

“十一五”国家重点图书
●●● 高等学校生物类专业规划教材

生物催化工程



●●● 主 编 许建和
副主编 孙志浩
宋 航



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

Q814
3812
2

“十一五”国家重点图书
高等学校生物类专业规划教材

生物催化工程

● ● ● 主 编 许建和
副主编 孙志浩
宋 航



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

生物催化工程/许建和主编. —上海:华东理工大学出版社,
2008.10

(高等学校生物类专业规划教材)

ISBN 978-7-5628-2428-2

I. 生... II. 许... III. 生物-催化-高等学校-教材
IV. Q814

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 116841 号

“十一五”国家重点图书

高等学校生物类专业规划教材

生物催化工程

主 编 / 许建和

副 主 编 / 孙志浩 宋 航

责任编辑 / 陈新征

责任校对 / 张 波 李 晔

封面设计 / 陆丽君

出版发行 / 华东理工大学出版社

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:(021)64250306(营销部)

传 真:(021)64252707

网 址:www.hdlgpress.com.cn

印 刷 / 上海展强印刷有限公司

开 本 / 789mm×1092mm 1/16

印 张 / 27

字 数 / 744 千字

版 次 / 2008 年 10 月第 1 版

印 次 / 2008 年 10 月第 1 次

印 数 / 1—4050 册

书 号 / ISBN 978-7-5628-2428-2/Q·10

定 价 / 49.80 元

(本书如有印装质量问题,请到出版社营销部调换。)

编写委员会

主 编 许建和 华东理工大学生物工程学院教授

副主编 孙志浩 江南大学生物工程学院教授

宋 航 四川大学化工学院教授

委 员(按编写顺序)

许建和 华东理工大学生物工程学院教授

孙志浩 江南大学生物工程学院教授

杨 晟 中科院上海植物生理生态研究所研究员

宋 航 四川大学化工学院教授

袁勤生 华东理工大学生物工程学院教授

赵 健 华东理工大学生物工程学院副教授

严希康 华东理工大学生物工程学院教授

辛嘉英 哈尔滨商业大学食品工程学院教授

前言

近年来以大量消耗化石资源为基础的现代制造工业迅猛发展,在极大地提高了人们物质生活水平的时候,也不可避免地对人类赖以生存的地球生态系统构成了严重的威胁。人类在过去短短一百年的时间内就用掉了地球上很大一部分储藏了千百万年,而短时间内却难以再生的化石资源(石油、煤炭、天然气),并向大气层排放了巨大数量的温室气体(CO_2)及其他对环境有害的物质(例如 SO_2 、 NO_x 等),从而对人类自身的可持续发展产生了严峻的挑战。因此,如何节约使用有限的化石资源和减少温室气体的排放,就成为人类当前和今后相当长一段时期内必须认真面对,而又亟需研究解决的世界性难题。

在这样的历史背景下,科学家们再次将目光聚焦到地球上物质循环的幕后操盘手——生物催化与生物转化系统。事实上,生物催化和生物转化一直是人类文明与社会赖以生存与发展的基础,它维系着地球上最大的物质循环与能量转换(包括 C、N、O 的循环和太阳能的吸收和转化)。无论是农耕社会人们衣食住行所需的主要物质,还是现代工业所依赖的化石资源/能源,其实都源自于太阳能驱动下的生物转化反应。当前,如何利用微生物的丰富酶系和基因资源将地球表面富余的、可以再生的大量木质纤维素原料有效地转化为人类社会有用的生物质能源和生物基化学品及材料,便成为新一代工业生物技术研究的热门课题。生物催化与生物转化技术已经被作为新一代工业生物技术的主体列入了 2006—2020 年国家中长期科技发展规划(http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787.htm),并得到国家重点基础研究计划(“973 计划”)和国家高技术研究发展计划(“863 计划”)持续和高强度的经费支持,从而掀起了我国生物催化技术研究、开发和应用的热潮。

