

26-1168
2 изд.



НА ДИСКЕ ПЕРЕНЕСЕНА

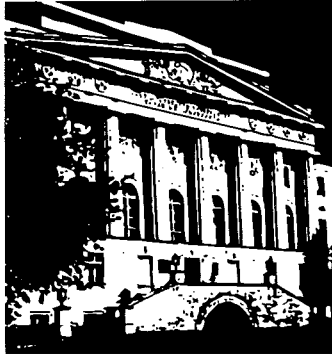
КЛАССИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТСКИЙ
УЧЕБНИК

А. В. Кураков, А. А. Осмоловский

**ВВЕДЕНИЕ
В МИКОБИОТЕХНОЛОГИЮ**

26-01904





**КЛАССИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТСКИЙ
УЧЕБНИК**

Серия основана в 2002 г.



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. В. ЛОМОНОСОВА
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

А. В. Кураков, А. А. Осмоловский

ВВЕДЕНИЕ В МИКОБИОТЕХНОЛОГИЮ

Учебник

2-е издание

УДК 545.8+579+60(075.8)
ББК 28.159.15+28.4+28.087.1я73
К93

Печатается в соответствии с издательской программой,
посвящённой 270-летию Московского университета

Рецензенты:

Д. Ю. Власов — доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры ботаники Санкт-Петербургского государственного университета
В. С. Садыкова — доктор биологических наук, доцент, заместитель директора ФГБНУ «Научно-исследовательский институт по изысканию новых антибиотиков имени Г. Ф. Гаузе»

Кураков, А. В.; Осмоловский, А. А.

К93 Введение в микобиотехнологию : учебник / А. В. Кураков, А. А. Осмоловский. — 2-е изд. — Москва : Издательство Московского университета, 2026. — 330, [2] с. : ил., цв. ил. — (Классический университетский учебник).

ISBN 978-5-19-012357-9

В учебнике рассмотрены как традиционные грибные биотехнологии, такие как получение и производство органических кислот, этанола, пищевых продуктов и алкогольных напитков, биомассы дрожжей и плодовых тел съедобных видов грибов, ряда ферментов, витаминов, антибиотиков, так и новые направления микобиотехнологии, в частности для получения композитных материалов, наночастиц, биотоплива, биологически активных веществ для медицины.

Издание предназначено для студентов старших курсов (направления подготовки «Биология», «Биотехнология», специальность «Фундаментальная и прикладная биология») и аспирантов, изучающих биотехнологию, микологию и микробиологию, преподавателям этих дисциплин в университетах. Его будет полезно иметь специалистам, работающим в разных отраслях биоиндустрии, и всем, кто интересуется микобиотехнологиями.

УДК 545.8+579+60(075.8)
ББК 28.159.15+28.4+28.087.1я73

© А. В. Кураков, А. А. Осмоловский, 2026
© Биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2026
ISBN 978-5-19-012357-9 © Издательство Московского университета, 2026

Оглавление

Предисловие	12
1. Предмет, история развития и задачи микобиотехнологии	13
2. Грибы — объекты микобиотехнологии	17
2.1. Краткая физиолого-трофическая характеристика грибов	18
2.2. Механизмы регуляции метаболизма у грибов	23
2.3. Преимущества грибов для биотехнологий и значение микобиотехнологии	24
2.4. Коллекции, базы данных нуклеотидных последовательностей и хранение штаммов грибов	28
2.4.1. Коллекции и базы данных грибов	28
2.4.2. Хранение грибных штаммов	31
3. Критерии получения промышленных штаммов грибов	32
4. Общая характеристика микобиотехнологического процесса	33
4.1. Основные элементы и продукты биотехнологий	33
4.2. Схема лабораторного микобиотехнологического процесса	35
5. Способы культивирования грибов	36
5.1. Поверхностное культивирование грибов и особенности их роста на твердых средах	37
5.2. Глубинное культивирование грибов	40
5.3. Твердофазное и поверхностно-мембранное жидкостное культивирование в микобиотехнологии	43
5.4. Флотационное культивирование	53
5.5. Культивирование грибов в иммобилизованном виде	54
5.6. Совместное культивирование	55
6. Технологии промышленного культивирования грибов	56
6.1. Производственные питательные среды: сырье, состав и классификация питательных сред	56
6.2. Приготовление и стерилизация питательных сред	60
6.3. Приготовление грибной посевной культуры	63
6.4. Периодическое и непрерывное культивирование в микобиотехнологии	67
6.5. Характеристика роста продуцентов и эффективности биотехнологического процесса	69
6.5.1. Количественные параметры роста культуры	69
6.5.2. Продуктивность (эффективность) биотехнологического процесса ..	74

