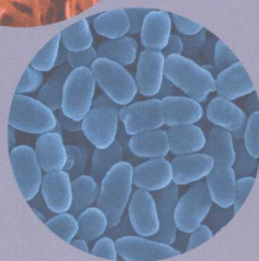
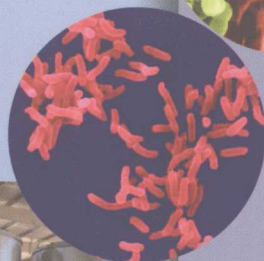
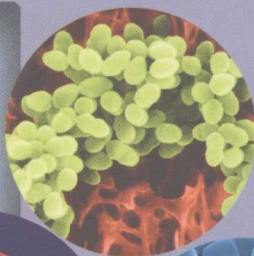
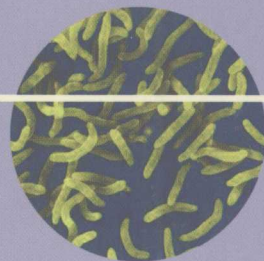





全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

微生物工程

王立群 主编



 中国农业出版社

全国高等农业院校教材
全国高等农业院校教学指导委员会审定

微生物工程

王立群 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

微生物工程/王立群主编. —北京: 中国农业出版社,
2007.1
全国高等农业院校教材
ISBN 978-7-109-11339-8

I. 微… II. 王… III. 微生物—生物工程—高等学校—
教材 IV. TQ93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 150634 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 李国忠

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 820mm×1080mm 1/16 印张: 22

字数: 518 千字

定价: 31.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 王立群 (东北农业大学)

编写人员 (以姓氏笔画为序)

马艳弘 (山西农业大学)

王立群 (东北农业大学)

兰时乐 (湖南农业大学)

宁喜斌 (上海水产大学)

宋安东 (河南农业大学)

陈 强 (四川农业大学)

赵恒寿 (山西农业大学)

莫美华 (华南农业大学)

审 稿 沙长青 (黑龙江省应用微生物研究所)

前 言

生物技术是令人耳目一新的学科，她的形成和发展，无论在宏观还是在微观水平上都是一场深刻而巨大的革命。生物技术所涉及的领域极为广泛，包括基因工程、蛋白质工程、微生物工程等。从原始启蒙的天然发酵到近代利用微生物生产外源蛋白质，经历了几千年的历史，而微生物发酵技术与人类的繁衍生息始终相伴。进入21世纪，微生物工程作为生物技术产品工业化生产的基础和载体，在科研及实际应用中一直发挥着带头作用；在解决人类当今面临的能源、食品、环境、资源等重大生存问题上，提供了切实可行的方法和手段，并已卓见成效。

有历史的感召，有现实的驱动，有未来的憧憬，更有我们作为微生物工作者的责任和使命，编写一本反映微生物工程当代水平的教科书势在必行。中国农业出版社教材出版中心远见卓识，组织相关学科的同仁力赴于此。本书的知识涵盖面较宽，学科交叉跨度较大，在编写中参考了许多国内外相关书籍和文献资料；遵循由浅入深、循序渐进的原则；力求原理与技术结合，理论与实际联系，拓宽对微生物工程在各领域作用的认识；同时紧跟国内外微生物工程发展动态，兼顾最新进展内容，图文并茂，以便理解。

在编写过程中尽管我们倾注了大量的心血和努力，但囿于知识水平和时间等原因，难免会存在不当和疏漏，敬请各位同行和读者不吝赐教。

本书的编写分工如下：第一章由王立群编写，第二章由马艳弘编写，第三章由赵恒寿编写，第四章由陈强编写，第五章由莫美华编写，第六章和第七章由王立群编写，第八章由宋安东编写，第九章由宁喜斌编写，第十章和第十一章由兰时乐编写，第十二章由赵恒寿编写，第十三章由马艳弘编写，第十四章由陈强编写，第十五章由宋安东编写，第十六章由王立群编写，第十七章由宁喜斌和莫美华编写。

承蒙黑龙江省应用微生物研究所沙长青研究员在百忙中不辞辛苦，以严谨的治学态度悉心审阅本书，在此付梓之际深表谢意！本书的编写还得力于我的研究生们认真的校对和支持，在此我一并表示衷心的感谢。

