

## АЭРОИОННАЯ АКТИВАЦИЯ НЕКОТОРЫХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

**М.В. Янко,**

аспирант каф. электротехнологии БГАТУ

**Е.М. Заяц,**

профессор каф. электротехнологии БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

*В статье описывается механизм влияния аэроионов на микробную клетку.*

*Ключевые слова: диффузия питательных веществ, аэроионы, микробная клетка.*

*The article describes the mechanism of influence of air ions on the microbial cell.*

*Keywords: diffusion of nutrients, air ions, microbial cell.*

### Введение

В настоящее время, в связи с постоянным ростом объемов микробиологических производств, особенно актуальна проблема управления продуктивностью микроорганизмов [1]. На данный момент хорошо изучены физические, химические, оптические методы стимулирования роста микроорганизмов, и их использование ограничено для дальнейшего применения с целью повышения производительности [2, 3]. В достаточной мере изучено влияние электрического поля и поля коронного разряда на микроорганизмы [4, 5]. Несмотря на это, предприятия, выращивающие микробиологические организмы, нуждаются в новых, более экономически целесообразных и практически обоснованных способах активации роста и развития микроорганизмов.

Рост аэробных микроорганизмов, например хлебопекарных дрожжей, связан с продуванием воздуха через питательную среду. Аэрация питательной среды ионизированным воздухом может быть одним из способов повышения продуктивности микроорганизмов.

Цель работы – изучить возможный механизм влияния ионизированных молекул газов воздуха на микробную клетку.

### Основная часть

Скорость роста аэробных микроорганизмов зависит от концентрации растворенного кислорода в водном растворе питательной среды, ее состава и температуры, наличия примесей и, в конечном счете, от скорости диффузии ионов питательных веществ через поры мембраны дрожжевой или другой клетки [6, 7, 8]:

$$D_{\phi} = D_o \cdot e^{\left(\frac{\epsilon F \phi_n}{RT}\right)}, \quad (1)$$

где  $D_{\phi}D_o$  – коэффициент диффузии питательного вещества через мембрану клетки и в среде, м<sup>2</sup>/с;

$\epsilon$  – эмпирический коэффициент;

$\phi_n$  – потенциал на входе в пору мембраны клетки, В;

$F$  – число Фарадея, Кл/моль;

$R$  – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);

$T$  – температура, К.

Диффузия вещества зависит от потенциала на входе в пору мембраны клетки  $\phi_n$ :

$$\phi_n = \frac{\rho_n \cdot R_{\mu}}{2\epsilon_c} \ln \left( \frac{h + \sqrt{R_{\mu}^2 + h^2}}{R_{\mu}} \right), \quad (2)$$

где  $\rho_n$  – суммарная плотность поверхностного заряда клетки, Кл/м<sup>2</sup>;

$R_{\mu}$  – радиус поры мембраны клетки, м;

$h$  – толщина стенки мембранной клетки, м;

$\epsilon_c$  – диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м.

Суммарная плотность поверхностного заряда клетки определяется концентрацией ионов в питательной среде и их зарядом:

$$\rho_n = \frac{\rho_b C^2 + K_a (\rho_b - \rho_a) C - \frac{K_w K_a}{K_b} \rho_a}{C^2 + \left(\frac{K_w}{K_b} + K_a\right) C + \frac{K_w K_a}{K_b}}, \quad (3)$$

где  $\rho_a$ ,  $\rho_b$  – плотность поверхностного заряда кислотных и основных групп соответственно, Кл/м<sup>2</sup>;

$C$  – концентрация ионов в питательной среде, моль/м<sup>3</sup>;

$K_a, K_b, K_w$  – константы диссоциации кислотной, основной групп и воды, соответственно.

Концентрацию ионов в питательной среде можно изменить химическими добавками, электролизом ее или ионизированными молекулами газов, входящих в состав воздуха, заряженными положительно или отрицательно, по необходимости.

