



面向 21 世纪 课程 教材  
Textbook Series for 21st Century

# 现代食品生物技术

陆兆新 主编

食品科学与工程专业用

中国农业出版社

面向 21 世纪课程教材  
Textbook Series for 21st Century

# 现代食品生物技术

陆兆新 主编

食品科学与工程专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代食品生物技术 / 陆兆新主编. —北京: 中国农业出版社, 2002.8

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-07763-2

I. 现... II. 陆... III. 生物技术-应用-食品工业-高等学校-教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 039760 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)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 李国忠

北京忠信诚胶印厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2002 年 8 月第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 27.75

字数: 668 千字

定价: 38.60 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 前 言

本教材被教育部批准列入高等教育“面向 21 世纪课程教材”。

生物技术是一门具有悠久历史的学科，可追溯到古代食品的生产，如酿酒、制饴等。生物技术在 20 世纪发展非常迅速，特别是 20 世纪六七十年代原生质融合技术、DNA 重组技术和近年来基因组学、蛋白质组学的发展，更赋予生物技术以崭新的内容而被列为当前高技术的领域，受到世界各国的高度重视。同时，现代生物技术在医药卫生、环境治理、农业、化工以及食品生产和加工领域得到广泛的应用，并取得了巨大的社会效益，对社会发展和经济发展做出了巨大的贡献。因此现代食品生物技术将对于优质农产品原料生产、食品加工、食品质量控制、食品生产废弃物的利用以及改善和增加食品的营养价值等具有重要的意义。

为了适应时代发展的要求和学生对知识的需要，国内迫切需要一本从现代生物技术的基本原理到食品应用进行深入介绍的教材。在全国高等农业院校食品科学与工程教学指导委员会的指导下，我们组织编写了食品科学与工程专业的教材《现代食品生物技术》。本教材是在南京农业大学和华中农业大学食品学院试用教材的基础上，编写人员根据国内外现代食品生物技术的新进展，进行了充实和提高编写而成的。例如，在教材中介绍了近几年来生物技术最新进展——分子进化工程理论及其在酶分子进化中的应用实践，拓展酶在食品领域的应用前景。另外，考虑到食品科学和工程专业学生对生物技术基本原理了解比较少的实际情况，尽可能深入浅出介绍现代生物技术的基本原理及其在食品中的应用。

本书编写人员均为各院校生物技术领域的教师，多数是从国外留学回国的具有博士学位的年轻教师，对国内外食品生物技术的发展趋势有比较全面的了解，并结合各人在自己领域多年的教学和科研经验。南京农业大学的陆兆新为本教材主编，浙江大学的郑晓冬、华中农业大学的陈福生和南京师范大学的陈崇顺为副主编，参加编写的还有南京农业大学的别小妹、扬州大学的方维明、沈阳农业大学的吕淑霞、浙江工业大学的汪昭和湖北工学院的樊黎生。全书由复旦大学的周德庆教授主审。

在编写过程中参考了国内外相关书籍和近期的文献，谨此向原作者致谢。由于能力和时间有限，书中难免会出现许多遗漏或错误及不足之处，敬请读者批评指正。

编 者  
2002 年 6 月

# 目 录

前 言

## 第一章 绪 论

第一节 生物技术的定义和研究内容 .....	1
一、生物技术的定义 .....	1
二、生物技术的构成 .....	2
三、生物技术各构成成分之间的关系 .....	3
第二节 生物技术的形成和发展 .....	3
一、传统生物技术 .....	3
二、现代生物技术的发展 .....	5
三、现代生物技术的前景 .....	6
第三节 食品生物技术的基本特征和研究内容 .....	8
一、食品生物技术的基本特征 .....	8
二、食品生物技术的研究内容 .....	8
三、现代食品生物技术的作用 .....	8
主要参考文献 .....	11

## 第二章 基因工程原理及其在食品科学中的应用

第一节 基因工程基础 .....	13
一、基因工程的定义、意义及研究内容 .....	13
二、基因工程的工具酶 .....	14
三、基因工程的载体 .....	26
四、基因工程中的一些主要分子生物学方法 .....	39
第二节 基因工程研究 .....	50
一、目的基因的分离与制备 .....	50
二、目的基因与载体的重组（重组体的构建） .....	53
三、将重组体导入受体细胞（重组转化体的获得） .....	55
四、重组转化体的筛选和鉴定 .....	58
五、克隆基因的表达 .....	61

