

Кокиева Галия Ергешевна,

*д-р техн. наук, профессор кафедры «Прикладная механика»,
ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия*

СОЗДАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ОБОРУДОВАНИИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

При определенном подходе изучения математических моделей микробиологических процессов, которые описывают взаимоотношения между популяциями микроорганизмов, необходимо выделить те из них, которые учитывают пищевую конкуренцию, характерную для процесса культивирования хлебопекарных дрожжей.

Ключевые слова: гидродинамический режим, циркуляция кислорода, парциальное давление, заполнение реактора.

Основными для микробиологических процессов являются пять типов взаимоотношений: метабиоз, симбиоз, конкуренция, антагонизм и паразитизм. В большом количестве проведенных исследований было выявлено, что в основном отношения между посторонними микроорганизмами и хлебопекарными дрожжами в совместной культуре носят характер пищевой конкуренции [1, 3].

В настоящее время к конструированию аппаратов предъявляют высокие требования: созданный аппарат должен обеспечить скорость растворения кислорода, которая равна:

$M = \alpha^{O_2} \cdot \dot{X}$	(1)
----------------------------------	-----

Обычно исходные на проектирование данные содержат следующие основные сведения: производительность, удельная производительность ферментатора, удельный расход кислорода $M = \alpha^{O_2} \cdot \dot{X}$ или M .

Можно считать установленным факт, что микроорганизмы потребляют только растворённый кислород. Кислород является труднорастворимым газом.

Максимальная концентрация растворенного в культуральной жидкости кислорода при 32⁰С составляет 5,6 мгO₂ · л⁻¹. Из-за малой растворимости в культуральных средах и относительно большой скорости потребления кислорода, что определяется заданным удельным съёмом продукции (биомассы), при определённых условиях кислород может выступать как лимитирующий субстрат. На примере процесса выращивания дрожжей показано, что при содержании растворенного кислорода не ниже 10% от равновесной концентрации не наблюдается снижения физиологической активности. Потребление кислорода происходит со скоростью, не зависящей от концентрации растворенного кислорода до тех пор, пока она остается выше критической. Отмечается, что биомасса не увеличивается при повышении интенсивности аэрации свыше 150 ммоль*л⁻¹*ч⁻¹, т.е. процесс биосинтеза переходит в кинетическую область. Поэтому учитывать влияние величины скорости растворения кислорода на процесс роста микроорганизмов не требуется. Создаваемые в настоящее время ферментаторы являются в основном аппаратами интенсивного массообмена и обеспечивают протекание процесса выращивания микроорганизмов-продуцентов кормового белка в кинетической области при отсутствии лимита по кислороду как субстрату. В производствах белково-витаминных концентратов (далее БВК) продуценты кормового белка являются аэробными микроорганизмами. Их выращивание в производственных ферментаторах обычно осуществляют непрерывным способом. Процессы, происходящие в ферментаторе, отличаются исключительной сложностью, т.к. одновременно протекают процессы микробиологического синтеза и тепло-массообмена, накладывающиеся друг на друга. Причем последние зависят от гидродинамической обстановки. При этом гидродинамическая обстановка в ферментаторе и структура потока многофазной системы решающим образом

определяются конструктивными особенностями ферментатора и режимами его работы.

Удельное потребление кислорода микроорганизмами зависит от скорости их роста и определяется затратами на образование клеточной структуры и энергетическим обменом. Помимо всего, большие макроконцентрации сахаров в среде также вызывают остановки роста клеток. Таким образом, должна существовать макрокинетическая взаимосвязь между удельной скоростью роста – концентрацией насыщающего субстрата (питательной среды) и концентрацией биомассы x .

Валовую общую скорость роста микробных клеток определяем по отношению абсолютного прироста биомассы за единицу времени:

$H_v = H_{vk} \frac{C}{C_1 + C},$	(2)
-----------------------------------	-----

где H_v – скорость роста;

H_v – максимальная скорость роста, достигаемая при повышении концентрации питательного вещества;

C – концентрация лимитирующего питательного вещества;

C_1 – величина, при которой $H_v = \frac{1}{2} H_{vk}$.

Концентрацию биомассы выражают массой высушенных клеток или их числом в мл. Если продукт связан с ростом культуры, то его количество прямо пропорционально образованной биомассе. Образовавшаяся биомасса за определенное количество времени будет являться производительностью ферментатора, которая определяется как произведение удельной скорости роста и концентрации клеток.

В настоящее время нет единого мнения о механизме поступления малорастворимых питательных веществ в клетку. Следует заметить, что на данном этапе знаний предлагаемые гипотезы потребления малорастворимых субстратов и их математические модели, несмотря на свою оригинальность,

пока далеки от практического применения при разработке конструкции ферментаторов.

Существует большое разнообразие видов аэраторов и методов аэрирования среды. От выбора методов аэрирования зависят массообмен и перемешивание по всему объема ферментатора.

При const парциального давления p_{O_2} и температуре T в соответствии с теорией абсорбции скорость абсорбции кислорода жидкостью запишется уравнением:

$\frac{dC}{dt} = K_L a (C_P - C) \text{ ммоль } O_2 / (\text{л} \cdot \text{с}),$	(3)
---	-----

где C – концентрация растворенного кислорода, ммоль/ л за время T ;

C_p – концентрация равновесия или насыщения растворенного кислорода, ммоль/л;

K_L – константа пропорциональности коэффициента переноса со стороны жидкости, см/ч;

a – поверхность раздела газ – жидкость, см².

Если скорость адсорбции представить как:

$$\frac{\text{ммоль поглощенного } O_2}{\text{л} \cdot \text{ч на единицу разности концентраций кислорода}}$$

где разница в концентрации кислорода ΔC выражена в ммоль/л, то получаем размерность $[K_L a] = \text{ч}^{-1}$. При равенстве потребности в кислороде и скорости абсорбции в установившемся режиме непрерывного культивирования микроорганизмов $\frac{dC}{dt} = 0$

Процесс доставки кислорода и питательных веществ к клеткам агломератов осуществляется с меньшей скоростью, чем к отдельно существующим клеткам, находящимся вне агломерата, что в конечном итоге приводит к снижению производительности ферментатора [2]. Количественный анализ влияния клеточных агломератов проводят на основе предложенной

характеристики микросмешения, названной степенью сегрегации. Понятие степени сегрегации связано с концепцией «жидких частиц». Согласно этой концепции жидкость, поступающая в реактор, диспергируется на «жидкие частицы», каждая из которых функционирует как самостоятельная система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Кокиева Г.Е. Анализ особенностей эксплуатации аппаратов для культивирования / В сб. «Потенциал развития отрасли связи Байкальского региона». – Новосибирск, 2013.*
- 2. Кокиева Г.Е. Анализ технологии измерения рабочих поверхностей при дефектации аппаратов для культивирования микроорганизмов / Научно-технический сборник «Вестник Поволжья». – Казань. – 2014. – №3.*
- 3. Еремин В.А. Кантере В.М., Лалов В.В. Расчеты нормализованных характеристик аппаратов для промышленного культивирования микроорганизмов / Сб. тез. докл. конференции «Разработка аппаратуры для биосинтеза белка на углеводородах. – Пущино, 1975. – С. 10.*