



现代生物技术概论

XIANDAI SHENGWU
JISHU GAILUN

● 杨玉珍 刘开华 主编



华中科技大学出版社

现代生物技术概论

主 编 杨玉珍 刘开华

副主编 王国霞 韩 飞 金 鹏 孙秀青

编 委 (按姓氏笔画排列)

王国霞 (郑州师范学院)

朱世杨 (温州科技职业学院)

孙秀青 (鹤壁职业技术学院)

吉仙枝 (三门峡职业技术学院)

刘开华 (信阳农业高等专科学校)

吴晓菊 (新疆轻工职业技术学院)

张 瑜 (黑龙江农业职业技术学院)

金 鹏 (天津开发区职业技术学院)

杨玉珍 (郑州师范学院)

陈金峰 (开封大学)

赵 奇 (郑州师范学院)

赵姝娴 (内蒙古农业大学职业技术学院)

祝边疆 (青岛职业技术学院)

韩 飞 (杨凌职业技术学院)

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

本书介绍现代生物技术的概念、原理等基本理论和技术方法及其应用,反映现代生物技术各领域的最新研究进展,包括基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程和生物技术在生命科学、农业研究、医药、人体健康、食品、能源、环境保护等领域的应用,以及生物技术的规则与法规和生物技术的安全性等。全书共分10章,前9章每章后附有小结和复习思考题,最后一章为实验实训。

本书内容丰富、新颖,文字流畅,图表清晰,通俗易懂,适合师范类、农林类、轻工类、医药类学生使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代生物技术概论/杨玉珍 刘开华 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.8
ISBN 978-7-5609-8093-5

I. 现… II. ①杨… ②刘… III. 生物技术-高等职业教育-教材 IV. Q81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 134701 号

现代生物技术概论

杨玉珍 刘开华 主编

策划编辑:王新华

责任编辑:王新华

封面设计:刘 卉

责任校对:朱 玢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉正风天下文化发展有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.75

字 数:401千字

版 次:2012年8月第1版第1次印刷

定 价:36.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

全国高职高专生物类课程“十二五”规划教材编委会

主任 闫丽霞

副主任 王德芝 翁鸿珍

编委 (按姓氏拼音排序)

陈 芬	陈红霞	陈丽霞	陈美霞	崔爱萍	杜护华	高荣华	高 爽	公维庶	郝涤非
何 敏	胡斌杰	胡莉娟	黄彦芳	霍志军	金 鹏	黎八保	李 慧	李永文	林向群
刘瑞芳	鲁国荣	马 辉	瞿宏杰	尚文艳	宋治萍	苏敬红	孙勇民	涂庆华	王锋尖
王 娟	王俊平	王永芬	王玉亭	许立奎	杨 捷	杨清香	杨玉红	杨玉珍	杨月华
俞启平	袁 仲	张虎成	张税丽	张新红	周光姣				

全国高职高专生物类课程“十二五”规划教材建设单位名单

(排名不分先后)

天津现代职业技术学院
信阳农业高等专科学校
包头轻工职业技术学院
武汉职业技术学院
泉州医学高等专科学校
济宁职业技术学院
潍坊职业学院
山西林业职业技术学院
黑龙江生物科技职业学院
威海职业学院
辽宁经济职业技术学院
黑龙江林业职业技术学院
江苏食品职业技术学院
广东科贸职业学院
开封大学
杨凌职业技术学院
北京农业职业学院
黑龙江农业职业技术学院
襄阳职业技术学院
咸宁职业技术学院
天津开发区职业技术学院
江苏联合职业技术学院淮安
生物工程分院
保定职业技术学院
云南林业职业技术学院
河南城建学院
许昌职业技术学院
宁夏工商职业技术学院
河北旅游职业学院