与此同时,国内一些知名院校也纷纷为研究生或高年级本科生开设了生物催化工程或工艺方面的课程,但是可供选择的本土教材却很少。除了江南大学孙志浩先生主编的《生物催化工艺学》外,多数为国外著作的中译本,例如《工业生物转化》、《生物催化:原理与应用》。我校自 1996 年起成立了国内最早的生物催化研究室,1998 年起为研究生开设“生物催化与生物转化”,后来更名为“生物催化工程”,至今已有十余年时间,并于 2003 年编写了《应用生物催化》讲义。本书即是在上述讲义的基础上,在江南大学生物工程学院孙志浩教授、四川大学化工学院宋航教授、中科院上海植物生理生态研究所杨晨研究员、哈尔滨商业大学辛嘉英教授以及华东理工大学生物工程学院袁勤生教授和严希康教授等生物催化工程教学或科研方面知名专家的大力支持和参与下完成的。特别值得一提的是,在本书成稿的数年间还得到了我国第一项生物催化与生物转化 973 课题首席科学家欧阳平凯院士和国家自然科学基金“手性与手性药物”重大项目负责人林国强院士的关心、指导和支持,在此表示感谢。最后,还要衷心感谢曾经或仍然在华东理工大学生物催化研究室工作和学习的潘江讲师、武慧渊讲师、郁惠蕾博士、杨巍博士及其他师生的积极参与和无私奉献。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者和同行批评指正。

许建和

2008 年 9 月于上海

内 容 简 介

本书内容主要包括:绪论(介绍生物催化的基本概念、主要内容与发展趋势),基础知识(介绍生物催化的微生物学基础、应用酶学基础、手性化学基础、生物有机化学与生物催化等生物催化基本知识与理论),以及生物催化工程在现代科学技术中的应用。

本书适合生物工程和生命科学等专业高年级本科或研究生使用,也可供相关科技人员参考。

目 录

CONTENTS

1 绪论

1.1 生物加工与生化工程	1
1.2 生物催化工程	1
1.2.1 生物催化工程的学科背景	1
1.2.2 生物催化工程的内涵与外延	2
1.3 生物催化在手性合成中的应用	4
1.3.1 生物催化的不对称氧化还原	7
1.3.2 水解酶催化的对映选择性合成	8
1.4 工业生物催化发展动态及名家观点	10
1.4.1 生物催化的最新技术进展	10
1.4.2 生物催化的成功实例	14
1.4.3 生物催化的未来	15
参考文献	17

2 生物催化剂的发现

2.1 概述	20
2.1.1 生物催化剂的基本概念	20
2.1.2 生物催化剂的来源与多样性	20
2.1.3 生物催化剂的发现和筛选	21
2.2 微生物酶的筛选策略	23
2.2.1 常规生物催化剂筛选的一般策略	23
2.2.2 从极端微生物中筛选极端酶的策略	29
2.2.3 不可培养生物催化剂的发现策略	30
2.3 微生物和酶的一般筛选方法	31
2.3.1 从自然界发现产酶微生物	31
2.3.2 生物催化剂的高效筛选	35
2.4 菌种选育	37
2.4.1 自然选育	37
2.4.2 诱变选育	38
2.5 从基因组 DNA 筛选酶的方法	41

2.5.1 从土壤和水样提取基因组 DNA	41
2.5.2 土壤微生物 DNA 的文库构建	42
参考文献	43
3 生物催化剂的改造	
3.1 概述	44
3.1.1 分子生物学基本知识	45
3.1.2 基因工程原理	45
3.2 生物催化剂的有理设计	48
3.2.1 有理设计的工具	48
3.2.2 有理设计的目标	49
3.2.3 其他	50
3.2.4 小结与展望	51
3.3 生物催化剂的定向进化	52
3.3.1 定向进化的基本方法	53
3.3.2 关于定向进化方法的讨论	58
3.3.3 从实验室到市场	59
3.3.4 生物催化剂的高通量筛选	60
3.3.5 结论	61
3.4 生物催化剂的组合改造	61
3.5 生物催化剂改造总结和展望	62
参考文献	63
4 微生物酶的发酵生产	
4.1 产酶微生物菌种	65
4.1.1 对产酶菌种的要求	65
4.1.2 常见的产酶微生物	66
4.1.3 产酶菌种的保藏	67
4.1.4 产酶菌种的退化与活化复壮	68
4.2 产酶培养基	69
4.2.1 微生物发酵与产酶原料	69
4.2.2 培养基配制与灭菌	72
4.3 种子培养与发酵产酶	76
4.3.1 产酶发酵工艺流程	76
4.3.2 产酶发酵方法	77
4.3.3 种子扩大培养	78
4.3.4 无菌操作的接种技术	78
4.4 微生物生长与发酵产酶动力学	79
4.4.1 微生物的生长繁殖规律	79
4.4.2 发酵产酶的模式	80
4.4.3 细胞生长动力学	80
4.4.4 产酶动力学	81

