

СЕКЦИЯ 3
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
АПК

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ
БЕЛКОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Заяц Е. М. д.т.н., профессор,
Кривовязенко Д. И. старший преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ

Актуальность. Анализ отечественных и зарубежных источников показывает, что проблема полного использования молочной сыворотки не решена ни в одной стране. По данным Международного молочного фонда, в настоящее время, до 50% молочной сыворотки сливают в канализацию, тем самым создавая проблему защиты окружающей среды [1,3]. Использование белков молочной сыворотки позволило бы увеличить эффективность переработки молока, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Все это доказывает необходимость и целесообразность организации полного сбора и переработки молочной сыворотки как с экономической, так и с экологической точек зрения.

Постановка проблемы. В настоящее время разработаны или разрабатываются различные методы выделения белков из сыворотки: тепловые, химические, механические, электрические, и их сочетания.

Обобщенные показатели способов выделения белков из молочной сыворотки показаны в таблице 1, из которой следует, что основным недостатком известных способов является неполное выделение белков и высокая энергоемкость.

Таблица 1 – Сравнительные показатели способов коагуляции белков молочной сыворотки

Способ коагуляции	Конечная температура, °С	Выделение белков, %	Энергоемкость, МДж/кг сыворотки
Тепловой	95	25...30	0,34
Химический	20	40...55	0,18
Термохимический	93	50...55	0,30
Механический	55	18...20	0,16
Электрохимический	40	45...50	0,12
Электротехнологический	30	80...90	0,06

Устранить или снизить отмеченный недостаток можно электро-технологическим способом коагуляции белков, суть которого состоит в следующем.

Решение проблемы. Согласно теории Дерягина-Ландау-Фервея-Оверберка [4] устойчивость коллоидной системы зависит от соотношения энергий межмолекулярного притяжения W_m , электростатического отталкивания W_z , диполь-дипольного взаимодействия частиц W_d . Коагуляция наступает тогда, когда суммарная энергия межмолекулярного и диполь-дипольного притяжения (W_m+W_d) превысит энергию электростатического отталкивания или же общая энергия системы (W) станет меньше или равна нулю.

Суммарная энергия взаимодействия белковых молекул зависит от ряда факторов. Наиболее действенными являются – температура коллоидной среды, напряженность электрического поля, потенциал диффузионной части двойного слоя белковых молекул. Путем моделирования на ЭВМ установлена значимость этих факторов.

Коагуляция белков сыворотки нагреванием возможна при температуре более 323К. Изменением напряженности внешнего электрического поля от 300 до 4000 В/м уменьшает суммарную энергию только на 0,002%, что не является значимым. Наибольший интерес представляет влияние потенциала диффузионной части двойного слоя ϕ_0 на границе раздела поверхность белковой молекулы – коллоидная среда на суммарную энергию W . Коагуляция начинается при $\phi_0=25...30$ мВ.

Известно, что величина потенциала ϕ_0 зависит от концентрации анионов и катионов. Эту концентрацию можно регулировать пропуская определенное количество электричества через белоксодержащую среду, расположенную между токопроводящими электродами, разделенными между собой токопроводящей мембраной.

Концентрация ионов в жидкой фазе (1) и на поверхности мембраны белковой клетки (2).

$$C^0 = C^{нач} + \frac{q}{F}(\eta_a - \eta_k) \quad (1) \qquad C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2\Delta n}{zFD\tau} \quad (2)$$

где $C^{нач}$ – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе;

η_a, η_k – выход по току анионов и катионов соответственно;

q – удельное количество электричества, протекающего через среду; δ – толщина диффузионного слоя;

z – заряд ионов;

F – число Фарадея;

D – коэффициент диффузии ионов в растворе;

τ – время обработки;

Δn – разность чисел переноса ионов в мембране белковой клетки и растворе.

Принимая, что основными активными ионами является H^+ и OH^- , которые создают на поверхности белковой клетки группы кислотных и основных зарядов, суммарная плотность поверхностного заряда белковой клетки.

$$\rho_n = \frac{\rho_b C_n^2 + K_a(\rho_b - \rho_a)C_n - \frac{K_w K_a}{K_b} \rho_a}{C_n^2 + \left(\frac{K_w}{K_b} + K_a\right)C_n + \frac{K_w K_a}{K_b}} \quad (3)$$

где K_a, K_b, K_w – константы диссоциации кислотной, основной группы и воды соответственно; ρ_a, ρ_b – плотность зарядов кислотной и основной групп.

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_{ц}}{2\epsilon_c} \ln\left(\frac{h + \sqrt{R_{ц}^2 + h^2}}{R_{ц}}\right) \quad (4)$$

где $R_{ц}$ – радиус белковой частицы; ϵ_c – относительная диэлектрическая проницаемость белков содержащей среды; h –

Допуская, что потенциал диффузионной части двойного слоя вокруг белковой клетки примерно равен потенциалу на поверхности белковой клетки из уравнения (1)...(4) находят необходимое значение концентрации ионов и количества электричества при котором коагуляция белков максимальна.

Нашими исследованиями установлено, что изменением концентрации ионов в молочной сыворотке, расположенной в анодной и катодной зонах электродной системы позволяет коагулировать до 80...90% белков при температуре не выше 30⁰С. При этом энергоёмкость коагуляции не превышает 0,06МДж/кг сыворотки (строка 6, таблица 1).

Вывод. Электротехнологический способ коагуляции позволяет выделить из молочной сыворотки до 90% белков, что существенно снижает загрязнение окружающей среды.

Литература

1. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки: Учебное пособие.– М.: ДеЛи принт, 2004.– 587 с.

2. Заяц Е. М. Основы электротермохимических методов обработки влажных кормов. Мн., 1997.
3. Синкевич Т., Ридель К.П. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе. – М.: «Агропромиздат», 1989.
4. Эстрела – Льюис В.Р. и др. Об энергии взаимодействия двух сферических коллоидных частиц во внешнем электрическом поле // Коллоидный журнал. – 1974, вып. 6, т. 36.
5. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Карпович А.М., аспирант, Е.В. Галушко, к.т.н., доцент,
А.Г. Сеньков, к.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет»*, Шестаков К.М., к.т.н.,
доцент, *УО «БГУ», г. Минск, РБ*

Севооборот представляет собой моделирование временной зависимости процесса чередования сельскохозяйственных культур и набора паров на выбранной территории [1]. Проблема оптимального севооборота влечет наличие существенного числа дополнительных параметров. В реальных условиях подобный вопрос вызывает наличие существенных программных затрат.

Рассмотрим дискретную модель оптимизации при учете выноса гумуса. Применение методов линейного программирования при оптимизации урожайности не представляется рациональным, так как влечет большие затраты на обработку данных [3].

Решение задачи поиска оптимального севооборота с помощью элементов динамического программирования, заключается в разбиении общей задачи на подзадачи и в процессе распараллеливания процесса поиска оптимального решения. Данный подход позволяет сократить время компьютерных вычислений в сравнении с линейными методами и разбивать общую проблему поиска на подзадачи, требующие меньших компьютерных затрат.

Основой используемого метода является комбинация элементов дискретной оптимизации, которая является приемлемым способом