山东畜牧兽医职业学院
山东职业学院
阜阳职业技术学院
抚州职业技术学院
邵阳师范高等专科学校
贵州轻工职业技术学院
沈阳医学院
郑州牧业工程高等专科学校
广东食品药品职业学院
温州科技职业学院
黑龙江农垦科技职业学院
新疆轻工职业技术学院
鹤壁职业技术学院
郑州师范学院
烟台工程职业技术学院
江苏建康职业学院
商丘职业技术学院
北京电子科技职业学院
平顶山工业职业技术学院
亳州职业技术学院
北京科技职业学院
沧州职业技术学院
长沙环境保护职业技术学院
常州工程职业技术学院
成都农业科技职业学院
大连职业技术学院
福建生物工程职业技术学院
甘肃农业职业技术学院

广东新安职业技术学院
汉中职业技术学院
河北化工医药职业技术学院
黑龙江农业经济职业学院
黑龙江生态工程职业学院
湖北轻工职业技术学院
湖南生物机电职业技术学院
江苏农林职业技术学院
荆州职业技术学院
辽宁卫生职业技术学院
聊城职业技术学院
内江职业技术学院
内蒙古农业大学职业技术学院
南充职业技术学院
南通职业大学
濮阳职业技术学院
七台河制药厂
青岛职业技术学院
三门峡职业技术学院
山西运城农业职业技术学院
上海农林职业技术学院
沈阳药科大学高等职业技术学院
四川工商职业技术学院
渭南职业技术学院
武汉软件工程职业学院
咸阳职业技术学院
云南国防工业职业技术学院
重庆三峡职业学院

前言

现代生物技术被世界各国视为一项高新技术,它在解决人类所面临的食物、医疗卫生、环境和经济等领域的问题方面已经并将继续发挥着至关重要的作用,所以许多国家都将生物技术确定为增强国力的关键性技术之一,并成为各国综合国力竞争的重要体现。2006年年初,我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》,提出要在生物领域的前沿技术,如基因操作和蛋白质工程技术、动植物新品种与药物分子设计技术和新一代工业生物技术等五个方面达到世界先进水平,并把“生物技术作为未来高新技术产业迎头赶上的战略重点,加强生物技术在农业、工业、人口和健康等领域的应用”,以加速我国生物技术、生物产业和生物经济的发展,提高国际地位,扩大国际影响。

在这样的背景下,在高等院校尤其是对生物相关学科的学生普及现代生物技术相关知识已成为时代的要求,而对于非生物专业学生来说,了解生物技术这门学科的基本内容及其与人类的密切关系,也有助于他们更好地为社会服务。为此,我们特组织相关一线教师合作编写了这本教材。现代生物技术这门课程不仅理论性强,而且在各个领域的应用也是推动其自身发展的动力。本书用五章分别介绍基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、蛋白质工程等生物技术“五大工程”的理论和技術,后面又分三章介绍了“生物技术对经济与科学技术发展的影响”、“生物技术的规则与法规”、“生物技术的安全性及其应对措施”,让读者在了解生物技术相关理论知识的同时,也对其应用领域、相关法规 and 安全性方面有更深入、更全面的了解和认识。

本书编写的指导思想是:力求内容全面而新颖、概念准确、文字通俗易懂,尽可能地反映现代生物技术各领域的最新研究进展。本书可供综合性大学、师范院校、医学及农林、轻工等院校相关专业的本科生、专科生作为教材或教学参考书,也可供相关专业的教师及科研人员参考。



本教材具体的编写分工如下:第1章由吴晓菊编写;第2章由陈金峰、张瑜、金鹏编写;第3章由王国霞、孙秀青编写;第4章由吉仙枝、祝边疆编写;第5章由刘开华、韩飞编写;第6章由赵奇、赵姝娴编写;第7章由赵奇、朱世杨、韩飞、孙秀青、王国霞、杨玉珍编写;第8章由朱世杨编写;第9章由杨玉珍编写;第10章实验实训部分由对应的理论部分各章节的老师编写。全书由杨玉珍、王国霞统稿。

