

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент;

Кардашов П.В., к.т.н., доцент;

Карко В.С., к.т.н., доцент;

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

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, 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 энергоемкость процесса и увеличить выделение белков.

Коагуляция белковосодержащих сред под действием внешнего электрического поля зависит от баланса трех энергий – межмолекулярного притяжения  $W_m$ , электростатического отталкивания  $W_\varepsilon$ , диполь-дипольного взаимодействия частиц  $W_\delta$  [1-4]:

$$W = W_m + W_\varepsilon + W_\delta = 16 \varepsilon_o \varepsilon_c \left( \frac{RT}{F} \right)^2 th^2 \left( \frac{\psi_0 z_i e}{4kT} \right) \cdot a \frac{e^{-\chi \cdot a(S-2)}}{S} - \\ - \frac{A}{6} \left( \frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) - 4 \varepsilon_o \varepsilon_c \left( 0,5 - 3 \frac{ch \left( \frac{\psi_0 z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left( \frac{\psi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right)^2 \left( \frac{a}{S} \right)^3 E^2,$$

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;  $\psi_0$  – 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<sup>-2</sup>;  $A$  – 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 взаимодействия коллоидных частиц в наибольшей мере зависит от температуры  $T$  и потенциала диффузной части двойного слоя  $\psi_0$ . 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<sup>0</sup>С. Химическая коагуляция возможна при  $\psi_0 = (30...40) \cdot 10^{-3}$ В. Так как  $\psi_0$ -потенциал не поддается экспериментальному определению, его заменяют на электрокинетический потенциал  $\zeta$  (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  $\zeta$  - потенциал имеет положительный знак, а в щелочной – отрицательный. Значение  $\zeta$  – 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  $\zeta$  - 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  $\zeta$  – 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:

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

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

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

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 –  $(6,5...7,5) \cdot 10^{-3}$  Кл/кг;
- рН среды – 4,6...5,0;
- температура обработки – 30...40°C.

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.