

Оглавление

Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие к английскому изданию	7
1. Введение в промышленные процессы ферментации	9
1.1. История вопроса	9
1.2. Использование в промышленности специфических свойств биологических материалов	11
1.3. Установившиеся промышленные процессы ферментации	15
1.4. Ферментационные процессы на современной стадии развития	17
1.4.1. Микробный белок	19
1.4.2. Растительные ткани	20
1.4.3. Ферменты	21
1.4.4. Микробное выщелачивание	22
2. Принципиальные типы ферментеров	23
2.1. Конструкции ферментеров	23
2.2. Ферментеры периодического действия	28
2.2.1. Типы ферментеров периодического действия и проходящие в них процессы	30
Теплопередача	32
Перемешивание	32
Стерилизация	33
Предотвращение пенообразования	33
Механические узлы	34
2.2.2. Обработка активным илом	35
2.3. Ферментеры непрерывного действия емкостного типа с перемешиванием	36
2.4. Ферментеры трубчатого типа	42
2.4.1. Микробные флоккулы	45
2.4.2. Микробные пленки	46
2.5. Аппараты для проведения ферментации в «оживленном слое»	50
2.6. Основные рабочие характеристики ферментеров	52
3. Кинетика промышленных биохимических процессов	55
3.1. Введение	55
3.2. Факторы, влияющие на конструкцию ферментера	59
3.2.1. Различия между биохимическими и химическими процессами	60
3.2.2. Классификация биохимических реакций	61
3.2.3. Скорость процессов	61
3.2.4. Рабочие характеристики ферментера	62
3.2.5. Локальные условия в ферментере	63
Распределение времени задержки	64
Распределение концентраций	65
Распределение температур	65
3.3. Математические основы конструирования ферментера	65
3.4. Скорость реакции	68
3.4.1. Общая скорость реакции	68
Кинетика реакций первого порядка	72
Кинетика реакций второго порядка	72
3.4.2. Стадия реакции, контролирующая скорость	73
3.4.3. Кинетика реакции	75

4. Уравнение биологической скорости (УБС)	77
4.1. Модель для одиночного микроорганизма	84
4.1.1. Уравнение скорости для одиночного микроорганизма	88
Последовательная модель	88
Параллельная модель	90
4.1.2. Экспериментальное исследование кинетики одиночных микроорганизмов	92
4.2. Кинетическая модель для микробной массы	94
4.3. Уравнение биологической скорости (УБС)	96
4.4. Образование продукта	105
5. Определение параметров биологической системы	108
5.1. Коэффициенты биологической скорости	109
5.1.1. Эксперименты с системами, содержащими биологические флоккулы	110
Эксперименты в аппаратах периодического действия	110
Эксперименты в аппаратах непрерывного действия	115
5.1.2. Эксперименты с системами, содержащими биологические пленки	117
Условия, не требующие асептики	117
Асептические условия	121
5.1.3. Выводы относительно методов определения коэффициентов биологической скорости	124
5.2. Коэффициенты выхода	126
5.2.1. Эксперименты с системами, содержащими биологические флоккулы	126
Эксперименты в аппаратах периодического действия	126
Эксперименты в аппаратах непрерывного действия	127
5.2.2. Эксперименты с системами, содержащими биологические пленки	127
5.3. Микробная плотность	128
5.3.1. Плотность оводненных микроорганизмов ρ_w	128
5.3.2. Плотность сухой микробной массы ρ_d	128
5.4. Размер флоккул	129
5.4.1. Средний размер частиц сферической формы	129
5.4.2. Средний размер частиц иррегулярной формы	130
5.4.3. Эффективный кинетический размер частиц	130
5.5. Толщина биологической пленки	131
6. Характеристики процессов, идущих с участием микробных флоккул	132
6.1. Введение	132
6.2. Периодические процессы	133
6.2.1. Конструкции ферментеров, основанные на кинетических принципах	135
6.2.2. Конструкции ферментеров, основанные на принципах масштабирования	140
6.2.3. Отклонения от идеального поведения	142
6.2.4. Планирование	143
Батарея сосудов равного объема	143
Одиночный сосуд, заполняемый по мере прохождения ферментации	144
Батарея сосудов возрастающего объема	145
6.3. Непрерывные процессы	146
6.3.1. Ферментер непрерывного действия емкостного типа с мешалкой (ФЕМН)	146
Отклонения от теории ФЕМН	153
Продуктивность	153
Рециркуляция микробной массы	154
6.3.2. Ферментер «поршневого» течения (ФПТ)	155
6.3.3. Ферментер с псевдооживленным слоем (ФПОС)	160
6.4. Комбинации ферментеров для работы с системами, содержащими микробные флоккулы	163
6.4.1. Батарея ФЕМН (рис. 2.1)	163
Продуктивность	164
Превращение	164