6.6. Классификация ферментаций	75
6.7. Принципы и конструкции биореакторов	75
6.7.1. Базовое устройство ферментера (биореактора)	76
6.7.2. Ферментеры с различными типами перемешивания среды	78
6.8. Воздухоподготовка в биотехнологическом производстве	79
6.9. Выделение, концентрирование и очистка биотехнологических продуктов	80
6.10. Сушка биотехнологической продукции	82
6.11. Контроль качества и стандартизация биотехнологического производства	83
7. Технологические регламенты, контроль исследований (GLP) и правила надлежащего производства (GMP)	85
8. Грибы в традиционных пищевых биотехнологиях	91
8.1. Грибы в производстве алкогольных напитков	91
8.1.1. Слабоалкогольные напитки	93
8.1.1.1. Медовые напитки и медовуха	93
8.1.1.2. Пиво и пивоварение	97
8.1.1.3. Квас	103
8.1.1.4. Саке	105
8.1.1.5. Вина и виноделие	105
8.1.1.6. Сидр	113
8.1.2. Крепкие алкогольные напитки	114
8.2. Грибы в биотехнологиях пищевых продуктов и напитков	116
8.2.1. Хлебопечение	116
8.2.1.1. Хлебопекарные дрожжи	116
8.2.1.2. Приготовление хлебопродуктов	118
8.2.2. Кисломолочные продукты	121
8.2.2.1. Производство сыров	122
8.2.2.2. Кефир	123
8.2.2.3. Кумыс	124
8.2.2.4. Чайный гриб	124
8.2.2.5. Консервированные овощи и фрукты, ферментированные молочнокислыми бактериями и дрожжами	125
8.2.3. Продукты грибной ферментации	125
8.2.3.1. Темпе и близкие продукты	126
8.2.3.2. Тофу (суфу)	127
8.2.3.3. Соевые соусы и пасты	127
8.2.3.4. Ферментированные мясные продукты (колбасы)	128
8.2.3.5. Ферментированная рыба и морепродукты	129
8.2.3.6. Ферментированный грибами чай	130
8.2.4. Грибные пищевые добавки, усилители вкуса, красители	131
8.2.4.1. Красный рис	132
8.2.4.2. β -каротин и ликопин	133

8.2.4.3. Пищевые ароматизирующие добавки (усилители вкуса и запаха)	134
8.2.4.4. Грибные пробиотики	135
9. Технологии получения плодовых тел грибов	137
9.1. Питательное и медицинское значение плодовых тел грибов	137
9.2. Разнообразие видов для получения плодовых тел, масштабы производств	138
9.3. Факторы, влияющие на рост грибов и образование плодовых тел	139
9.4. Общая схема технологий получения плодовых тел грибов	142
9.4.1. Экстенсивные и интенсивные технологии	142
9.4.2. Получение посевного (spawn) материала	144
9.4.3. Подготовка субстрата и культивирование грибов для получения плодовых тел	145
9.4.4. Технология получения плодовых тел шампиньона двуспорового ..	148
9.4.5. Технология получения плодовых тел вешенки устричной	155
9.4.6. Технология получения плодовых тел шиитаке	160
10. Производство белка (single cell protein, белково-витаминного концентрата) на основе грибов	162
10.1. Описание технологии	162
10.2. Производства грибного белка на субстратах I поколения — углеводах	163
10.2.1. Дрожжевые белковые продуценты	163
10.2.2. Мицелиальные грибы — продуценты кормового белка	170
10.2.3. Грибы — продуценты пищевого белка	171
10.2.4. Белковый пищевой продукт на основе <i>Fusarium venenatum</i> — микопроtein (Quorn)	172
10.2.5. Технология получения пищевого препарата на основе <i>Fusarium sambucinum</i>	174
10.2.6. Технология белковых продуктов из муконовых грибов	175
10.2.7. Пищевой и кормовой белок на основе мицелия макромицетов ..	175
10.3. Производства грибного белка на субстратах II поколения — жидких углеводородах	177
10.4. Субстраты III поколения — спирты, газообразные углеводороды, углекислый газ и водород	180
11. Грибные технологии получения органических кислот	182
11.1. Пути синтеза органических кислот и общие подходы их производства	182
11.2. Получение лимонной кислоты	186
11.2.1. История открытия и разработки технологии производства	186
11.2.2. Продуценты и путь синтеза лимонной кислоты	187
11.2.3. Сырье, состав среды и подходы для производства лимонной кислоты	188