三、补料分批发酵动力学 .....	119
四、连续发酵动力学 .....	120
第七节 细胞生物反应器 .....	123
一、液体发酵罐 .....	123
二、固体发酵设备 .....	131
第八节 发酵工程与功能性食品 .....	133
一、真菌多糖 .....	133
二、生物活性肽 .....	139
三、功能性微生物制剂 .....	141
四、发酵法生产功能性微量元素 .....	143
五、功能性不饱和脂肪酸 .....	145
第九节 发酵工程与食品添加剂 .....	148
一、黄原胶的发酵法生产 .....	149
二、结冷胶的发酵法生产 .....	155
三、茁霉多糖的发酵法生产 .....	159
四、海藻糖的发酵法生产 .....	162
五、乳酸的发酵法生产 .....	164
六、红曲的发酵法生产 .....	167
七、发酵法生产类胡萝卜素 .....	169
第十节 发酵工程与食品废弃物的处理 .....	172
一、食品工业废水分类及特性 .....	172
二、食品工业废水的处理方法 .....	174
三、食品工业废水生物处理的应用 .....	177
主要参考文献 .....	183

#### 第四章 酶工程原理及其在食品中的应用

第一节 酶工程原理和方法 .....	185
一、酶工程概述 .....	185
二、酶制剂的生产 .....	186
三、微生物细胞的破碎 .....	186
四、酶的提取与纯化 .....	187
五、酶的改造与修饰 .....	196
六、酶的固定化 .....	200
七、酶反应器 .....	203
第二节 酶工程与食品加工 .....	205
一、淀粉糖加工 .....	205

二、乳品加工 .....	206
三、果蔬加工 .....	209
四、鱼、肉制品加工 .....	211
五、油脂改良 .....	211
六、酒的酿造 .....	213
七、焙烤食品 .....	214
第三节 酶工程与食品添加剂 .....	215
一、高甜度甜味剂 .....	215
二、5'-鸟苷酸和 5'-肌苷酸 .....	217
三、单甘酯 .....	217
四、 $\beta$ -环糊精 .....	219
第四节 酶工程与功能性食品配料 .....	220
一、低聚糖 .....	220
二、果葡糖浆 .....	223
三、水解动植物蛋白 .....	224
第五节 酶工程与食品原料的改良 .....	227
一、小麦面粉品质的改良 .....	227
二、水果类加工品质的改良 .....	229
三、牛乳品质的改良 .....	231
四、蛋白质功能性质的改良 .....	232
五、某些有毒食品原料的改良 .....	232
第六节 酶工程提高食品资源利用效率 .....	233
一、提高肉类和果蔬类生产效率 .....	233
二、提高植物原料的淀粉提取率 .....	233
三、酿酒工业与出酒率的提高 .....	234
四、提高农副产品和城市废料中纤维素的利用率 .....	235
五、提高肉类和鱼类的利用率 .....	235
六、酶与提高发泡剂的保存质量 .....	236
七、提高干酪的生产效率 .....	236
八、酶与提高酿造产品的得率及原料利用率 .....	237
九、酶技术使淀粉的转化利用率更高 .....	237
十、酶制剂与提高茶叶等原料中有效成分的得率 .....	238
十一、酶制剂与提高豆制品的得率 .....	238
十二、酶制剂与草莓、辣椒等除蒂率的提高 .....	239
十三、酶制剂与琼脂生产 .....	239
十四、其他用途 .....	239
第七节 新型酶制剂及其应用 .....	239

一、微生物原果胶酶的研究进展 .....	239
二、转谷氨酰胺酶的功能特性及其应用 .....	242
三、 $\alpha$ -乙酰乳酸脱羧酶 .....	243
四、氨肽酶和羧肽酶及其在蛋白水解物脱苦中的应用 .....	245
主要参考文献 .....	247