6.4.2.	Сочетание ФЕМН с ФПТ	166
6.5.	Сравнение ФЕМН и ФПТ	166
7.	Ферментеры для работы с системами, содержащими микробные пленки	169
7.1.	Введение	169
7.2.	Ферментер с микробными пленками полного смешения (ФМППС)	174
7.2.1.	Простой ФЕМН ($A_1=A_2=0$)	177
7.2.2.	Отсутствие «толстой» пленки ($A_2=0$)	178
7.2.3.	Введение стадии концентрирования микробов	180
7.2.4.	Характеристики ФЕМН лабораторного масштаба	181
7.3.	Ферментер с микробными пленками	183
7.3.1.	Контролируемая толщина микробной пленки	183
	Отсутствие диффузионных ограничений	184
	Ограничение диффузии в жидкой фазе	185
	Линеаризация УБС	186
	Отсутствие микробных флокулов	187
7.3.2.	Пленочный ферментер, питающий ФПТ	188
7.3.3.	«Неконтролируемая» толщина микробной пленки	190
8.	Реакторы для работы с системами, содержащими растворенные ферменты	192
8.1.	Введение	192
8.2.	Реакторы периодического действия	193
8.2.1.	Определение кинетических параметров	196
8.2.2.	Определение минимальной исходной концентрации фермента, необходимой для данного превращения	198
8.2.3.	Обычные ферментные системы	199
8.2.4.	Простые реакторы емкостного типа	200
8.3.	Реакторы непрерывного действия	200
8.3.1.	Реакторы с ультраfiltrацией	201
	Мембраны, проницаемые для субстрата	201
	Мембраны, не проницаемые для субстрата	202
	Сравнение реакторов периодического и непрерывного действия	203
8.3.2.	Реакторы, работающие на принципе диализа	205
9.	Реакторы для работы с системами, содержащими иммобилизованные ферменты	207
9.1.	Введение	207
9.1.1.	Преимущества систем с иммобилизованными ферментами	207
9.1.2.	Характеристики систем иммобилизованных ферментов	209
9.2.	Кинетика поведения одиночных частиц, содержащих иммобилизованные ферменты	212
9.2.1.	Микроинкапсулированные ферменты	212
9.2.2.	Ферменты, заключенные в гели	215
	Кинетика	218
	Кинетические коэффициенты	219
9.2.3.	Связанные ферменты	220
9.3.	Стабильность одиночной частицы	221
9.3.1.	Условия реакции нулевого порядка	221
	Микрокапсулы	223
	Гель-иммобилизованные ферменты	223
	Связанные ферменты	223
9.3.2.	Условия реакции «ненулевого» порядка	223
9.4.	Влияние pH на общую скорость реакции применительно к одиночной частице	225
9.4.1.	Кинетика реакций нулевого порядка	225
9.4.2.	Кинетика реакций, порядок которых отличается от нулевого	227
	Условия забуферивания или отсутствие образования в ходе реакции H^+ -ионов	227
	Образование в ходе реакции H^+ -ионов (отсутствие забуферивания)	228
9.5.	Конструкция реакторов для работы с системами, содержащими иммобилизованные ферменты	229
10.	Ферментер струйного течения (пример конструирования)	232

10.1.	Введение	232
10.1.1.	Ферментер струйного течения	233
10.1.2.	Методология	235
10.2.	Теория	237
10.2.1.	Физическая модель	237
10.2.2.	Математическая модель	239
10.2.3.	Конструкторские уравнения	242
10.2.4.	Численное решение конструкторских уравнений	243
10.3.	Оценка теории	244
10.3.1.	Аппаратура	246
10.3.2.	Экспериментальная часть	246
	Экспериментальная система	247
	Техника эксперимента	247
	Воспроизводимость результатов	248
	Влияние переменных параметров процесса	248
10.3.3.	Прогнозирование работы ферментера	249
	Определение экспериментальных переменных k_2L , η_0 и K	250
	Прогноз экспериментальных результатов	251
	Применимость теории	251
10.4.	Метод конструирования	251
10.4.1.	Методика расчета	251
10.4.2.	Оценка экспериментальных параметров	253
11.	Заключение	257
	Приложения	257
	Приложение 1. Промышленные процессы циклической ферментации	
	Приложение 2. Уравнение скорости для микроорганизма цилиндрической формы (см. раздел 4.1.1)	261
	Приложение 3. Вывод односторонних уравнений диффузии (см. разделы 4.1.1 и 4.2)	261
	Приложение 4. Уравнение биологической скорости для двух лимитирующих субстратов ($\lambda=1$) [75]	262
	Список принятых обозначений	264
	Список использованной литературы	270

Б. Аткинсон

БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ

Редактор **Е. И. Якубович**
 Художник **М. Н. Носов**
 Художественный редактор **В. В. Водзинский**
 Технический редактор **Г. Г. Хацкевич**
 Корректоры **М. А. Шегал, Н. П. Багма**

ИБ № 772

Сдано в набор 27.07.78. Подписано в печать 27.12.78.
 Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 2.
 Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 17,5 печ. л.
 Уч.-изд. л. 19,31. Тираж 1450 экз. Заказ 1718. Цена 1 р. 50 к.

Издательство «Пищевая промышленность»,
 113035, Москва, М-35, 1-й Кадашевский пер., 12.

Московская типография № 6 Союзполиграфпрома
 при Государственном комитете СССР по делам изда-
 тельств, полиграфии и книжной торговли. 109088, Моск-
 ва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.