В последнем случае концентрация анионов или катионов, вносимая в питательную среду:

$$dC_{k_i(a_j)}^{A(K)} = \frac{1}{F} \int_0^{Q_{\tau}^{A(K)}} n_{k_i(a_j)}(\tau) dQ_{\tau}^{A(K)}, \quad (4)$$

где  $n_{k_i(a_j)}(\tau)$  – число переноса  $i$ -го катиона ( $j$ -го аниона) в момент времени  $d\tau$ ;

$dQ_{\tau}^{A(K)}$  – количество электричества, вносимого в среду ионами воздуха, Кл/м<sup>3</sup>.

Числа переноса катионов и анионов:

$$n_{k_i}(\tau) = \frac{C_{k_i}^A(\tau)\lambda_{k_i}}{\sum_{k_i=1}^a C_{k_i}^A(\tau)\lambda_{k_i} + \sum_{a_j=1}^b C_{a_j}^K(\tau)\lambda_{a_j}}, \quad (5)$$

$$n_{a_j}(\tau) = \frac{C_{a_j}^K(\tau)\lambda_{a_j}}{\sum_{a_j=1}^b C_{a_j}^K(\tau)\lambda_{a_j} + \sum_{k_i=1}^a C_{k_i}^A(\tau)\lambda_{k_i}}, \quad (6)$$

где  $\lambda_{k_i}, \lambda_{a_j}$  – подвижность  $i$ -го катиона и  $j$ -го аниона, м<sup>2</sup>/(с·В).

Максимальная диффузия питательных веществ в клетку достигается при заряде на ее поверхности, равном нулю. Этому условию соответствует некоторая оптимальная концентрация ионов в питательной среде и количество электричества.

Оптимальное количество электричества из выражения (4), вносимое ионами воздуха, например кислорода  $O_2$ , Кл/м<sup>3</sup>:

$$Q_{\tau}^{A(K)} = \frac{dC_{k_i(a_j)}^{A(K)} F \tau}{\int_0^{\tau} n_{k_i(a_j)} d(\tau)}. \quad (7)$$

### Заключение

Таким образом, внесение в питательную среду ионизированных молекул газов воздуха и, в первую очередь кислорода, изменяет диффузию ионов через поры микробной клетки и может влиять на раз-

витие микроорганизмов, выращиваемых в этой среде. Похожего эффекта можно достичь непосредственным пропусканием электрического тока через питательную среду с помощью мембранного электролизера [6], но в этом случае в процессе электролиза происходит засорение среды ионами металлов, получаемых с электродов. При продувании среды ионизированным воздухом можно изменить концентрацию ионов в питательной среде без засорения последней.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ребезов, М.Б. Анализ технологических моделей производства дрожжей / М.Б. Ребезов, Г.В. Карпова, Р.Р. Зайнутдинов // Вестник ЮУрГУ: Серия Пищевые и биотехнологии. – Челябинск, 2014. – С. 50-57.
2. Нетрусов, А.И. Микробиология. Теория и практика: учеб. для бакалавриата и магистратуры: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям: в 2-х ч. / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – Москва: Юрайт, 2017. – Ч. 2. – 331 с.
3. Белясова, Н.А. Микробиология: учеб. для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Биотехнология», «Биоэкология» / Н.А. Белясова. – Минск: Вышэйшая школа, 2012. – 442 с.
4. Стимуляция роста дрожжей *S. cerevisiae* в импульсных электрических полях / В.М. Бородина [и др.] // Биологические мембраны. – 1992. – № 9. – С. – 970-976.
5. Значение аэроионов при обработке дрожжей в поле коронного разряда / Е.Л. Балан [и др.] // Хлебопечарная и кондитерская промышленность. – 1978. – № 6. – С. 40-41.
6. Заяц, Е.М. Основы механизма электролитической регуляции биологической активности микрофлоры / Е.М. Заяц, Э.И. Коломиец, А.Е. Заяц // Аграрная энергетика в XXI столетии: матер. III Междунар. науч.-технич. конф. Института энергетике АПК НАН Беларуси. – Минск, 2005. – С. 318-321.
7. Корыта, И. Электрохимия / И. Корыта, И. Дворжак, В. Богачкова. / пер. с чешского А.Б. Эршлера; под ред. В.С. Багоцкого. – М.: Мир, 1977. – 237 с.
8. Рогов, В.М. Электрохимическая технология изменения свойств воды / В.М. Рогов, В.Л. Филипчук. – Львов: Выща школа, 1989. – 128 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.10.2018