## 第五章 细胞工程原理及其在食品工业中的应用

第一节 细胞工程原理 .....	252
一、细胞工程概述 .....	252
二、细胞工程的主要技术领域 .....	253
三、细胞工程产业化的实现 .....	258
第二节 微生物细胞工程及其在食品工业中的应用 .....	259
一、微生物原生质体融合的优点 .....	260
二、微生物细胞融合 .....	260
三、微生物细胞融合技术在食品工业中的应用 .....	264
第三节 动物细胞工程及其在食品工业中的应用 .....	266
一、核移植技术 .....	266
二、动物细胞培养及其应用 .....	271
三、其他细胞工程技术在相关食品工业中的应用 .....	273
第四节 植物细胞工程及其在食品工业中的应用 .....	275
一、植物细胞培养及其在食品工业中的应用 .....	275
二、其他植物细胞工程技术及其在食品工业中的应用 .....	290
主要参考文献 .....	294

## 第六章 蛋白质工程和分子进化工程

第一节 蛋白质工程的原理和方法 .....	298
一、蛋白质工程的概念与起源 .....	298
二、蛋白质工程的原理 .....	299
三、蛋白质工程的工作定义 .....	301
四、蛋白质工程的主要研究方法 .....	304
五、蛋白质工程的意义与展望 .....	309
第二节 蛋白质工程与食品加工 .....	310
一、葡萄糖异构酶 .....	310
二、凝乳酶 .....	315
三、其他分子蛋白质工程 .....	317



第三节 分子进化工程及其在食品中的应用 .....	320
一、分子进化工程 .....	320
二、酶分子进化工程 .....	324
三、酶分子进化的食品及工业应用 .....	328
四、蛋白质进化的理论意义 .....	329
主要参考文献 .....	330

## 第七章 生物技术与食品安全和品质控制

第一节 生物传感器及其在食品检测分析中的应用 .....	333
一、生物传感器的基本概念 .....	333
二、生物传感器的发展简史 .....	340
三、生物传感器中生物敏感材料的固定化和成膜技术 .....	341
四、生物传感器在食品安全和品质控制中的应用 .....	344
第二节 免疫学技术与食品安全检测 .....	348
一、抗原与抗体 .....	349
二、常用的免疫学方法 .....	358
三、免疫技术在食品安全检测中的应用 .....	370
第三节 分子生物学技术及其在食品安全检测中的应用 .....	373
一、食品安全检测中常用的几种分子生物学技术简介 .....	373
二、分子生物学技术在食品安全检测中的应用 .....	384
第四节 生物芯片及其在食品安全检测中的应用 .....	387
一、生物芯片的定义及分类 .....	387
二、生物芯片的制备方法 .....	390
三、生物芯片的应用 .....	393
主要参考文献 .....	397

## 第八章 转基因食品的发展与食品安全

第一节 转基因食品的发展动态 .....	403
一、转基因食品的概念 .....	403
二、转基因食品的研究开发进展 .....	404
三、我国转基因食品的发展状况及对基因工程技术的政策 .....	404
四、转基因食品的发展面临的困难 .....	405
第二节 转基因食品对人类健康和社会发展的影响 .....	406
一、转基因食品为人类带来的好处 .....	407
二、人们对转基因食品的争论 .....	410

---

第三节 转基因食品的安全性评价 .....	412
一、转基因食品的安全问题 .....	412
二、转基因食品的安全性要求 .....	413
三、转基因食品安全性评价的目的 .....	414
四、转基因食品安全性评价的原则 .....	415
五、转基因食品安全性评价的方法 .....	416
六、转基因食品安全性评价的几个问题 .....	419
七、转基因食品无需担心的理由 .....	427
第四节 转基因食品的检测 .....	427
第五节 问题和展望 .....	428
一、相关的法律和政策不完善 .....	428
二、尊重消费者的知情权和选择权 .....	429
三、树立对消费者负责的态度 .....	429
主要参考文献 .....	430

## 绪 论

当今生物技术已经被世界各国视为高技术。它对于解决人类所面临的食物短缺、健康问题、资源问题、环境问题、经济问题和人类可持续发展等问题和促进国民经济的发展是至关重要的，所以许多国家都将生物技术确定为增强国力和经济实力的关键性技术之一。我国政府同样也把生物技术列为高新技术之一，并组织力量追踪攻关，力争赶上世界先进水平或达到国际领先水平。进入 21 世纪后，生物技术更加受到重视，它必将对 21 世纪的经济发展和人们生活质量的提高产生更大的作用，因此有人认为 21 世纪是生命科学的世纪，生物技术产业将是 21 世纪的支柱产业。

