

сравнению с $b_{\text{э}}$, при $W = 40\%$ уменьшается в 1,5 раза, а при $W = 70\%$ – в 4 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Делягин Г. В. и др. Теплогенерирующие установки. Учебник для вузов – Москва: Стройиздат, 1986.
2. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник / Под ред. В. А. Григорьева – Москва: Энергоиздат, 1982.
3. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства / Л. С. Герасимович и др. – Минск: Уралжай, 1993.
4. Китушин В. Г. Надёжность энергетических систем: учебное пособие для студентов электроэнергетических специальностей вузов. – Москва: Высшая школа, 1984. – 256 с.

УДК 537.39

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

Заяц Е.М., докт. техн. наук, профессор, Корко В.С., канд. техн. наук, доцент

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

Электрический ток как комплексный технологический фактор, оказывающий термическое, электрофизическое, электрохимическое и биологическое действие, используют в различных технологических процессах. Наибольший эффект обеспечивается при обработке растительных материалов, биологических сред, в основе деструкции или преобразований которых лежат физико-химические процессы. К ним можно отнести технологии электрохимической обработки воды с целью ее очистки, активации, получения полезных растворов; электрохимического изменения свойств органических дисперсных гидросистем, например, обработка кормовых материалов, коагуляция и извлечение белков, жиров и других веществ; электролитической регуляции активности микрофлоры в различных биологических процессах и др. [1...4].

В общем виде процессы термохимической обработки органических дисперсных гидросистем (ОДГС), к которым можно отнести материалы растительного и животного происхождения, представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеточной мембраной дисперсной частицы и жидкой фазой, скорость которых выражается уравнением

$$g = KS_{\text{э}}(C^S - C^0) \exp\left(\frac{G}{RT}\right), \quad (1)$$

где g – скорость реакции, моль/(с·м³); K – константа скорости реакции, зависящая от физико-химических свойств реагирующих веществ; $S_{\text{э}}$ – удельная площадь реакционной поверхности, м²/м³; C^S , C^0 – концентрация активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора, моль/м² и моль/м³; G – энергия активации химической реакции, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К.

Электрохимическая обработка основана на изменении концентрации активных ионов и температуры путем пропускания электрического тока через среду, расположенную между электродами, разделенными ионопроницаемой мембраной. В этом случае от количества электричества зависит концентрация ионов на поверхности клеточной мембраны дисперсной частицы и концентрации ионов в жидкой фазе [4].

$$C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2 \Delta n}{zF\Delta\tau}, \quad (2)$$

где q – удельное количество электричества, Кл/м³; δ – толщина диффузного слоя, м; Δn – разность чисел переноса ионов в мембране и растворе; z – заряд ионов, Кл; F – постоянная Фарадея, Кл/моль; D – коэффициент диффузии ионов в растворе, м²/с; τ – время обработки, с.

В формуле (2) знак (+) соответствует концентрации ионов на анодной и катионов на катодной сторонах клеточной мембраны, а знак (-) – концентрации анионов на катодной и катионов на анодной сторонах клеточной мембраны.

Концентрация ионов в жидкой фазе

$$C^0 = C^{нач} + \frac{q}{F}(\eta_a - \eta_k), \quad (3)$$

где $C^{нач}$ – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе, моль/м³; η_a, η_k – выход по току анионов и катионов, соответственно.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны влияет на заряд дисперсной частицы и на потенциал ее поверхности.

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы [5]

$$\rho_s = \frac{\rho_s C_s^2 + K_s(\rho_s - \rho_a)C_s - \frac{K_a K_w}{K_s} \rho_a}{C_s^2 + \left(\frac{K_a}{K_s} + K_s\right)C_s + \frac{K_a K_w}{K_s}}, \quad (4)$$

где ρ_s, ρ_a – плотность поверхностного заряда основных и кислотных групп соответственно, Кл/м²; C_s – концентрация ионов, например H^+ , моль/м³; K_a, K_s, K_w – константы диссоциации кислотной, основной групп и воды соответственно.

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \ln \left(\frac{h + \sqrt{R_y^2 + h^2}}{R_y} \right), \quad (5)$$

где ρ_n – суммарная плотность поверхностного заряда клетки, Кл/м²; R_y, h – соответственно радиус поры и толщина стенки мембраны клетки, м; ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

Основу электролитической активации микробиологических процессов составляют явления диффузии ионов через поры мембраны клетки [6].

$$D_\phi = D_0 \exp \left(-\frac{\epsilon F \varphi_n}{RT} \right), \quad (6)$$

где D_ϕ, D_0 – соответственно коэффициенты диффузии ионов в порах мембраны клетки и в среде, м²/с; ϵ – эмпирический коэффициент;

При выделении белков методом электрохимической коагуляции используют энергию электростатического отталкивания и диполь - дипольного взаимодействия частиц.

Энергия электростатического отталкивания частиц [7]

$$W_s = 16\epsilon_0 \epsilon_c \left(\frac{RT}{F} \right)^2 i h^2 \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{4kT} \right) a \frac{e^{-\chi a(S-2)}}{S}, \quad (7)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная, Ф/м; ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды; φ_0 – полный потенциал; z_i – валентность иона; k – постоянная Больцмана, Дж/К; a –

размер частицы, м; $\chi = \sqrt{\frac{8\pi e^2 \sum n_i z_i^2}{\epsilon_0 \epsilon_c kT}}$ – параметр Дебая – Гюккеля, м⁻¹; $S = \frac{h}{a} + 2$; h –

расстояние между частицами, м; n_i - число зарядов i -го сорта в единице объема, м⁻³.