11.2.4. Способы производства лимонной кислоты	189
11.2.5. Постферментационная стадия	193
11.3. Получение итаконовой кислоты	194
11.4. Получение глюконовой кислоты	195
11.5. Получение фумаровой кислоты	196
11.6. Получение молочной кислоты	196
11.7. Получение щавелевой кислоты	197
12. Грибы в производстве биоэтанола	197
12.1. Общая характеристика биоэтанола и способов его получения	197
12.2. Характеристика дрожжей и параметров брожения для получения биоэтанола	200
12.3. Ферменты и продуценты ферментов для гидролиза полисахаридов. . .	202
12.4. Биоэтанол первого поколения	204
12.5. Биоэтанол второго поколения. . .	208
12.6. Биоэтанол третьего поколения	212
12.7. Биоэтанол четвертого поколения, улучшение производственных штаммов	213
13. Грибы как источник производства биодизельного топлива	215
13.1. Состав, свойства и получение биодизельного топлива	215
13.2. Получение липидов и биодизеля из грибов	219
13.2.1. Грибные продуценты липидов	219
13.2.2. Условия синтеза липидов грибами	221
13.2.3. Технологии получения биодизеля из липидов грибов	222
14. Ферменты грибов: разнообразие, получение и применение	223
14.1. Основные ферменты грибов, имеющие практическое значение	228
14.1.1. Грибные гидролазы	228
14.1.2. Негидролитические ферменты грибов	232
14.2. Стратегии поиска продуцентов ферментов	235
14.3. Технологии получения грибных ферментов	236
15. Грибные антибиотики	239
15.1. Грибные β -лактамы антибиотики	242
15.1. Грибные не- β -лактамы антибиотики	247
16. Биологически активные нерибосомальные пептиды грибов	252
16.1. Циклические нерибосомальные пептиды грибов	254
16.2. Линейные нерибосомальные пептиды грибов	258
17. Грибные статины	259
18. Грибы в производстве витаминов	263
18.1. Классификации и способы производства витаминов	263
18.2. Витамин А	265
18.3. Витамин В ₁ (тиамин)	267

18.4 Рибофлавин (витамин В ₂)	268
18.5. Витамины В ₃ , В ₅ , В ₆ и В ₇	270
18.6. Витамин D	272
18.7. Витамин С (аскорбиновая кислота)	275
19. Другие биологически активные вещества грибов	276
19.1. Вещества грибов с противораковой активностью	276
19.2. Поверхностно-активные белки грибов	277
20. Грибная биотрансформация в производстве гормональных стероидных препаратов	278
20.1. Стероидные соединения: структура и сырье	279
20.2. Трансформация стероидных соединений грибами	281
20.3. Некоторые подходы к увеличению биотрансформации стероидных соединений	285
21. Грибные технологии синтеза наночастиц	286
21.1. Разнообразие грибов и элементов для синтеза наночастиц и наноминералов	287
21.2. Преимущества и механизм грибного синтеза наночастиц	289
21.3. Технологии грибного синтеза наночастиц	293
21.4. Области применения микосинтезированных наночастиц	296
22. Грибные полисахариды	298
22.1. Хитин и хитозан	299
22.1.1. Общая характеристика хитина и хитозана	299
22.1.2. Грибной хитин и хитозан: синтез, особенности получения	300
22.1.3. Свойства хитина и хитозана, практическое применение	303
22.2. Внеклеточные грибные полисахариды	307
22.2.1. Распространенность среди грибов продуцентов экзополисахаридов	307
22.2.2. Условия синтеза экзополисахаридов грибами	309
22.2.3. Применение грибных полисахаридов	311
23. Биотехнология мицелиальных материалов	318
23.1. Простые мицелиальные материалы	319
23.2. Композиты на основе мицелия грибов	321
23.2.1. Процесс производства композитов на основе мицелия	321
23.2.2. Свойства и применение композитных материалов на основе мицелия	323
Литература	327