### 第一节 生物技术的定义和研究内容

#### 一、生物技术的定义

生物技术 (biotechnology) 的起源可追溯到古代劳动人民食品的生产。随着科学技术的发展，人类对生命的本质及生命规律的认识不断加深，生物技术的内涵得到了进一步发展。现代生物技术和传统生物技术之间既有共同之处，又有很大的差异。

现代生物技术代表着高新技术，但至今还没有一个统一的定义。而从学术方面对生物技术下定义是在 20 世纪的事。1919 年一位匈牙利农业经济学家 Karl Ereky 为了表达一切用生物转化手段进行生产的概念，并表明生物学与技术之间的内在联系，首创了“生物技术”这一名词。1933 年英国《自然》杂志第一次刊登了一篇题为《生物技术》的文章。1938 年著名科学家 Julian Huxley 认为“生物学与其他无生命物质的科学具有同等重要的意义，而生物技术从长期来看，将比力学工程和化学工程具有更重要意义。”由此使“生物技术”一词的使用出现了第一个高潮。第二次世界大战后，随着生物科学技术发展的加快，20 世纪 50~60 年代美国大学中有关 biotechnology、biochemical engineering 和 bioengineering 的研究小组、系以及杂志相继出现，如 1962 年，当时《微生物技术和生物工程杂志》的主编、著名生化工程学家 Elmer Gaden 博士决定把这一刊物改名为《Biotechnology and Bioengineering》(生物技术和生物工程)。

曾经有不少国际学术组织和学者对生物技术下过定义。1982 年国际纯粹及应用化学联合会对于生物技术作了如下的定义：生物技术是将生物化学、生物学、微生物学和化学工程应用于工业生产过程(包括医药、卫生、能源、农业及其产品)及环境保护的技术。1982 年国际经济合作及发展组织提出：生物技术是应用自然科学和工程学的原理，依靠生物催化剂(酶或活细胞)的作用对物料进行加工，以提供产品为社会服务的技术。1985 年 Moo-Young 主编的《综合生物技术》中把生物技术定义为：生物技术是对生物作用和生物物料加以评价和应用，并进行工业产品

生产的技术。生物技术的英文对应词 biotechnology 中的 bio-是生命或生物的意思,即植物、动物和微生物等具有生命活动的细胞;而 technology 是指技术和工艺,因此,生物技术是指利用培养基中(上)活细胞,并整合其他加工工艺,以获得生理活性物质和对物质进行生物加工,达到最大的商业价值的技术学科。

国际上比较权威的定义为:生物技术是利用生物体系,应用先进的生物学和工程技术,加工或不加工底物原料,以提供所需的各种产品,或达到某种目的的一门新型跨学科技术。

传统生物技术的技术特征是酿造技术和发酵技术。而现代生物技术的技术特征是以重组 DNA 技术为核心的一个综合技术体系,其内容主要包括:①重组 DNA 技术及其他转基因技术;②细胞和原生质融合技术;③酶和细胞固定化技术;④植物脱毒和快速繁殖技术;⑤动物和植物细胞大量培养技术;⑥动物胚胎工程技术;⑦现代微生物发酵技术(高密度发酵、连续发酵和其他新型发酵技术);⑧现代生物反应工程和分离工程;⑨蛋白质工程;⑩分子进化工程。

## 二、生物技术的构成

生物技术是由多学科综合而成的一门交叉性学科,涉及微生物学、生物化学、细胞生物学、免疫学、遗传育种、分子生物学和化学工程等学科。目前认为生物技术是由基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程和蛋白质工程组成。

### (一) 基因工程

基因工程(gene engineering)是20世纪70年代以后兴起的一门新技术,其主要原理是应用人工方法把生物遗传物质——DNA分离出来,在体外进行切割、拼接和重组,然后通过运载工具(vector)将重组的基因导入某种宿主细胞或个体,从而改变宿主的遗传特性;有时还使导入的新的遗传信息在宿主细胞中或个体中大量表达,以获得大量所需的基因表达产物(各种生理活性物质,如蛋白质、酶、多肽、抗生素等等)。这种利用DNA重组技术来创造新物种或给予生物以特殊概念的技术称基因工程,也称DNA重组技术。

