкой, варьируя количество электричества в необходимом диапазоне, что изменяло pH среды в пределах (3,0...11).

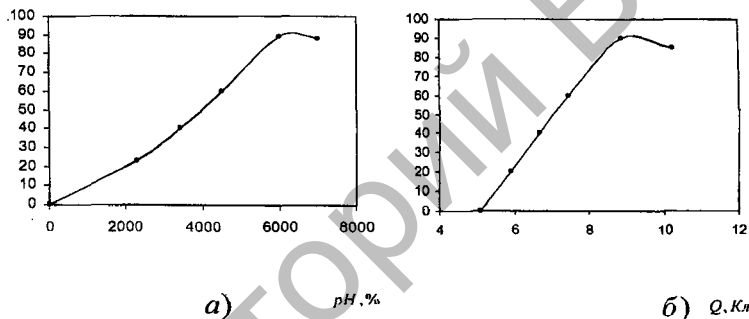


Рисунок 1 – Зависимость выделения белка (К) молочной сыворотки от pH (а) и количества электричества Q (б)

Как показывают экспериментальные исследования (рисунок 1, а) наибольший выход белка (90...95 %) при pH = 8...9, что соответствует изоэлектрической точке коагуляции белков молочной сыворотки. На рисунке 1, б показана зависимость выхода белка молочной сыворотки от количества электричества. Увеличение Q до 6000 Кл·кг⁻¹ приводит к максимальной коагуляции, что обусловлено воздействием Q на величину водородного показателя. Происходит слияние клубков белка, увеличение их веса, что приводит к выпадению в осадок (коагуляция). Дальнейший рост количества электричества не вызывает увеличения выхода белка.

Таким образом электрохимическая коагуляция позволяет выделить 90...95% белков, при температуре не выше 30 °С, при этом энергоёмкость не превышает 0,12 МДж/кг, что снижает энергоёмкость процесса в 2...3 раза по сравнению с известными способами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Введение в электрохимическую кинетику.– М.: Высшая школа, 1983.-395 с.
2. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – М.: Химия, 1973.-254с.
3. Самуэльсон О. Ионобменные разделения в аналитической химии – М.: Химия, 1973.-415 с.
4. Храмов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки.-М.: ДеЛи-принт, 2004.-588 с.