4.5 发酵条件对产酶的影响	81
4.5.1 温度	82
4.5.2 pH	82
4.5.3 溶解氧(供氧)	82
4.5.4 搅拌	83
4.5.5 泡沫	83
4.5.6 湿度	84
4.6 发酵染菌和防治	84
4.6.1 杂菌污染的途径	84
4.6.2 杂菌污染的原因分析及防止措施	84
4.6.3 噬菌体的危害和防止措施	85
4.7 工业用生物催化剂与酶制剂	86
4.7.1 工业用生物催化剂的要求	86
4.7.2 商品酶的剂型	86
参考文献	87
5 酶的提取纯化与表征	
5.1 酶提取纯化的基本原理及分类	88
5.1.1 酶的提取	88
5.1.2 酶的纯化	88
5.1.3 酶的纯度检验	89
5.2 利用目标产物酶和杂蛋白溶解度差异的提取纯化方法	90
5.2.1 改变离子强度——盐析法	90
5.2.2 改变 pH 和温度	91
5.2.3 改变介电常数	91
5.3 利用液-液分配系数差异的提取纯化方法	92
5.3.1 双水相系统萃取法原理及应用	92
5.3.2 主要的影响因素	92
5.3.3 双水相萃取的改进	93
5.4 利用大小和形状差异的提取纯化方法	93
5.4.1 离心分离	93
5.4.2 凝胶过滤	94
5.4.3 膜分离法——超滤与透析	95
5.5 利用电荷性质差异的提取纯化方法	96
5.5.1 离子交换法	96
5.5.2 电泳技术	97
5.6 以稳定性差异为依据的提取纯化方法	97
5.6.1 选择性热变性	97
5.6.2 酸碱变性	97
5.6.3 表面变性	97
5.7 利用特异亲和性质差异的提取纯化方法	98

5.7.1	亲和层析	98
5.7.2	免疫吸附层析	99
5.7.3	染料配体亲和层析	99
5.7.4	共价层析	100
5.8	利用疏水作用差异的提取纯化方法	100
5.9	其他分离提纯方法	101
5.10	纯化方法评估与选择	102
5.10.1	纯化方案设计	102
5.10.2	酶纯化方法的选择	104
5.10.3	酶的保存	104
5.11	酶性质的表征及其方法	104
5.11.1	蛋白质的浓度	105
5.11.2	蛋白质的纯度	105
5.11.3	酶的活性	108
5.11.4	酶等电点及氨基酸分析	113
5.11.5	酶光谱和肽谱	113
参考文献		114
6	酶和细胞的固定化	
6.1	概述	115
6.1.1	固定化酶的产生和发展	115
6.1.2	固定化酶的含义及特点	116
6.1.3	固定化细胞	117
6.2	酶的固定化	117
6.2.1	固定化酶的制备原则和方法分类	117
6.2.2	非共价结合法固定化酶	119
6.2.3	共价结合法固定化酶	120
6.2.4	交联法固定化酶	122
6.2.5	包埋法固定化酶	123
6.3	固定化酶的性质	124
6.3.1	酶活力	124
6.3.2	稳定性	124
6.3.3	固定化酶的最适温度变化	125
6.3.4	固定化酶的最适 pH 变化	125
6.3.5	底物特异性	125
6.4	固定化酶的应用	125
6.4.1	固定化酶在工业生产中的应用	126
6.4.2	固定化酶在分析检测方面的应用	126
6.4.3	固定化酶在临床检验、治疗以及新药剂开发方面的应用	127
6.4.4	固定化酶在环境监测和治理方面的应用	128
6.4.5	固定化酶技术在能源新技术开发方面的应用	129