### (二) 细胞工程

所谓细胞工程(cell engineering)是指以细胞为基本单位,在体外条件下进行培养、繁殖或人为地使细胞的某些生物学特性按人们的意志发生改变,从而达到改良生物品种和创造新品种,加速动物或植物个体的繁殖,或获得某些有用的物质的过程。它包括了动物和植物细胞的体外大量培养技术、细胞融合技术(也称细胞杂交技术)、细胞拆分、染色体工程和繁殖生物学技术等。

### (三) 发酵工程

利用微生物生长速度快、生长条件简单以及代谢过程特殊等特点,在合适条件下,通过现代化工程技术手段,最大限度地发挥微生物的某种特定功能,以生产出人类所需的产品称为发酵工程(fermentation engineering),也称微生物工程。它包括了微生物生长动力学,发酵条件的优化和控制,生化反应器的设计,以及产品的分离、提取和精制等技术。

### (四) 酶工程

所谓酶工程(enzyme engineering)是指利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能,或对

酶结构进行修饰改造,并借助于生物反应器和工艺优化过程,有效地发挥酶的催化特性来生产人类所需产品的技术。它包括酶固定化技术、细胞固定化技术、酶化学修饰技术和酶反应器设计等技术。

### (五) 蛋白质工程和分子进化工程

蛋白质工程 (protein engineering) 是指应用基因工程的原理,结合蛋白质结晶学、计算机模拟设计和蛋白质化学等多学科的知识,通过蛋白质基因中的某个碱基进行定向改变,从而改变蛋白质的氨基酸序列,使蛋白质的结构功能发生变化,产生符合人们所需的蛋白质或酶。

分子进化工程 (molecular evolution engineering) 是指在试管或实验室中模拟生物分子(如核酸、蛋白质和糖等分子)的进化,使长期的自然进化过程能在实验室中短期实现。酶分子进化工程是分子进化工程的一部分,是指酶基因通过随机的点突变与 DNA 序列的改组、重组和筛选等,使酶的稳定性、底物特异性、催化活性、耐热性等发生改变甚至创造新酶的方法。

## 三、生物技术各构成成分之间的关系

生物技术中的五大工程(有时把蛋白质工程列入基因工程内,成为四大工程)之间是相互依赖、密切联系、难于分割的。在现代生物技术中基因工程是核心技术,但是基因工程包括蛋白质工程所提供的新的、具有特殊功能的细胞,还必须通过发酵工程或细胞工程来实现它的潜在的经济价值。酶工程中固定化酶和固定化细胞技术,它本来就是从发酵工程中分离出来的一部分,也是同发酵工程密不可分的技术。细胞工程中的动物和植物细胞大量培养技术原理类似于发酵工程,因此曾有人将动物和植物细胞大量培养技术归类于发酵工程。蛋白质工程是酶工程中酶的分子修饰同基因工程相结合的产物,蛋白质工程获得的理想酶基因必须通过基因工程导入到宿主细胞中去,然后再通过发酵工程来实现其优良、特殊的催化功能。近年发展起来的分子进化工程中的酶分子进化又是酶工程和蛋白质工程的发展和延伸。由此看到,发酵工程和酶工程不仅本身是生物技术的重要组成部分,而且绝大多数生物技术目标都可通过发酵工程和酶工程来实现。因此,生物技术的主要应用领域,往往就是发酵工程和酶工程应用范围和研究的对象。例如生物技术的一些新领域如环境工程、再生资源工程都是以发酵工程和酶工程作为基础和主要手段的。总之,现代生物技术的核心是基因工程,由它带动和推动其他各大工程的发展,而现代生物技术的基础和归宿则是发酵工程和酶工程,否则就不能获得产品和经济效益,也就体现不了基因工程和细胞工程的优越性。

## 第二节 生物技术的形成和发展

### 一、传统生物技术

生物技术的发展历史与食品发展的历史是密不可分的。传统生物技术应该说从史前时代起就一直为人们所开发和利用,并造福人类。最早的生物技术可以追溯到公元前 6000 年(距今约

8 000年)。在西方,苏美尔人和巴比伦人在公元前 6000 年就开始面包的发酵、酒精饮料、果汁发酵制醋和酿酒等。埃及人则在公元前 4000 年就开始制作面包。所以说生物技术是人类在劳动实践中最早发现和掌握的技术之一(表 1-1)。

