

Техническое и энергетическое обеспечение производства аграрной продукции

УДК 635.21.077: 621.365

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Дубодел И.Б., Корко В.С.

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

В статье предложен способ коагуляции белков, основанный на химическом действии электрического тока, позволяющий снизить энергоемкость процесса и увеличить выделение белков. Применяемые на сегодняшний день методы и технологии очистки стоков являются несовершенными. В настоящее время наиболее эффективным является электрохимический метод, к которому относят электрокоагуляцию. Максимально полный сбор и переработка белковосодержащих продуктов, переход на безотходные энергоэкономичные технологии позволит решить проблему охраны окружающей среды и получить ощутимый экономический эффект.

Ключевые слова: белковосодержащая среда, коагуляция, изоэлектрическая точка, количество электричества, температура.

INNOVATIVE WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY

Dubodel I.B., Korko V.S.

Educational institution "Belarusian State Agrarian Technical University"
Minsk, Republic of Belarus

This article proposes a method for protein coagulation based on the chemical action of electric current, which reduces energy consumption and increases protein recovery. Current wastewater treatment methods and technologies are imperfect. Currently, the most effective method is electrochemical coagulation. Maximizing the collection and processing of protein-containing products and switching to waste-free, energy-efficient technologies will address environmental concerns and yield significant economic benefits.

Keywords: protein-containing medium, coagulation, isoelectric point, amount of electricity, temperature.

Длительное время развитие способов защиты окружающей среды от загрязнений вредными отходами шло по пути строительства очистных сооружений. Однако в последнее время становится все более очевидным, что наиболее рациональным решением проблемы является внедрение малоотходных и безотходных технологий.

Применяемые на сегодняшний день методы и технологии очистки стоков являются несовершенными, и в ряде случаев не обеспечивают необходимую степень очистки и утилизацию всех побочных продуктов, образующихся в этом процессе. Кроме того, применяемые решения не всегда являются экономически обоснованными и энергетически эффективными.

Во всех случаях очистки стоков первой стадией является механическая очистка, предназначенная для удаления взвесей и дисперсно-коллоидных частиц. Последующая очистка от загрязняющих веществ осуществляется различными методами:

- физико-химическими (флотация, абсорбция, ионный обмен, дистилляция,

Техническое и энергетическое обеспечение производства аграрной продукции

обратный осмос, ультрафильтрация и др.);

- химическими (реагентная очистка);
- электрохимическими;
- биологическими;
- прочими.

В настоящее время наиболее эффективным является электрохимический метод, к которому относят электрокоагуляцию.

Достоинства электрокоагуляции состоят:

- компактности установки, простоте управления;
- отсутствие химических реагентов;
- невысокое потребление электроэнергии;
- малая чувствительность к изменению условий проведения очистки (рН среды, температура и т.д.);
- высокая степень очистки, получение осадка с хорошими структурно-механическими свойствами;
- возможность получение белков для производства корма для животных.

Предлагаемый способ коагуляции белков основан на химическом действии электрического тока, позволяющий снизить энергоёмкость процесса и увеличить выделение белков.

Коагуляция белковосодержащих сред под действием внешнего электрического поля зависит от баланса трех энергий – межмолекулярного притяжения W_m , электростатического отталкивания W_s , диполь-дипольного взаимодействия частиц W_d [1...4]:

$$W = W_m + W_s + W_d = 16 \varepsilon_o \varepsilon_c \left(\frac{RT}{F} \right)^2 \text{th}^2 \left(\frac{\psi_o z_i e}{4kT} \right) \cdot a \frac{e^{-\chi \cdot a(S-2)}}{S} - \\ - \frac{A}{6} \left(\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) - 4 \varepsilon_o \varepsilon_c \left(\frac{ch \left(\frac{\psi_o z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left(\frac{\psi_o z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right)^2 \left(\frac{a}{S} \right)^3 E^2,$$

где $\varepsilon_o, \varepsilon_c$ – электрическая постоянная, Ф/м, и относительная диэлектрическая проницаемость среды; R – газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К; F – число Фарадея, Кл/моль; ψ_o – полный потенциал (потенциал диффузной части двойного слоя), В; z_i – валентность иона; e – заряд электрона, Кл; k – постоянная Больцмана, Дж/К; a – размер частицы, М; $S = h/a + 2$ – относительное расстояние между частицами; h – расстояние между частицами, м;

$\chi = \sqrt{\frac{8\pi e \sum n_i z_i}{\varepsilon_o \varepsilon_c kT}}$ – параметр Дебая-Гюккеля, м⁻²; A – постоянная Гамакера, Дж; E

– напряженность электрического поля, В/м.