6.4.6 固定化酶技术为生命科学领域的研究提高新的技术手段	129
6.5 细胞的固定化	129
6.5.1 固定化细胞的特点	130
6.5.2 细胞固定化方法	131
6.5.3 固定化细胞的应用	133
6.6 原生质体固定化	133
6.6.1 原生质体固定化的作用	133
6.6.2 原生质体固定化的基本原理与方法	134
6.6.3 固定化原生质体的应用	135
参考文献	135
7 生物催化介质系统	137
7.1 概述	137
7.2 典型的生物催化介质系统	137
7.2.1 单一的水或缓冲溶液系统	138
7.2.2 均相水-有机溶剂系统	138
7.2.3 水-有机溶剂两相系统	138
7.2.4 乳状液或微乳液系统	139
7.2.5 微水有机溶剂均相系统	140
7.2.6 超临界流体系统	140
7.2.7 离子液体介质系统	141
7.2.8 无溶剂或寡溶剂反应系统	142
7.3 非水溶剂的影响及其选择原则	142
7.3.1 非水溶剂对酶选择性的影响	142
7.3.2 非水溶剂对酶稳定性的影响	143
7.3.3 非水溶剂的选择原则	144
7.4 水活度的影响及其控制方法	145
7.4.1 酶的柔性与“必需水”	145
7.4.2 水的活度与酶的活性	146
7.4.3 水活度缓冲体系	147
7.5 添加剂对非水相生物催化反应的影响	147
7.5.1 无机盐类添加剂	148
7.5.2 有机助溶剂	148
7.5.3 多醇类添加剂	148
7.5.4 表面活性剂	149
7.6 非水介质中酶的活化方法	150
7.6.1 有机相酶的活力为何不及水相	150
7.6.2 如何提高有机相中酶的催化活力	152
7.7 非水相生物催化的主要特征	154
7.7.1 酶在有机溶剂中的催化活性	154
7.7.2 酶在有机溶剂中的稳定性	154

7.7.3 溶剂对酶选择性的调控作用	154
7.7.4 非水相酶催化的其他特征	156
7.8 非水介质中脂肪酶催化的手性拆分反应	157
7.8.1 脂肪酶催化的有机合成反应	157
7.8.2 外消旋体的拆分方法	157
7.8.3 脂肪酶的手性识别机理	158
7.8.4 脂肪酶拆分外消旋体的实例	159
7.8.5 脂肪酶拆分的工业应用	164
参考文献	165
8 酶反应动力学	
8.1 酶的基本动力学	169
8.1.1 Michaelis-Menten 方程	169
8.1.2 Briggs-Haldane 改进的米氏方程	170
8.1.3 米氏方程的意义	171
8.1.4 米氏方程中 K_m 、 v_{max} 的测定	172
8.2 King-Altman 法推导酶动力学方程	174
8.3 酶的抑制动力学	181
8.3.1 酶的可逆抑制	181
8.3.2 酶的不可逆抑制	186
参考文献	190
9 生物催化反应器	
9.1 生物催化反应器概述	192
9.1.1 生物催化反应器的基本概念	192
9.1.2 生物反应器的特点	193
9.1.3 生物反应器的分类	193
9.1.4 生物反应器的研究内容和发展趋势	194
9.2 生物反应器设计基础	195
9.2.1 生物反应器设计的生物学基础	195
9.2.2 生物反应器中的混合与传热	196
9.2.3 理想的生物反应器模型	197
9.3 几种主要的生物反应器介绍	201
9.3.1 机械搅拌式生物反应器	201
9.3.2 鼓泡式和气升式生物反应器	209
9.3.3 自吸式生物反应器	211
9.3.4 厌氧生物反应器	212
9.3.5 固态发酵用生物反应器	214
9.3.6 固定床、流化床生物反应器	215
9.3.7 膜生物反应器	216
9.4 生物反应器的设计与放大	219
9.4.1 生物反应器的设计	219

9.4.2 生物反应器的放大	225
参考文献	230
10 生物催化产品分离工程	
10.1 概述	232
10.1.1 生物催化反应的类型及其产业化简况	232
10.1.2 生物催化产品分离工程的基本内容	233
10.2 细胞及不溶性物质的去除	234
10.2.1 酶反应液或细胞转化液的预处理	234
10.2.2 固-液分离	235
10.3 溶剂萃取	237
10.3.1 溶剂萃取分离的物理化学基础	237
10.3.2 萃取过程取决于溶剂的特性	237
10.3.3 萃取过程还取决于水相中溶质的特性	238
10.3.4 萃取过程的操作方式及计算	239
10.3.5 离子对/反应萃取	240
10.4 树脂法	241
10.4.1 树脂的分类	241
10.4.2 吸附树脂	243
10.4.3 离子交换树脂	244
10.5 膜分离	247
10.5.1 膜分离技术的类型和定义	247
10.5.2 膜及其组件	248
10.5.3 分离机理和膜中迁移方程式	251
10.5.4 浓差极化和膜污染	252
10.5.5 膜过滤的应用	253
10.6 沉淀法	253
10.6.1 等电点沉淀法	254
10.6.2 有机溶剂沉淀法	254
10.6.3 生成盐类复合物的沉淀法	254
10.7 色层分离法	255
10.7.1 前言	255
10.7.2 色层分离法的基本概念	256
10.7.3 生物小分子产品生产中常用的色层分离法	257
10.8 液体蒸发	259
10.8.1 基本概念	259
10.8.2 常用的浓缩方法和设备	260
10.9 结晶和重结晶法	262
10.9.1 结晶	262
10.9.2 过饱和溶液的形成	263
10.9.3 晶核的形成	264