表 1-1 生物技术的里程碑 (Byong H.Lee, 1996)\*

传统生物技术 (old biotechnology)	
时 间	里 程 碑
公元前 6000	面包发酵、酒精饮料和来自发酵果汁的醋
公元前 2000	酿酒、饴糖制造
公元前 1400	啤酒、白酒以及醋的生产
公元前 1000	酱油
1100**	预防天花疫苗
1200	酒精(从酒中蒸发)
1650	蘑菇的栽培
1680	列文虎克第一次发现了酵母细胞
1857—1876	巴斯德证明了微生物的发酵能力
1881	乳酸的微生物生产
1885—1900	乙醇、乙酸、甘油、丙酮、丙醇、柠檬酸的发酵生产,污水处理
1940	无菌技术的导入,抗生素(青霉素、链霉素、氯霉素)和生物活性物质(氨基酸、维生素、类黄酮、多糖)和疫苗的生产
1953	DNA 结构的发现
1957	谷氨酸的制造
1955—1960	深层发酵生产柠檬酸
现代生物技术 (new biotechnology)	
1969	千田一郎用固定化氨基酸酰化酶生产 L-氨基酸
1970—1972	细菌质粒 DNA 和大肠杆菌的转化
1973	打破遗传界限(限制性内切酶、连接酶)
1974	杂合基因在大肠杆菌中的表达
1975	杂交瘤(单克隆抗体)
1978	Somatostam(第一次重组 DNA 产物)
1982	重组人胰岛素
1983	杂合植物基因表达
1985	重组人生长激素
1986	重组乙肝疫苗、重组 $\alpha$ -干扰素
1987	重组组织溶纤酶原激活剂和重组色氨酸
1989	重组白细胞介素-2、重组 $\gamma$ -干扰素
1989—1991	重组凝乳酶、重组 VC <sub>12</sub> 、抗细菌噬菌体的乳酸生产菌
1990	麦芽糖酶强化面包酵母
1992	脂肪酶、淀粉酶
1994	Flavr Savr 番茄、重组酿酒酵母

\* 参照参考文献 [4]; \*\* 以下时间为公元纪年。

在石器时代后期,我国人民就会利用谷物造酒,这是最早的发酵技术。在公元前221年,周代后期,我国人民就能制作豆腐、酱和醋,并一直沿用至今。公元10世纪,我国就有了预防天花的活疫苗,到了明代,就广泛地接种疫苗以预防天花。16世纪,我国的医生已知道被疯狗咬伤可传播狂犬病。

1680年,荷兰人Leeuwenhoek(1632—1723)制成了能放大170~300倍的显微镜,并首先观察到了微生物——酵母。19世纪60年代,法国科学家L. Pasteur(1822—1895)首先证实发酵是由微生物引起的,并建立了微生物的纯种培养技术,从而为发酵技术的发展提供了理论基础,使发酵技术纳入了科学的轨道。到了20世纪20年代,工业生产中开始采用大规模的纯种培养技术生产化工原料丙酮、丁醇。50年代,在青霉素大规模发酵生产的带动下,发酵工业和酶制剂工业大量涌现。发酵技术和酶技术被广泛应用于医药、食品、化工、制革和农产品加工等部门。19世纪初,遗传学的建立及其应用,产生了遗传育种学,并于19世纪60年代取得了辉煌的成就,被誉为“第一次绿色革命”,粮食产量大幅度增加,缓解了粮食问题。细胞学的理论被应用于生产而产生了细胞工程。在今天看来,上述诸方面发展,还只能被视为传统的生物技术。虽然它们还不具备高技术的诸要素,但为现代生物技术的发展奠定了基础。