Энергия диполь-дипольного взаимодействия частиц

$$W_0 = -4\epsilon_0\epsilon_c \left\{ 0,5 - 3 \left[ch \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) - 1 \right] / 4ch \left(\frac{\varphi_0 z_i e}{2kT} \right) + \chi a \right\} \left(\frac{\alpha}{S} \right)^3 E^2, \quad (8)$$

где α – постоянная Гамакера, Дж; E – напряженность электрического поля, В/м.

Анализ уравнений (1)...(8) показывает, что факторы, определяющие электрокинетические явления и скорость химических реакций, определяются параметрами обрабатываемой среды и электрического поля. В частности, количество электричества, протекающее через органическую дисперсную гидросистему, влияет на концентрацию ионов, поверхностный заряд и потенциал частицы, который является главным фактором, лимитирующим тот или иной электротехнологический процесс.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются H^+ и OH^- , которые и создают на поверхности мембраны клетки кислотные и основные группы зарядов. Как следует из рис.1, характер изменения щелочности и кислотности при электрообработке зависит от вида корма и расхода тока. Вид корма влияет на ионный состав электролита и его изменение в процессе обработки.

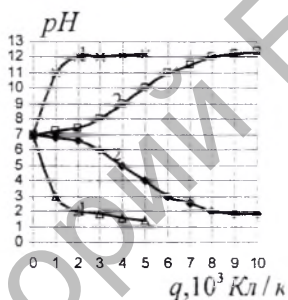


Рисунок 1 – Зависимость pH соломенной (1) и зерновой массы (2) от удельного количества электричества

Минимальное сопротивление, оказываемое мембраной диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку, и, следовательно, максимальная обработка будут в случае, когда мембрана электрически нейтральна, в этом случае концентрация ионов H^+ и OH^- , а также величина pH соответствует оптимальному значению:

$$C_{H^+ OH^-} = K_a \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]; \quad (9)$$

$$pH_{opt} = \lg K_a + \lg \left[\frac{\rho_a - \rho_\delta}{2\rho_\delta} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_\delta)^2}{2\rho_\delta^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_\delta \rho_\delta}} \right]; \quad (10)$$

Таким образом, приведенные аналитические выражения определяют электрохимический характер процессов происходящих в материалах при прохождении по ним электрического тока.

Результаты экспериментальных исследований подтверждают теоретические заключения изменением в процессе обработки электрическим током интегральных показателей среды: повышением или уменьшением проводимости, кислотности или щелочности (рис.1), определенными зависимостями переваримости корма (рис.2) от параметров среды, вольтамперных, поляризационных и других характеристик от параметров

электрического тока [1].

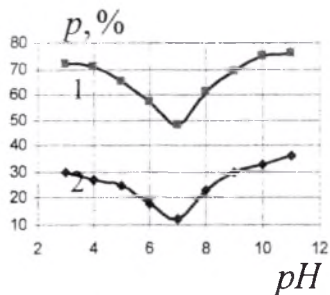


Рисунок 2 – Зависимость переваримости зерна ячменя (1, 2) и ржаной соломы (3, 4) от удельного количества электричества постоянного тока: 1, 3 – кислая; 2, 4 – щелочная среда

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимович, Л.С. Технологические основы и опыт применения электрической обработки кормовых материалов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: Сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Заяца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – с. 24...41.
2. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С. Корко – Мн.: БГАТУ, 2006. – 349с.
3. Баран, А.Н. Основы электробиотехнологии кормов / Л.С. Герасимович [и др.] // Вопросы агроэнергетики: Сб. науч. трудов / Под ред. Е.М. Заяца. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – с.78...92.
4. Заяц, Е.М. Электротермохимическая обработка органических гидросистем / Е.М. Заяц, М.М. Николаенко // Теория и практика машиностроения, 2003, №2. - с. 44...46.
5. Engel M.B., Pumper R.W., Joseph N.R. Proc. Soc. Exptl. Biol. Med., 128, 4, 990, 1968.
6. Заяц, А.Е. Модель электролитической активации продуцента кормовых дрожжей / А.Е. Заяц. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - М.: 2006, №8.- с. 13...16.
7. Заяц, Я.М. Да пытання электракаагуляцыі бялкоу бульбянога соку / Я.М. Заяц, І.Б. Юшанка // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі, 1994, №3. –с. 118,119.

УДК 635.21.077; 621.365

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООБРАБОТКИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Заяц Е.М., д.т.н., профессор, Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель

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

Ежегодно в Беларуси производится около 900 тыс. тонн молочной сыворотки. Промышленной переработке подвергается не более 20%. Использование белка сыворотки могло бы дать народному хозяйству до 9 тыс. тонн высокоценного белка, снизить отрицательное воздействие сточных вод молочных предприятий на окружающую среду. Одним из перспективных способов выделения белка является электрокоагуляция. Реализация способа требует изучения физических характеристик молочной сыворотки.

В работе исследована молочная сыворотка с содержанием сухих веществ 6-7%, начальным pH 4,8 – 5. Измерения проводили в специальных ячейках, наиболее соответствующих технологии обработки молочной сыворотки. Измерительная ячейка представляла собой камеру прямоугольной формы из диэлектрического материала с плоскопараллельными электродами из графита, разделенную полиамидной мембранной