10.9.4	晶体的生长	265
10.9.5	重结晶	265
10.9.6	应用实例	266
10.10	固体干燥	266
10.10.1	生物材料水分的性质及干燥的原理	266
10.10.2	干燥速度及其影响因素	267
10.10.3	干燥工艺的确定和干燥器的选型	268
10.10.4	生物产品常用的干燥方法	268
10.11	产品的验证和鉴定	271
10.11.1	用新工艺生产已知(原有)产品的验证	272
10.11.2	结构未知的新产品鉴定	273
	参考文献	274
11	氧化酶	
11.1	单加氧酶	275
11.1.1	C—H 键羟化酶	275
11.1.2	烯烃环氧化酶	284
11.1.3	Baeyer-Villiger 单加氧酶	290
11.1.4	单加氧酶小结	301
11.2	双加氧酶	301
11.2.1	双加氧酶在芳烃代谢中的作用	301
11.2.2	芳烃双加氧酶的结构、分类及催化的反应类型	302
11.2.3	芳烃双加氧酶催化的芳烃双羟基化	303
11.2.4	酶法、化学-酶法获得非寻常顺-二氢二醇对映异构体	307
11.2.5	芳烃顺-二氢二醇在有机合成中的应用	308
11.2.6	其他双加氧酶	309
11.3	过氧化酶	311
11.3.1	过氧化酶的活性中心结构及反应机理	311
11.3.2	过氧化酶催化的反应	312
11.3.3	过氧化酶小结	319
	参考文献	319
12	还原酶	
12.1	手性化合物简介	323
12.2	生物法还原羰基化合物合成手性仲醇	323
12.2.1	手性仲醇的用途及合成方法	323
12.2.2	生物催化羰基不对称还原在手性合成中的应用	326
12.3	生物法还原羰基化合物的机理	328
12.4	生物法还原羰基化合物的研究现状	328
12.4.1	酶源	328
12.4.2	离体还原酶的反应	330
12.4.3	整细胞生物还原	336

参考文献	340
13 脂肪酶	
13.1 脂肪酶的来源与获得	344
13.1.1 脂肪酶的来源	344
13.1.2 产脂肪酶微生物的筛选	346
13.1.3 脂肪酶的发酵生产	346
13.2 脂肪酶活力的测定	347
13.2.1 脂肪酶活力测定的底物	347
13.2.2 底物的乳化	347
13.2.3 脂肪酶活力的检测方法	348
13.3 脂肪酶的性质、催化特性、结构和作用机理	349
13.3.1 不同来源脂肪酶的相对分子质量	349
13.3.2 不同来源脂肪酶的最适 pH 和最适温度	350
13.3.3 脂肪酶活性的影响因子	350
13.3.4 脂肪酶的界面活化机理	350
13.3.5 脂肪酶分子结构中的“ α/β -水解酶折叠”	352
13.3.6 脂肪酶催化残基的确定	353
13.3.7 包括两个四面体中间体的脂肪酶催化反应的机理	353
13.3.8 脂肪酶催化的反应	353
13.4 脂肪酶的选择性	354
13.4.1 脂肪酶的底物选择性	354
13.4.2 脂肪酸或酰基供体的选择性	355
13.4.3 区域或位置选择性	355
13.4.4 立体选择性	355
13.4.5 非选择性	355
13.4.6 脂肪酶选择性的分子基础	355
13.4.7 影响酶选择性的因素	356
13.5 脂肪酶的工业应用	357
13.5.1 食品工业、油脂修饰	357
13.5.2 洗涤剂工业中的应用	363
13.5.3 皮革生产中的应用	365
13.5.4 利用脂肪酶拆分手性化合物	365
13.5.5 可生物降解高分子化合物的合成	375
参考文献	376
14 环氧水解酶	
14.1 概述	379
14.1.1 环氧水解酶的生理功能	379
14.1.2 环氧水解酶的催化机理	380
14.1.3 一些高选择性的环氧水解酶生产微生物菌株	382
14.2 环氧水解酶的生产及改造	384