尽管编者力争做到系统、全面、新颖、生动地介绍生物技术领域的主要技术原理与方法,并反映该领域的最新进展,但是由于生物技术领域的知识非常丰富,更新速度很快,再加上时间紧迫及我们的水平所限,书中不足之处在所难免,在此衷心欢迎各位专家学者、广大师生对本书提出批评意见。此外,对于本书引用和参考的一些文字资料和图片,在此向有关作者表示衷心的感谢。

编 者

2012年7月

目录

第1章 生物技术总论	1/
1.1 生物技术的含义及与其他学科之间的关系	1/
1.2 生物技术发展简史	4/
1.3 生物技术对经济社会发展的影响	6/
第2章 基因工程	10/
2.1 基因工程概述	10/
2.2 基因工程的工具酶	13/
2.3 基因工程的载体	17/
2.4 目的基因的获取	21/
2.5 基因与载体的连接	26/
2.6 重组 DNA 导入受体细胞	29/
2.7 重组子的筛选与鉴定	36/
2.8 基因工程的应用	40/
第3章 细胞工程	44/
3.1 细胞工程的基础知识与基本技术	44/
3.2 植物细胞工程	46/
3.3 动物细胞工程	62/
3.4 微生物细胞工程	71/
第4章 发酵工程	74/
4.1 发酵工程概述	74/
4.2 优良菌种的选育	77/
4.3 发酵过程的优化控制	80/
4.4 发酵设备	86/
4.5 发酵产品的下游处理	90/
4.6 固体发酵	94/



第5章 酶工程	97/
5.1 酶的发酵生产	97/
5.2 酶的提取与分离纯化	100/
5.3 酶分子的修饰	104/
5.4 酶的固定化	106/
5.5 酶反应器	111/
5.6 生物传感器	114/
5.7 酶的应用	120/
第6章 蛋白质工程	125/
6.1 蛋白质结构基础	125/
6.2 蛋白质工程的研究方法	132/
6.3 蛋白质工程的应用实例	143/
6.4 蛋白质组学	147/
第7章 生物技术对经济与科学技术发展的影响	154/
7.1 现代生物技术在生命科学基础研究领域的应用	154/
7.2 生物技术在农业研究领域的应用	156/
7.3 生物技术在医药、人体健康领域的应用	164/
7.4 生物技术在食品生产中的应用	170/
7.5 生物技术与能源	175/
7.6 生物技术在环境保护中的应用	180/
第8章 生物技术的规则与法规	185/
8.1 生物技术专利	185/
8.2 生物技术制药规则与要求	191/
8.3 商业秘密	195/
8.4 生物技术发明的其他保护形式	196/
8.5 生物技术专利保护的负面影响	198/
第9章 生物技术的安全性及其应对措施	201/
9.1 生物技术安全性	202/
9.2 现代生物技术对人类社会伦理观念的影响	212/
第10章 实验实训	219/
实验实训一 PCR 扩增制备目的基因	219/
实验实训二 碱裂解法抽提质粒 DNA	221/

实验实训三	质粒 DNA 和目的基因的酶切和连接	223/
实验实训四	琼脂糖凝胶电泳检测、回收目的基因	225/
实验实训五	感受态细胞的制备和重组子转化	228/
实验实训六	转化克隆的筛选和鉴定	230/
实验实训七	植物愈伤组织的诱导和继代培养	233/
实验实训八	器官发生与植株再生培养	235/
实验实训九	小鼠胚胎成纤维细胞的原代培养	236/
实验实训十	动物细胞的传代培养	238/
实验实训十一	酒精发酵及酒曲中酵母菌的分离	239/
实验实训十二	厌氧发酵工艺控制——啤酒酿造	242/
实验实训十三	细菌 α -淀粉酶产生菌的分离、筛选	244/
实验实训十四	SDS-PAGE 测定蛋白质相对分子质量	246/
实验实训十五	离子交换柱层析法分离氨基酸	250/