王立群

2006年11月

内 容 简 介

生物工程是中国农业出版社为配合我国农林院校生物类专业的学科建设与教学,组织编写的全国高等农业院校“十五”规划教材。

全书共分17章。前10章系统地介绍了微生物工程的基础知识,内容包括生物工程概述,生物工程菌种的来源、选育及保藏,生物工程的培养基,生物工程灭菌、除菌设备及技术,微生物的代谢及其调节,微生物反应动力学,生物工程的生物反应器,生物工程的发酵技术,生物工程的固定化技术和生物工程的下游技术。该部分意欲作为本课程必修的专业理论。后7章分别介绍生物工程在与人类生存、发展休戚相关领域中的应用,具体有生物工程在农业上的应用,生物工程在制药业上的应用,生物工程在食品酿造业上的应用,生物工程在环保业上的应用,生物工程在能源开发业上的应用,生物工程在资源利用业上的应用和生物工程在轻化工业上的应用。这一部分可作为相关专业方向的选择与参考。书中的每章之后均附有小结、思考题和参考文献以利于学生的复习和掌握。

本书面向教学,适合于相关院校生物类专业师生的教学环节,同时也兼顾科研和生产方面的参考以及更多的读者阅读和学习。

目 录

前言

第一章 微生物工程概述	1
第一节 微生物工程及其特点	1
一、微生物工程的定义	1
二、微生物工程与生物技术	2
三、微生物工程的特点	3
第二节 微生物工程的发展简史	5
一、食品饮料的微生物工艺时期	5
二、天然条件下的微生物发酵时期	6
三、纯培养技术建立后的微生物发酵时期	6
四、现代微生物工程时期	7
第三节 微生物工程的任务及展望	7
本章小结	9
思考题	10
参考文献	10
第二章 微生物工程菌种的来源、选育及保藏	11
第一节 微生物工程的常用菌种及其作用	11
一、细菌	11
二、放线菌	12
三、酵母菌	13
四、霉菌	13
五、担子菌	14
六、藻类	14
七、生物工程菌	14
第二节 微生物资源	14
一、微生物资源的特点	14
二、微生物资源开发的基本程序	15
三、微生物资源的分离与筛选	15
第三节 优良菌种的选育及改造	17
一、自然选育	17

二、诱变育种	17
三、杂交育种	19
四、原生质体融合育种	21
五、基因工程育种	23
第四节 菌种的退化、复壮与保藏	24
一、菌种退化	24
二、菌种保藏的原理与方法	24
三、菌种复壮	27
本章小结	27
思考题	28
参考文献	28
第三章 微生物工程的培养基	29
第一节 培养基的成分及来源	29
一、碳源	29
二、氮源	29
三、矿质元素	30
四、水	31
五、生长因子	31
第二节 培养基的配制原则及营养调节	32
一、培养基的配制原则	32
二、营养物质的调节	32
第三节 培养基的类型	33
一、孢子培养基	34
二、种子培养基	34
三、发酵培养基	34
本章小结	34
思考题	35
参考文献	35
第四章 微生物工程灭菌、除菌设备及技术	36
第一节 培养基灭菌概述	36
一、培养基灭菌的原理	36
二、培养基实验室小规模灭菌方法	41
第二节 培养基的分批灭菌	43
一、培养基分批灭菌概述	43
二、培养基分批灭菌工艺流程	46
第三节 培养基的连续灭菌	47
一、培养基连续灭菌概述	47

二、培养基连续灭菌的工艺流程	49
第四节 空气除菌的方法及设备	51
一、空气除菌的方法	51
二、过滤除菌机理	53
三、空气过滤除菌技术	55
本章小结	60
思考题	60
参考文献	60
第五章 微生物的代谢及其调节	62
第一节 微生物的代谢类型和自我调节	62
一、微生物的代谢类型	62
二、微生物自我调节的部位	63
第二节 酶活性调节	64
一、酶活性调节的方式	64
二、酶活性调节的机制	65
第三节 酶合成调节	67
一、酶合成调节的方式	67
二、酶合成调节的机制	70
第四节 代谢调控	73
一、分支生物合成途径的调节	73
二、次级代谢调节	77
第五节 能荷调节	83
本章小结	84
思考题	84
参考文献	84
第六章 微生物反应动力学	86
第一节 概述	86
一、微生物的生长特性	86
二、影响微生物反应的环境因素	87
三、微生物反应的特点	88
第二节 微生物反应过程动力学描述	89
一、菌体生长动力学模型	90
二、菌体生长动力学	91
三、基质消耗动力学	95
四、代谢产物形成动力学	96
第三节 微生物反应动力学	98
一、分批培养动力学	98