## 二、现代生物技术的发展

现代生物技术是以20世纪70年代DNA重组技术的建立为标志的。1944年Avery等阐明了DNA是遗传信息的携带者。1953年Watson和Crick提出了DNA双螺旋结构模型,阐明了DNA的半保留复制,由此奠定了现代分子生物学的基础,开辟了分子生物学研究的新纪元,从而给生物学乃至整个人类社会带来了一场革命。由于一切生命活动都是由包括酶和非酶蛋白行使其功能的结果,所以遗传信息与蛋白质的关系就成了研究生命活动的关键问题。1961年M. Nirenberg等破译了遗传密码,揭开DNA编码的遗传信息是如何传递给蛋白质这一秘密。基于上述基础理论的发展,1973年,美国加利福尼亚大学旧金山分校的Herber Boyer和斯坦福大学的Stanley Cohen共同完成了一项著名的实验。他们选用了—个仅含有单一EcoR I位点的质粒载体pSC101,并用EcoR I将其切为线性分子,然后在DNA连接酶的作用下,将该线性分子与同样具有EcoR I黏性末端的另一质粒DNA片段连接,从而获得了具有两个复制起始位点的新的DNA组合。这是人类历史上首次有目的地进行了基因重组的尝试,标志着生物技术的核心技术——基因工程技术的开始。它向人们提供了一种全新的技术手段,使人们可以按照意愿在试管内切割DNA、分离基因并经重组后导入其他生物或细胞,借以改造农作物或畜牧品种;也可以导入细菌这种简单的生物体,由细菌产生大量有用的蛋白质、生理活性物质等,或作为药物或作为疫苗;也可以直接导入人体内进行基因治疗。显然这是一项生物技术上的革命。

近年来,现代生物技术领域的研究和开发取得了飞速的发展,并对生命科学的其他领域产生了革命性的影响,这些领域包括植物学、动物学、微生物学、生物行为学、发育生物学、分子进化、遗传学等。同时以基因工程为核心,带动了现代发酵工程、现代酶工程、现代细胞工程、蛋白质工程以及分子进化工程的发展,形成了一门具有划时代意义和战略价值的现代生物技术,并

使它成为 21 世纪具有远大发展前景的新兴学科和产业。

### 三、现代生物技术的前景

近代科学的发展表明,每一次重大的科学发现和技术创新,都使人们对客观世界的认识产生一次飞跃;每一次技术革命浪潮的兴起,都使人们改造自然的能力和推动社会发展的力量提高到一个新的水平。现代生物技术的发展也不例外,它的发展促进了国民经济的发展和社会的进步,改善了人们的营养和健康水平,并将越来越深刻地影响世界经济、军事和社会的发展。现代生物技术作为 21 世纪高新技术的核心,对人类解决面临的食物、资源、健康、环境等重大问题将发挥越来越大的作用。大力发展生物技术及其产业已成为世界各国经济发展的战略重点。

现代生物技术在近 20 年的发展成就受到了各方面人士的普遍关注,更有许多专家将 21 世纪称为生物科学的世纪,将现代生物技术产业称为 21 世纪的朝阳产业。其原因一方面是由于现代生物技术发展迅速,在工业、农业、医药、环境等方面用途广泛,如可以改善农产品的数量和质量,解决粮食短缺问题,也可以提高人类生命质量,延长人类的寿命以及可以解决能源问题、减少环境污染;另一方面是由于现代生物技术具有其他技术所无法比拟的优越性,即可持续发展。面对人口膨胀、资源枯竭、环境污染等一系列直接关系到整个人类生死存亡的严重问题,人们越来越深刻地认识到发展具有可持续发展的新技术、新产业的必要性和紧迫性。由于生物技术是以生物(动物、植物、微生物、培养细胞等)为原料生产产品的,因此其原料具有再生性,同时利用生物系统生产产品产生的污染物很少,对环境的破坏性很小或几乎没有,微生物本身还可以消除环境中的污染物。鉴于生物技术产业的以上特点,清洁、经济的生物技术必然会在 21 世纪获得更大的发展。