参考文献

253/

第 1 章

生物技术总论



学习目标

掌握现代生物技术的含义、范畴及与其他学科之间的关系；了解生物技术的发展简史；认识现代生物技术的发展趋势及其对人类经济社会所产生的深刻影响；了解中国在现代生物技术领域取得的成就和面临的挑战。

生物技术是 20 世纪后期国际上突飞猛进的技术领域之一，现已广泛应用于医学、人类保健、农牧业、轻工业、环保及精细化工、新能源开发等各个领域，已产生巨大的经济效益和社会效益，并且日益影响和改变着人们的生产和生活方式。因此，生物技术受到世界各国的普遍关注。



1.1 生物技术的含义及与其他学科之间的关系

1.1.1 生物技术的含义与范畴

生物技术(biotechnology)是以生命科学为基础，应用自然科学与工程学原理，设计构建具有特定生物学性状的新型物种或品系，依靠生物体(包括微生物，动、植物体或细胞)作为生物反应器，将物料进行加工，以提供产品和为社会服务的综合性技术体系。目前国内多数学者认为，现代生物技术包含的主要技术范畴有：基因工程(gene engineering)、细胞工程(cell engineering)、酶工程(enzyme engineering)、发酵工程(fermentation engineering)、蛋白质工程(protein engineering)等。

当今生物技术所研究的对象已经从微生物扩展到动物和植物，从陆地生物扩展到海洋生物和空间生物。现代生物技术还不断地向纵深发展，并且与其他学科交叉形成了许多新的学科。随着现代生物技术的不断发展，其研究深度与广度还会不断地得到拓展。

1.1.2 生物技术与其他学科之间的关系

生物技术包括所有具备产业化条件的生物学方面的技术。按照操作对象的不同，生



物技术主要包括基因工程、蛋白质工程、酶工程、细胞工程、发酵工程等五个方面。应用的生产部门有医药、农业、食品、化工、环境、能源等多个方面。

1. 基因工程

基因工程也叫基因操作、遗传工程或重组体 DNA 技术,是 20 世纪 70 年代以后兴起的一门新技术。它是一项将生物的某个基因通过基因载体运送到另一种生物的活性细胞中,并使之无性繁殖(称为克隆)和行使正常功能(称为表达),从而创造生物新品种或新物种的遗传学技术。这种创造新生物并给予新生物以特殊功能的过程就称为基因工程。

目前基因工程主要在细菌方面取得了较大的成功,如利用微生物生产动物蛋白质、人体生长激素、干扰素等。在食品工业上,细菌和真菌的改良菌株已影响到传统的面包焙烤和干酪的制备,并对发酵食品的风味和组分进行控制;在农业上,基因工程已用于品种改良,如培育出玉米新品种(高直链淀粉含量、低胶凝温度以及无脂肪的甜玉米)和番茄新品种(高固体含量、强风味)等。

2. 细胞工程

细胞工程是指以组织、细胞和细胞器为对象进行操作,在体外条件下进行培养、繁殖,或人为地使细胞某些生物学特性按人们的意愿发生改变,最终获得所需的组织、细胞或个体的一门技术。通过细胞和组织工程,可以不经基因操作,直接对生物进行改造。它包括动植物细胞的体外培养技术、细胞融合(也称细胞杂交技术)、细胞器移植技术等。

目前利用细胞融合技术已经培养出番茄、马铃薯、烟草和短牵牛等杂种植株;利用植物细胞培养技术可以获得许多特殊的产物,如生物碱类、色素、激素、抗肿瘤药物等;利用动物细胞培养技术可以大规模地生产贵重药品,如干扰素、人体激素、疫苗、单克隆抗体等。

3. 发酵工程

发酵工程是利用生物生命活动产生的酶,对无机或有机原料进行酶加工(生物化学反应过程)获得产品的工业。其主体是利用微生物进行反应的工业。它处于生物工程的中心地位,绝大多数的生物工程目标都是通过发酵工程来实现的。