Коагуляция происходит в случае, когда энергия молекулярного притяжения и дипольного взаимодействия превосходят энергию электростатического отталкивания, т.е. при отрицательном знаке суммарной энергии. Анализ уравнения, проведенный на ЭВМ, показал, что суммарная энергия

Техническое и энергетическое обеспечение производства аграрной продукции

взаимодействия коллоидных частиц в наибольшей мере зависит от температуры T и потенциала диффузной части двойного слоя ψ_0 . Напряженность электрического поля не оказывает заметное влияние на суммарную энергию взаимодействия частиц. Следовательно, возможна тепловая и химическая коагуляция белковосодержащих сред.

Тепловая коагуляция происходит при температуре выше 60°C . Химическая коагуляция возможна при $\psi_0 = (30 \dots 40) \cdot 10^{-3}\text{В}$. Так как ψ_0 -потенциал не поддается экспериментальному определению, его заменяют на электрокинетический потенциал ζ (дзета-потенциал), близкий по значению. На величину электрокинетического потенциала, особенно растворов белков, влияет рН среды, так как водородные и гидроксильные ионы обладают высокой способностью адсорбироваться; первые – благодаря малому радиусу, что позволяет им близко подходить к поверхности частицы, вторые – из-за большого дипольного момента. В кислой среде ζ - потенциал имеет положительный знак, а в щелочной – отрицательный. Значение ζ – потенциала равно нулю соответствует изоэлектрической точке (ИЭТ). В этой точке белки наименее устойчивы, так как число взаимодействующих ионизированных щелочных и кислотных групп в белковой молекуле будет одинаково и приведет к сворачиванию ее в клубок, плотность которого вследствие сил притяжения между разноименно заряженными группами максимальна. ИЭТ различна для разных растворов белков и колеблется от рН = 2 до рН = 11. Например, для картофелекрахмальных предприятий ИЭТ соответствует рН $\approx 4,8$. Следовательно, изменяя рН можно воздействовать на значение ζ - потенциала, а значит на суммарную энергию взаимодействия молекул белков и, в конечном счете, на процесс коагуляции.

Изменить рН среды можно воздействием внешнего электрического тока, регулируя вводимое количество электричества Q , при определенном значении которого белок переходит в изоэлектрическое состояние, наиболее благоприятное для его коагуляции, то есть варьируя величину Q , можно воздействовать на значение электрокинетического потенциала и тем самым контролировать коагуляционные процессы. Кроме того, способ коагуляции белковых молекул снижением ζ – потенциала предпочтительнее способу, основанному на изменении температуры, так как требует меньших затрат энергии.

На основании данных положений получена следующая математическая зависимость процесса электрокоагуляции белков сока картофеля:

$$W = 16\varepsilon_0\varepsilon_c \left(\frac{RT}{F}\right)^2 \operatorname{th}^2 \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{4kT} \right) \times a \frac{e^{-\chi a (s-2)}}{S} -$$

$$- \frac{A}{6} \left[\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right] - 4\varepsilon_0\varepsilon_c \left(0,5 - 3 \frac{ch \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left(\frac{(6,9 \cdot 10^{-2} - 10^{-5} Q) z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right)$$

$$\left(\frac{a}{S}\right)^3 E^2.$$

Техническое и энергетическое обеспечение производства аграрной продукции

Оптимальные параметры электрокоагуляции белков сока определены методом Монте-Карло. Критерием оптимизации служил минимум энергии взаимодействия белковых частиц. В результате получены следующие значения факторов, степень коагуляции при которых максимальна:

- количество электричества – $(6,5 \dots 7,5) \cdot 10^{-3}$ Кл/кг;
- рН среды – 4,6...5,0;
- температура обработки – 30...40⁰С.

Выход белков составил 93...95%. Таким образом, электрохимический способ увеличивает выход белков на 10...40%. Эффективность способа обработки белковосодержащих сред подтверждена лабораторией транспорта и регуляции обмена веществ растений института экспериментальной ботаники АН РБ.

Максимально полный сбор и переработка белковосодержащих продуктов, переход на безотходные энергоэкономичные технологии позволит решить проблему охраны окружающей среды и получить ощутимый экономический эффект.

Список литературы

1. Эстрелла-Льонис В.Р., Духин С.С. Поляризационные взаимодействия и электрокоагуляция // Коллоидный журнал – 1981, вып.5 т.43.
2. Дерягин Б.В. Теория гетерокоагуляции, взаимодействие и влияние разнородных частиц в растворах электролитов // Коллоидный журнал – 1954, вып.16 т.6.
3. Эстрелла-Льонис В.Р. и др. Об энергии взаимодействия двух физических коллоидных частиц во внешнем электрическом поле // Коллоидный журнал 1974, вып. 6 т. 36.
4. Дерягин Б.В. Устойчивость коллоидных систем // Успехи химии – 1979, № 4 т.48.