

концентрацией наполнителя, частицы которого имеют схожие размеры, но разный уровень адгезионного взаимодействия с матричным полимером, принципиально различно. Если резиновая крошка имеет высокую адгезию к полимеру, то композит сохраняет пластичность, если нет, то разрушается квазихрупко.

Список использованных источников

1. Гончарук Г.П., Серенко О.А., Никитин П.А., Баженов С.Л. Резинопласты – новый класс дисперсно-наполненных композиционных материалов // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2002. Т. 44. № 8. С. 1274–1280
2. Беспалов Ю.А., Коноваленко Н.Г. Многокомпонентные системы на основе полимеров.- Л.: Химия, 1981. 88 с.
3. Буряк В.П. Вторичные полимерные материалы // Полимерные материалы. – 2006. - № 12. – С. 16 – 22
4. Баженов С.Л., Гончарук Г.П., Кнунянц М.И., Авинкин В.С., Серенко О.А. Влияние частиц резины на механизм разрушения наполненного полиэтилена высокой плотности. // Высокомолекулярные соединения, Серия А. 2002. Т. 44. №4. С. 637–647
5. Nielsen L.E. Mechanical Properties of Polymers and Composites // J. Appl. Polymer Sci 1966. Vol. 10. N 1. P. 97–116

УДК 635.21.077: 621.365

И.Б. Дубодел, П.В. Кардашов, В.С. Корко

Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Республика Беларусь

ПЕРЕДОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. В статье предложен способ коагуляции белков, основанный на химическом действии электрического тока, позволяющий снизить энергоемкость процесса и увеличить выделение белков.

I.B. Dubodel, P.V. Kardashov, V.S. Korko

Belarusian State Agrarian Technical University
Minsk, Republic of Belarus

ADVANCED WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY

Abstract. The article proposes a method for coagulation of proteins, based on the chemical action of an electric current, which makes it possible to reduce the energy consumption of the process and increase the release of proteins.

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_s , диполь-дипольного взаимодействия частиц W_d [1...4]:

$$W = W_m + W_s + W_d = 16 \varepsilon_o \varepsilon_c \left(\frac{RT}{F} \right)^2 th^2 \left(\frac{\psi_0 z_i e}{4kT} \right) \cdot a \frac{e^{-\chi \cdot a(S-2)}}{S} -$$

$$- \frac{A}{6} \left(\frac{2}{S^2 - 4} + \frac{2}{S^2} + \ln \frac{S^2 - 4}{S^2} \right) - 4 \varepsilon_o \varepsilon_c \left(0,5 - 3 \frac{ch \left(\frac{\psi_0 z_i e}{2kT} \right) - 1}{4ch \left(\frac{\psi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a} \right)^2 \left(\frac{a}{S} \right)^3 E^2,$$

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; ψ_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⁻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 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 60⁰С. Химическая коагуляция возможна при $\psi_0 = (30...40) \cdot 10^{-3}$ 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 равное 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:

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

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

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

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 – $(6,5 \dots 7,5) \cdot 10^{-3}$ Кл/кг;
- pH 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 использованных источников

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.