根据其发展进程,发酵工程应包括传统发酵工业(如某些食品和酒类等生产),近代的发酵工业(如酒精、乳酸、丙酮-丁醇等)及目前新兴的如抗生素、有机酸、氨基酸、酶制剂、核苷酸、生理活性物质、单细胞蛋白等发酵生产。

4. 酶工程

酶的生产和应用技术过程称为酶工程,它是利用酶、细胞器或细胞所具有的特异催化功能以及对酶进行的修饰改造,并借助生物反应器生产人类所需产品的一项技术。它主要包括酶的发酵生产、酶的分离纯化、酶的应用等几个方面。酶工程的主要任务是通过预先设计、经过人工操作控制而获得大量所需的酶,并通过各种方法使酶发挥其最大的催化功能。

5. 蛋白质工程

蛋白质工程是 20 世纪 80 年代初诞生的一个新兴生物技术领域。它的主要内容和基本目的是以蛋白质分子的结构规律及其与生物功能的关系为基础,通过所控制的基因修饰和基因合成,对现有蛋白质加以定向改造、设计、构建,并最终生产出性能比自然界存在的蛋白质更加优良、更加符合社会需要的新型蛋白质。

上述五项技术是构成当今生物技术的主要分学科。这些方面的技术并不是各自独立的,它们彼此之间是互相联系、互相渗透的。其中基因工程是核心技术,它能带动其他技术的发展。发酵工程是生物工程的主要终端,绝大多数生物技术的目标都是通过发酵工程来实现的。如通过基因工程对细菌或细胞改造后获得的“工程菌”或细胞,可再通过发酵工程或细胞工程生产出有用的物质。可以说,基因工程和细胞工程是生物工程的基础,蛋白质工程、重组 DNA 技术和酶固定化技术是生物工程的最富有特色和潜力的生物技术,而发酵工程与细胞和组织培养技术是目前较为成熟、广泛应用的生物技术。

1.1.3 生物技术的特点

(1) 发展迅速、技术密集。近年来,现代生物技术取得了突飞猛进的发展。自 1983 年转基因烟草和马铃薯首次问世以来,转基因水稻、小麦、玉米、棉花、大豆、油菜等转基因植物相继出现并大面积种植。现已有 120 多种转基因植物。同时,转基因动物如转基因鼠、鱼、猪、牛、鸡等已经陆续被克隆出来。人类基因组计划自 1990 年以来不断加速,同时细胞工程、酶工程、发酵工程及蛋白质工程的应用得到迅猛发展,使生物技术进入一个全新的阶段。与此同时,生产一体化的经济发展模式已经在现代生物技术产业中得到完美体现。在实验室取得的基础科学领域的成果同样可以极大地推动和促进商业化生产的发展。例如,随着人类基因组计划顺利进行,一些重要的遗传病基因已经被分离和测序,一些常见病的基因也被精确地定位在染色体的遗传图谱上;人类基因组和其他生物基因组提供的生物学信息不断地为新药开发、动植物改良、环境保护和工业生产各个领域开拓新的、具有商业价值的基因。

(2) 产品丰富、高效低耗。近十几年来,生物技术在新型药物开发中的应用使生物技术药物品种不断增多,这些品种包括基因工程疫苗、细胞因子等许多产品。除生物技术制药外,基因工程与细胞工程结合产生了两种治疗技术——细胞移植和基因治疗,使得各种天然细胞或基因工程细胞有可能成为治疗疾病的重要手段。动物胚胎移植技术在美国和加拿大已经实用化,全球每年仅牛的胚胎移植就达到 20 万头以上;已经培育出了携带人生长激素基因的猪和鱼,它们的生长速度比普通动物更快、长得更大;转基因羊、转基因兔等许多其他动物也先后被成功地培育出来。研究人员还成功培育出了抗病毒、抗除草剂、抗虫、高蛋白的各种农作物;利用植物组织培养技术和快繁脱毒方法开发出了几百种再生植物,品种包括农作物、林木、瓜果、花卉等。

