

ПРИМЕНЕНИЕ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ ПРОДУЦЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТАНОЛА

Ручай Н.С., Гриц Н.В.

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, РБ

Разработана технология непрерывного сбраживания гидролизного суслу спиртообразующими дрожжами, иммобилизованными на волокнистом носителе [1]. В качестве носителя используется волокно нитрон [2], которое производится в промышленных масштабах, обладает высокой механической прочностью, устойчиво в кислой среде и при повышенной температуре. Сорбционная емкость волокна по сухой массе спиртообразующих дрожжей составляет 200-500 мг/л. Иммобилизация дрожжевых клеток на волокнистом носителе повышает их продуктивность по этанолу. Продолжительность непрерывной работы биосистемы с иммобилизованными клетками составляет 40-45 суток.

Экспериментально установлено, что иммобилизация клеток продуцентов этанола (*Saccharomyces cerevisiae* *Shizosaccharomyces pombe*) протекает эффективно в кислой среде (рН 3,5-4,5), что удовлетворяет технологическим требованиям к процессу сбраживания гидролизного суслу. Повышение рН среды до величины 7-8 приводит к дестабилизации биосистемы, в результате которой 80-90 % клеток теряют связь с поверхностью носителя и переходят в свободное состояние. Это явление использовано для регенерации носителя путем промывки его в биореакторе водным раствором аммиака при барботаже воздухом с циркуляцией жидкости через носитель в течение 6-8 ч и расходе промывного агента в количестве, равном двум рабочим объемам биореактора. Регенерация носителя после длительного функционирования биосистемы не приводит к существенному снижению его способности к адгезии клеток при последующей иммобилизации. После трехкратной регенерации потери емкости носителя по закрепляющимся на нем клеткам составляют 10-15 %.

Биосистема с иммобилизованными клетками опробована в промышленных условиях на Бобруйском гидролизном заводе. Разработана конструкция биореактора с неподвижным слоем носителя на базе дрожжанки геометрическим объемом 50 м³. При разработке конструкции аппарата были приняты во внимание следующие требования: минимальное газонаполнение реакционного объема аппарата в процессе брожения; плотность загрузки аппарата носителем не менее 15 кг/м³; выполнение наиболее трудоемких работ по заполнению биореактора носителем вне аппарата. С учетом этих требований разработан контейнерный способ загрузки носителя в биореактор с закреплением волокна в каркасных контейнерах вертикальными параллельными слоями. Контейнеры располагаются в аппарате на опорной решетке в три уровня по высоте аппарата. Плотность заполнения рабочего объема биореактора носителем составила 15,3 кг/м³ при общей массе носителя 550 кг.

Иммобилизацию культуры дрожжей *Shizosaccharomyces pombe* на носителе осуществляли путем заполнения биореактора дрожжевой суспензией из дрожжанки с концентрацией дрожжей 25-37 г/л с последующей циркуляцией суспензии через биореактор в течение 24 ч. Биореактор работал в непрерывном режиме при скорости подачи гидролизного суслу 3-8 м³/ч.

Результаты испытаний (см. табл.) показали, что биореактор с иммобилизованной культурой дрожжей обеспечивает устойчивую конверсию углеводов гидролизного суслу в этанол. При скорости протока среды, соответствующей базовой технологии (0,12-0,14 ч⁻¹), удельная производительность по этанолу биореактора с иммобилизованной культурой составила в среднем за период испытаний 1,57 кг/м³ ч, а бродильного аппарата базовой технологии – 1,51 кг/м³ ч.

Таблица

Результаты испытаний опытно-промышленного биореактора с иммобилизованной культурой дрожжей

Исходное суслу		Бражка		Степень сбраживания РВ, %	Уд. произв. по этанолу, кг/м ³ ч
Проток, ч ⁻¹	РВ, %	Этанол, %	РВ, %		
Опытно-промышленный биореактор					
0,14	3,06	1,12	1,14	62,8	1,57
0,17	3,01	1,07	1,17	61,1	1,82
0,22	3,09	1,00	1,30	57,9	2,20
Базовый бродильный аппарат (средние данные за период испытаний)					
0,14	3,06	1,08	1,15	62,4	1,51

Высокая степень конверсии углеводов гидролизного суслу в этанол в биореакторе с иммобилизованной культурой сохраняется при скорости протока суслу 0,17-0,22 ч⁻¹. При этом удельная производительность биореактора по этанолу достигает 2,2 кг/м³ ч.

Разработанная технология сбраживания гидролизного суслу позволяет исключить стадию сепарационного выделения дрожжей из бражки, что обеспечивает снижение энергоемкости производства и затрат труда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стебакова С.А., Ручай Н.С., Гриц Н.В. Иммобилизация спиртообразующих дрожжей на волокне нитрон. "Материалы. Технологии. Инструменты", 1988, № 3, С.51-54.
2. Патент РБ № 2446 от 12.06.1998 г. "Способ получения этанола".