#### (一) 现代生物技术对人类生活的影响

医药生物技术和食品生物技术是生物技术领域中最活跃、产业发展最迅速、效果最显著的领域(表 1-2)。这是因为生物技术为探索提高人类营养、健康的因素和提高生活质量以及延长寿命提供了最有效的手段。目前,现代生物技术产品已走入寻常百姓家,生物技术成为提高全民生活质量的重要方法。例如,系统地对胎儿进行染色体检查,以确定胎儿是否携带有遗传缺陷基因,实现优生优育,提高人口质量(尽管对这种做法还有争论);导入正常基因来治疗基因缺陷而引起的疾病;用单克隆抗体治疗和检测疾病;人类基因组计划探索人类的全部的遗传信息,以阐明生命的奥秘,人类的起源等;转基因植物逐步“走”上人们的餐桌,转入乙型肝炎抗体基因的水稻、转入胡萝卜素基因的水稻,为人们提供质量更高、营养成分搭配更合理的膳食和预防疾病的食品;基因工程药品胰岛素、干扰素、白细胞介素等已大批量生产,并投放市场;基因工程疫苗如病毒性肝炎疫苗、肠道传染病疫苗、寄生虫疫苗、流行性出血热疫苗等已经上市或已进入临床试验,安全、高效地预防疾病的发生和发展;PCR、Southern 杂交等方法也逐步广泛地用于多种疾病的分析诊断;利用酶工程技术的生物传感器的快速检测,寡聚糖的酶法生产,以及微生态制剂的发酵等都为人类的营养和健康起了重要的作用。



表 1-2 美国生物技术产品销售预测 (百万美元)

领域	1998 年	2003 年	2008 年	年增长率 %
人类疾病治疗	9 120	16 100	21 000	11
人类疾病诊断	2 100	3 100	4 300	7
农业	420	1 000	2 300	19
特制品	390	900	2 000	18
非医疗检验	270	400	600	8
合计	12 300	21 500	36 200	11

注：本表参照参考文献 [2]。

综上所述，现代生物技术对人类生活的影响是多方面的，主要表现在：①更加准确地诊断、预防或治愈传染病和遗传疾病；②有效地提高作物的产量和质量，获得具有抗虫、抗真菌、抗病毒、抗逆境等优良形状的植物，或能产生药物和抗体等生理活性物质的转基因植物；③开发制造可以生产药物、生物高分子、氨基酸、酶类和各种食品添加剂的微生物；④创造带有更多优良性状的家畜和其他动物，或能产生药物和抗体等生理活性物质的转基因动物；⑤简化从环境中清除污染物和废弃物的程序；⑥生产营养丰富的食物，促进人类健康；⑦解决能源危机。因此，现代生物技术会使人类的生活更丰富，生活质量更高，寿命更长。

### (二) 现代生物技术对经济社会发展及环境的影响

生物技术的发展可以增加农作物的产量，提高农作物的品质，解决食品的短缺。如转基因的农作物，由于导入了抗病虫、抗寒、抗除草剂或抗盐碱等基因，在减少农药的使用，减少病虫害的危害等而使产量增加的同时，不仅降低了成本，还减少对环境的污染。

生物技术的发展可以充分利用可再生资源，解决能源危机和治理环境污染。石油和煤炭是我们生活中的重要能源，然而地球上的这些化石资源是不能再生的，最终会枯竭。生物能源将是最有希望的新能源之一。植物纤维素资源是可以再生的资源，利用生物技术将植物纤维素及其副产品转化为乙醇，不仅可以生产新能源，还可以减少环境污染。利用分解蜡质的微生物还可提高石油的开采率。

虽然现代生物技术的发展已经给人类社会带来了巨大的社会效益和经济效益，促进了社会的发展，同时减少了现代化学工业和现代农业给生态环境带来的化学污染，另外也使资源的利用率更加提高。但是不可否认，生物技术在对人类有巨大贡献的同时，也会给人类社会带来了许多意想不到的不良影响，甚至可能会出现许多人们始料不及的后果。正如现代核物理学可以用来发电或作为能源造福人类，也可以用来制造原子弹屠杀人类一样，现代生物技术也是一柄双刃剑，它既可以造福人类，也可能用来制造致命的生物武器，危害人类，或被一些狂人用来制造克隆人，破坏整个人类社会的和平。因此，现代生物技术应用如果不加以控制，一些转基因的生物可能影响地球的生态环境，也有可能成为毁灭人类的凶手，这已经成为目前人们所共同关注的问题。

现代生物技术利用生物为原料生产产品，原料具有再生性，产生的污染很少，因此不会像化学合成一样对环境的破坏很大。但是，人们也关心生物技术对人类和自然环境的不良影响，例如：①经过基因工程改造的生物体是否会对其他的生物体或生态环境造成危害，或是否会影响人类的健康，即转基因生物的安全性；②使用和开发基因工程生物是否会降低自然界的遗传多样性，是否会影响整个地球的生态平衡；③人是否也可以成为基因工程操作的对象或克隆的对象；