

**Гоголева Ирина Васильевна,**

*канд. пед. наук, доцент,*

*заведующая кафедрой «Прикладная механика»,*

*ФГБОУ ВО Якутская ГСХА,*

*г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СКОРОСТИ РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ ПУТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

В статье рассмотрен процесс аэрирования – транспортировка кислорода в питательной среде. Этот метод позволяет регулировать степень аэрации и учитывать ее количество с целью обеспечения равномерного распределения кислорода в культуральной жидкости по всему объему ферментатора.

**Ключевые слова:** растворимость, газовый пузырек, концентрация субстрата, молекулярный кислород.

В производствах БВК продуценты кормового белка являются аэробными микроорганизмами. Их выращивание в производственных ферментаторах обычно осуществляют непрерывным способом. Массообмен играет решающую роль в достижении заданной производительности аппарата, если соблюдаются технологические и микробиологические условия. Можно считать установленным тот факт, что микроорганизмы потребляют только растворенный кислород. Кислород является труднорастворимым газом. Потребление кислорода происходит со скоростью, не зависящей от концентрации растворенного кислорода до тех пор, пока концентрация остается выше критической.

Оборудование единичной мощности представлено, в основном, аппаратами интенсивного массообмена.

Транспорт кислорода зависит от растворимости газа в жидкой фазе, от мощности барботажа, размера пузырьков, скорости вращения вала и формы

мешалки, химического состава питательной среды, температуры, толщины невозмущаемых слоев жидкости вокруг газового пузырька и клетки и др. [1; 2; 5].

В зависимости от отношения микроорганизмов к молекулярному кислороду их принято делить на облигатные аэробы, факультативные анаэробы и облигатные аэробы [1; 3; 4]. Большинство микроорганизмов являются облигатными аэробами, и для их роста обязательно необходим молекулярный кислород.

При давлении 0,1 МПА и температуре 30°C в 1 литре дистиллированной воды максимальное количество растворенного кислорода составляет 7,63 мг. В реальной питательной среде максимальная растворимость кислорода еще ниже и составляет 2...5 мг/л. С повышением в питательной среде концентрации питательных веществ, рН и температуры, растворимость кислорода уменьшается. Запасы кислорода в среде способны поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов в течение 0,5...2 мин.

Известно, что в условиях аэробноз при понижении концентрации растворенного в среде кислорода до 0,5...1 мг/л, считающейся критической, размножение дрожжей почти прекращается [1; 2; 3].

Удельная скорость роста микроорганизмов определяется по зависимости, выявленной Моно в 1942 году:

$$M=M_{\max}S/(S+K_s), \quad (1)$$

где  $M_{\max}$  – максимально возможная скорость роста;

$K_s$  – константа Моно, или константа насыщения.

Она численно равна той остаточной концентрации лимитирующего субстрата, которая, ограничивая рост, замедляет его вдвое;

$S$  – концентрация субстрата.

Концентрация субстрата в ферментаторе определяется по формуле:

$$S=K_s/(M_{\max} - D), \quad (2)$$

где  $D$  – скорость разбавления в среде.

$D$  равняется  $M$  при постоянных параметрах процесса.

Концентрация биомассы в ферментаторе в стационарном состоянии:

$$X=Y(S_r - S)=Y[S_r - K_s/(M_{\max} - D)], \quad (3)$$

где  $X$  – концентрация клеток;

$S_r$  – концентрация субстрата в поступающей среде;

$Y$  – экономический коэффициент, или доля потребляемого субстрата, затраченная на синтез биомассы.

Экономический коэффициент определяется по виду:

$$Y=\frac{M_b}{M_c} * 100\%, \quad (4)$$

где  $M_b$  – масса образованного продукта;

$M_c$  – масса израсходованного субстрата.

Перемешивание культуральной жидкости способствует равномерному распределению питательных веществ и перемешиванию (транспортировке) их к клеткам, способствует удалению от клеток микроорганизма продуктов обмена и лизиса, с также обеспечивает равномерное распределение кислорода в культуральной жидкости по всему объему ферментатора [5].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батищев А.Н. Методологические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1992. – № 9. – С. 30-31.
2. Безрядина Г.Н. Синтез алгоритмов управления в условиях конкурентного взаимодействия популяций микроорганизмов (на прим. дрожжевого производства): автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.16, 05.13.07. – Воронеж: ВГТА, 1997. – 16 с.

3. Кокиева Г.Е. Исследование аппарата для культивирования микроорганизмов / Г.Е. Кокиева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 4. – С. 123-125.

4. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как биологически активная добавка в кормлении сельскохозяйственных животных // Матер. регион. науч.-практ. конф. «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов». – Иркутск: Изд-во ИТУ, 2006.

5. Кокиева Г.Е. Кормовые дрожжи как источник белка и витаминов // Матер. науч. конф. «Научный и инновационный потенциал Байкальского региона глазами молодежи». – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2006.