

УДК 635.21.077.621.365

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ**

Заяц Е.М. д.т.н., профессор, Чорный А.Д., инженер,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Продукты сельскохозяйственного производства растительного и животного происхождения (овощные и фруктовые соки, молочные сыворотки, растворы для выращивания микроорганизмов, влажные и увлажненные корма и др.) с определенной условностью можно объединить названием «органические дисперсные гидросистемы» (ОГС). С целью повышения эффективности использования питательного потенциала, интенсификации извлечения или образования полезных веществ, а также обеззараживания ОГС подвергают различным видам обработки – механической, термической, химической, комплексной. В общем виде процессы обработки представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеткой дисперсной частицы и жидкой фазой ОГС, скорость которых

$$\mathfrak{Q} = K \exp \frac{G}{RT} S_{y\sigma} (C^S - C^0), \quad (1)$$

где K – предэкспоненциальный множитель; G – энергия активации химической реакции; R – газовая постоянная; T – температура; $S_{y\sigma}$ – удельная площадь реакционной поверхности); $(C^S - C^0)$ – движущая сила процесса; C^S и C^0 – концентрации активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора.

Традиционные технологии интенсифицируют процессы (1) изменением площади реакционной поверхности (например, измельчением материала), повышением температуры, увеличением концентрации активных ионов путем внесения химреагентов.

Одним из направлений углубления и снижения энергоемкости и обработки ОГС, по нашему мнению, является электротермохимическая обработка, основанная 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 в жидкой фазе среды и на поверхности частицы, а также ее заряд и потенциал.

Концентрация ионов в жидкой фазе определяется как

$$C^0 = C^{in} + \frac{q}{F}(\eta_a + \eta_c) \quad (2)$$

где C^{in} – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе; η_a , η_c – выход по току анионов и катионов, соответственно, q – количество электричества, протекающее через ОГС; F – число Фарадея.

Концентрация ионов на мембране клетки дисперсной частицы

$$C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2 \Delta n}{zFD\tau}, \quad (3)$$

где δ – толщина диффузионного слоя; z – заряд ионов; D – коэффициент диффузии ионов в растворе; τ – время обработки; Δn – разность чисел переноса ионов в мембране и растворе.

В формуле (3) знак (+) соответствует концентрации анионов на анодной стороне и катионов на катодной стороне мембраны клетки, знак (–) – концентрации анионов на катодной стороне и катионов на анодной стороне клеточной мембраны.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны клетки влияет на заряд дисперсной частицы (4) и на потенциал ее поверхности (5).

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы

$$\rho_n = \frac{\rho_b C_{n+}^2 + K_a(\rho_b - \rho_a)C_{n+} - \frac{K_w K_a}{K_b} \rho_a}{C_{n+}^2 + \left(\frac{K_w}{K_b} + K_a\right)C_{n+} + \frac{K_w K_a}{K_b}}, \quad (4)$$

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

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_{\eta}}{2\epsilon_c} \ln \quad (5)$$

где R_{η} – радиус частицы, ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются H^+ and OH^- , которые и создают на поверхности клетки (частицы) группы кислотных и основных зарядов.

Минимальное, оказываемое мембраной сопротивление диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку и, следовательно, максимальная обработка будут иметь место, когда мембрана электрически нейтральна. В этом случае концентрации H^+ , OH^- и pH являются оптимальными:

$$C_{H^+OH^-} = K_a \left[\frac{\rho_a - \rho_b}{2\rho_b} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_b)^2}{2\rho_b^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_b \rho_b}} \right], \quad (6)$$

$$pH_{opt} = \lg K_a + \lg \left[\frac{\rho_a - \rho_b}{2\rho_b} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_b)^2}{2\rho_b^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_b \rho_b}} \right], \quad (7)$$

Причем

$$K_a = \frac{C_{H^+} C_{a^-}}{C_{H^+a^-}}, \quad K_b = \frac{C_{OH^-} C_{b^+}}{C_{OH^-b^+}}, \quad K_w = \frac{C_{H^+} C_{OH^-}}{C_{H_2O}} \quad (8)$$

где C_{H^+} , C_{OH^-} – концентрация ионов H^+ и OH^- , соответственно; C_{a^-} , C_{b^+} – концентрации кислотного и основного продукта.

Оптимальное количество электричества для изменения ионного состава среды:

$$Q_{opt}^{c(a)} = \frac{dC_{c(a)}^{c(a)} F \tau}{\int_0^\tau n_{c_i(a_j)} d\tau} = \frac{\left(\frac{K_a K_w}{K_b} \pm C_{a_0}^{c(a)} \right) F \tau}{\int_0^\tau n_{c_i(a_j)} d\tau} \quad (9)$$

где $n_{c_i(a_j)}$ – число переноса катионов (анионов).

Количество энергии на изменение температуры среды находят общеизвестным расчетом. Распределение температуры в подвижной дисперсной гидросистеме определяется из уравнения теплопереноса

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_P \vec{V} \nabla T = \nabla [\lambda \nabla T] + \gamma E^2 \quad (10)$$

с условиями начальными ($T|_{\tau=0} = T_0$) и граничными $\lambda(x, y, z) \Delta T = \alpha_1 (T_{env} - T)$, где $\lambda(x, y, z)$, $\rho(x, y, z)$, $C_P(x, y, z)$ – теплопроводность, плотность и теплоемкость обрабатываемого материала, α_1 – коэффициент теплоотдачи на границе, T_0 – начальная температура обрабатываемого материала; T_{env} – температура окружающей среды;

\vec{V} – вектор скорости, $\gamma(T, x, y, z)$ – удельная электрическая проводимость материала; $E(x, y, z)$ – напряженность электрического поля.

Совместное решение уравнений (1)–(10) позволит определить диапазон оптимальных значений параметров электрообработки ОГС. Следует отметить, что постановка задачи (1)–(10) является не полной, т. к. она должна быть дополнена уравнениями электро- и гидродинамики для расчета вектора скорости и напряженности электрического поля с соответствующими начальными и граничными условиями. К сожалению, такая система в общем виде не имеет аналитического решения, поэтому точность рассчитываемых параметров будет устанавливаться применяемыми для решения численными методами.

Основными направлениями электротермохимической обработки могут быть: активация воды и водных растворов; обработка влажных кормовых материалов; выделение белков из сырья растительного и животного происхождения; очистка технологических сточных вод предприятий; регуляция биологической активности микрофлоры и др.

УДК 621.35 : 636.085

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ПРИ КОНСЕРВИРОВАНИИ ВЛАЖНЫХ КОРМОВ

Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,
Кардашов М.В., аспирант,

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

Существующие технологии консервирования влажных кормов имеют существенные недостатки. Применение дорогостоящих химических консервантов повышает себестоимость продукции, наносит вред окружающей среде, не обеспечивает должного качества кормов.

Перспективным научным направлением являются разработка технологических процессов повышения эффективности приготовления и обеспечения длительной сохранности влажных кормов применением электрохимических технологий, в частности электроактивацией реагирующих сред.