14.2.1	环氧水解酶的生产	384
14.2.2	环氧水解酶的基因克隆与定向进化	384
14.2.3	环氧水解酶的纯化	385
14.2.4	环氧水解酶的固定化	385
14.3	环氧水解酶催化反应的区域选择性	386
14.4	环氧水解酶催化的环氧化物水解	387
14.4.1	经典动力学拆分	387
14.4.2	内消旋环氧化物的不对称化	391
14.4.3	对映会聚水解	391
14.4.4	非天然亲核试剂	393
14.5	环氧水解酶生物催化反应器	394
14.5.1	单一水相催化	394
14.5.2	两相催化	395
14.5.3	膜反应器转化	395
14.6	总结与展望	397
	参考文献	397
15	糖苷酶及其在合成反应中的应用	
15.1	糖苷酶的介绍	402
15.1.1	糖苷酶的研究进展	402
15.1.2	糖苷酶的分类	402
15.1.3	糖苷酶的命名和底物专一性	402
15.1.4	糖苷酶的作用机制	403
15.2	糖苷酶在合成反应中的应用	403
15.2.1	糖苷类化合物的简介	403
15.2.2	糖苷化合物的生产方法	404
15.2.3	糖苷酶合成糖苷化合物	404
15.3	糖苷酶的合成反应	406
15.3.1	逆水解反应	406
15.3.2	转糖苷化反应	407
15.3.3	新型体系中的糖苷化反应	407
15.3.4	糖苷化反应的区域选择性	409
15.4	酶法扩大生产糖苷化合物	410
15.4.1	衡量比较各种生产方法的标准	410
15.4.2	用于糖苷化反应的生物反应器	411
15.4.3	糖苷化反应产物的下游处理	412
15.4.4	糖苷化反应工业生产的成本评估	412
	参考文献	413

1.1 生物加工与生化工程

英文 bioprocess 一词有两层含义:第一层含义,也是最基本的含义是“生物过程”,是包括微生物和高等动植物在内的所有生物体内进行的一连串酶反应的总称;第二层含义是“生物加工”,指人类利用生物体内的酶反应或者其整体的生物功能来进行有用物质生产或者物质转化的活动。显然,作为生化工程研究对象的 bioprocess,主要是第二层含义(生物加工),即利用天然生物过程,进行物质加工的实践活动,在我国,人们习惯上也叫“生物化工”。

有史记载以来,人类一直在巧妙地利用微生物的功能或者酶的作用为生活增色添彩,例如酒、醋、酱油等传统食品以及染料靛蓝的制造等。随着人口的增加和城镇的发展,上述产品的生产逐渐由私人作坊转变为大规模生产,即发展成为人们常说的生物加工阶段。使大量生产成为可能的必要因素之一是新材料和新设备的使用;同时另一个不可忽视的因素是为扩大生产规模所进行的基础研究。

随着对生物功能的理解不断加深,在分子水平上对生物过程进行改造已变得轻而易举。如今,人们正积极研究和开发各种类型的生物加工过程,包括基因重组或细胞融合的微生物功能表达及其应用,特定酶反应器的构筑和利用,海藻细胞、动植物细胞或其组织的培养等,目的是为了大规模生产现代生活所必需的医药品、食品和工业原辅材料。

由于实验室的生物过程大多是在试管、摇瓶或小型发酵罐中进行的,而实际的生产过程都是在大型的工业装置中完成的,因此即使在试管或摇瓶中实现的过程,也还不能算是现实可行的生产技术。这是因为,与生产有关的生物催化剂(酶、微生物或者动植物细胞)在实验室中与在大型工业装置中所处的环境均或多或少地存在差异。所以,为了使生物加工的过程实用化,必须研究从小规模向大规模环境过渡的技术,这种技术可称作生物化学工程(Biochemical Engineering)或生物过程工程(Bioprocess Engineering)。

生物化学工程学自 1947 年提出以来,作为一门学科经历了一个系统化的过程。最初的生化工程主要是从工程学角度对传统的发酵技术进行概括总结,也可以说是一门将微生物法生产有用物质的技术进行系统化的工程学。近年来随着生物技术的发展,除了微生物之外,酶、动植物细胞或其组织等也都已成为生化工程学研究的主要对象。为了实现这些生物技术的实用化,必须对相关的生物过程进行生化工程学方面的考察和研讨。因此生化工程学的范围包括利用生物化学的功能进行有用物质的生产和进行有用生物系统的构筑^[1]。

1.2 生物催化工程

1.2.1 生物催化工程的学科背景

随着现代生物技术突飞猛进的发展,生物催化剂已在化工、医药、食品、材料等各个领域获得