二、连续培养动力学	100
三、流加培养动力学	104
本章小结	107
思考题	107
参考文献	107
第七章 微生物工程的生物反应器	108
第一节 生物反应器的设计基础	108
一、生物反应器的特点	108
二、生物反应器的设计目标与原则	109
第二节 微生物工程的好氧发酵设备	110
一、液态深层好氧发酵设备	110
二、固态通风发酵设备	124
第三节 微生物工程的厌氧发酵设备	130
一、厌氧分批发酵设备	130
二、厌氧连续发酵设备	138
第四节 生物反应器的比拟放大	141
一、几何尺寸放大	141
二、空气流量放大	142
本章小结	143
思考题	143
参考文献	143
第八章 微生物工程的发酵技术	145
第一节 微生物工程的发酵类型	145
一、液态发酵	145
二、固态发酵	146
第二节 微生物工程发酵的一般过程	148
一、种子扩大培养	148
二、分批发酵	150
三、连续发酵	151
四、半连续发酵	152
五、高密度细胞发酵	153
六、混合发酵	154
第三节 微生物工程的发酵工艺控制	155
一、基质对发酵的影响及控制	155
二、环境条件对发酵的影响及控制	157
三、发酵终点的判断	163
第四节 发酵过程的参数检测和自动控制	164

一、发酵过程的参数检测	164
二、发酵过程的自动控制	167
第五节 发酵染菌的防治	169
一、染菌的途径及分析	170
二、染菌的判断与防治	170
本章小结	171
思考题	172
参考文献	172
第九章 微生物工程的固定化技术	173
第一节 微生物酶固定化	173
一、固定化酶的制备方法	174
二、固定化酶的活力	176
三、固定化酶的应用	177
第二节 微生物细胞固定化	177
一、固定化细胞的制备方法	178
二、固定化细胞的应用	181
本章小结	183
思考题	183
参考文献	183
第十章 生物工程下游技术	184
第一节 概述	184
一、生物工程下游技术的特点	184
二、生物工程下游技术的一般过程	185
第二节 发酵液的预处理和过滤	186
一、发酵液的预处理	187
二、发酵液的过滤	188
三、微生物细胞破碎与分离	189
四、包涵体的分离与蛋白质复性	190
第三节 产品纯化与精制技术	191
一、吸附法与沉淀法	191
二、结晶法	197
三、蒸馏法	198
四、离子交换法	198
五、萃取法	201
六、膜分离法	204
第四节 干燥技术	205
一、干燥的基本概念	206

二、干燥的过程分析与计算	207
三、干燥设备	210
本章小结	211
思考题	211
参考文献	212
第十一章 微生物工程在农业上的应用	213
第一节 微生物饲料	213
一、饲料微生物	213
二、单细胞蛋白	213
三、青贮饲料	215
第二节 微生物肥料	218
一、微生物肥料的概念及作用	219
二、微生物肥料种类	219
第三节 微生物农药	221
一、微生物农药的意义、分类及特征	221
二、细菌杀虫剂	221
三、病毒杀虫剂	223
四、真菌杀虫剂	224
五、农用抗生素	224
六、其他杀虫剂	225
本章小结	225
思考题	226
参考文献	226
第十二章 微生物工程在制药业上的应用	227
第一节 抗生素	227
一、抗生素的定义	227
二、医用抗生素应具备的条件	227
三、抗生素的分类	228
四、抗生素的应用	230
五、抗生素的工业生产	232
第二节 生物制品	233
一、基本概念	233
二、生物制品的分类	234
三、生物制品的一般制备方法	236
第三节 生理活性物质	240
本章小结	241
思考题	241

参考文献	241
第十三章 微生物工程在食品酿造业上的应用	242
第一节 酿造酒	242
一、白酒生产	242
二、葡萄酒生产	246
三、啤酒酿造	249
四、黄酒酿造	251
第二节 发酵食品	254
一、面包	254
三、发酵乳制品	256
第三节 调味品	257
一、食醋	257
二、酱油	258
三、酱类	260
四、豆腐乳	261
本章小结	263
思考题	263
参考文献	264
第十四章 微生物工程在环保业上的应用	265
第一节 污水的生物处理	265
一、污水生物处理的基本原理与类型	265
二、污水好氧生物处理技术	266
三、污水厌氧生物处理技术	274
第二节 固体废弃物的生物处理	276
一、堆肥法	276
二、卫生填埋法	279
第三节 污染土壤的微生物修复	280
一、原位修复	281
二、非原位生物修复	282
三、生物反应器处理	283
本章小结	283
思考题	283
参考文献	284
第十五章 微生物工程在能源开发业上的应用	285
第一节 沼气	285
一、沼气发酵机制	285
二、沼气发酵的工艺条件	287

三、沼气发酵的应用	287
第二节 氢气	288
一、氢气发酵机制	288
二、氢气发酵的工艺	288
第三节 乙醇	289
一、乙醇发酵机制	289
二、乙醇发酵的工艺	290
三、乙醇发酵研究进展	292
本章小结	293
思考题	293
参考文献	293
第十六章 微生物工程在资源利用业上的应用	294
第一节 微生物采矿	294
一、细菌冶金的原理	294
二、湿法冶金的微生物资源	295
第二节 微生物采油	299
一、微生物采油简介	299
二、微生物采油机理及特点	300
本章小结	305
思考题	305
参考文献	305
第十七章 微生物工程在轻化工业上的应用	307
第一节 酶制剂	307
一、酶学基本原理	307
二、生产酶的微生物种	309
三、酶的发酵生产过程	310
第二节 有机酸	312
一、柠檬酸	313
二、乳酸	314
三、衣康酸	316
四、苹果酸	317
五、琥珀酸	319
第三节 氨基酸	319
一、氨基酸发酵工艺控制	319
二、谷氨酸生产工艺	322
三、赖氨酸生产工艺	324
四、异亮氨酸、亮氨酸生产工艺	324

第四节 核苷类物质	325
一、肌苷	326
二、鸟苷	328
三、腺苷	329
四、胞苷	330
五、尿苷	331
本章小结	332
思考题	333
参考文献	333

第一章 微生物工程概述

随着生物化学、细胞生物学、应用分子生物学及遗传工程学的发展，传统的发酵工程发生了从技艺到科学的重大变革，微生物工程便应运而生。微生物工程是现代生物技术的重要组成部分和基础，也可以说是 21 世纪生物技术革命的开路先锋，它的问世受到世界的普遍重视，各国纷纷把微生物工程列为本国科学技术优先发展的内容。微生物工程和农牧业、化学工业、医药、食品、环境保护等许多领域关系密切，它的发展必将为人类所面临的环境、资源、能源、粮食等危机和压力提供最有希望的解决途径和最高效率的工艺过程。

第一节 微生物工程及其特点

一、微生物工程的定义

微生物工程是以微生物为主体，应用生物科学，特别是微生物学的理论和方法，结合现代工程技术手段，利用微生物的某种特定性状和功能，按照人们设计的蓝图，改良、加工、繁殖微生物，以获取微生物体本身或其代谢产物等有用物质，为人类生产、生活服务为目的的一门新兴科学。它的最终目的就是由微生物的生命活动来实现工业生产。因此，微生物工程更注重的是微生物的生命活动，注重微生物活细胞在人为给定条件下所进行的新陈代谢，使微生物能够比较精确地完成人类交给他们的生产任务，这正是摆在微生物学家和发酵工程师面前的一个挑战性问题。微生物工程具有造福于人类的巨大潜力，人类利用微生物可以实现更多、更美好的理想。

微生物工程也可以称为现代发酵工程。发酵 (fermentation) 这个英文术语最早起源于拉丁语的 *fervere*，即“发泡”、“沸涌”之意，系指酵母菌在作用于果汁或谷物进行酒精生产时产生二氧化碳的现象。巴斯德在探讨酵母菌酒精发酵的生理过程时认为：发酵是酵母菌在无氧状况下进行的低效产能形式。扩大到整个生物学的范畴，发酵是指各类生物在无氧状态下，对有机化合物分解代谢的产能过程。也就是说，微生物发酵是“微生物细胞内的无氧产能代谢过程”。这些均为传统意义上发酵的定义。随着时代的进步、科技的发展，特别是近代微生物技术的进步，人们把好氧微生物的代谢生产过程也称为发酵。例如，在有氧条件下，醋酸菌的醋酸发酵、霉菌的柠檬酸发酵以及多种有机酸和氨基酸的发酵，这些发酵过程没有气泡沸涌现象。所以，目前人们把利用微生物在有氧或无氧条件下的生命活动来制备微生物菌体或其代谢产物的过程统称为发酵。可见微生物工程中的“发酵”一词已远远超出了人们传统意念中的发酵含义，甚至人们把发酵扩展成培养各类生物细胞的所有过程。

从产品的内容上看，可以概括地将微生物工程分为两大方面。一方面是微生物工程所涵盖的传统发酵内容——酿造，如某些食品和酒类的生产，具体的有各种调味品（酱类、醋类）、豆豉、