现代生物技术以可再生的生物资源为原料生产食品、药品及其他产品,从而可获得过去难以得到的大量产品。如采用传统方法,1 g 胰岛素需要从 25 kg 新鲜胰脏中才能提取得到,截至 2011 年年底,我国糖尿病患者约有 9 000 万人,每人每年约需 1 g 胰岛素,这样总计需要 2.25×10^6 t 新鲜胰脏做原料。而利用基因“工程菌”生产 1 g 胰岛素只需 20 L 发酵液。

(3) 市场高速扩张、竞争日益激烈。在 20 世纪 90 年代中期,美国和日本的医药生物技术产品年销售额就已经超过了 80 亿美元,中国的医药生物技术产品年销售额超过 30 亿元人民币。全球生物技术产品年销售额以平均每年接近 20% 的增长率增长。

由于基因资源是有限的,商业价值又极高,因此随着市场的不断扩张,经营现代生物技术产品公司之间的竞争日益激烈。一些发达国家和跨国公司争相对发展中国家进行基



因偷猎,以期得到和克隆相关疾病的基因,并竞相申请专利,从中获取高额利润。如美国的赛莱拉公司已经申请了1万多项关于基因的专利,因赛特公司申请了6300多项基因专利。日本、法国等国家也积极地加入这场激烈的争夺战中。

(4) 产品更为专一、目标日趋集中。各大生物技术公司都深刻地认识到,在激烈的市场竞争中,只有将研究目标高度集中和生产高度专一化的产品才能立于不败之地。如加拿大的大型生物技术公司 Allelix 公司成立了3个子公司,分别进行农业生物技术研究、药物开发和医疗诊断试剂的制造。美国的一些大型生物技术公司如 Immunics、Immologic、Immunomedics、Immunogene 等都有具有自身优势的专一产品。这种强调专业化的现象体现了现代生物技术公司的发展趋势。

(5) 医药生物技术产业化进程最快、市场最大。医药生物技术是现代生物技术领域中成果最多、最活跃、产业发展最迅速、效益最显著的领域。国际上生物技术领域所取得的成果,60%以上都是医药领域的;欧洲800多家生物技术公司中有600多家从事医药行业;美国40%以上的生物技术公司从事医药行业研究和产品开发;生物技术产品销售额的90%左右是与医药有关的产品。

(6) 引发一系列社会问题。生物技术的飞速发展,正在引发越来越多的法律、政治、经济、宗教、社会公德及伦理道德等十分棘手的问题。例如,是否可以对人的基因授予专利;基因是否属于科学发现;是否应当鼓励干细胞研究;转基因食品是否安全;生物技术会不会影响生态平衡和造成环境污染等。所有这些问题都需要及时有效地面对和解决,以避免现代生物技术引发社会动乱和变成人类的灾难。



1.2 生物技术发展简史

根据生物技术发展过程的技术特征,通常将生物技术划分为三个不同的发展阶段:传统生物技术、近代生物技术和现代生物技术。

1.2.1 传统生物技术

传统生物技术的应用历史悠久,如石器时代后期的谷物酿酒,周代后期的豆腐、酱、醋等制作,公元前6000年开始的啤酒发酵,公元前4000年开始的面包制作等,它们的基本技术特征是酿造技术。然而,在很长时期内,人们并不了解这些技术的本质所在。直到1676年荷兰人 Leeuwen Hoek 成功制造了能放大170~300倍的显微镜,才了解到微生物的存在;法国学者 Louis Pasteur 1857年证明酒精发酵是由活酵母发酵引起的,其他发酵产物是由其他微生物发酵所形成;1897年人们发现,经过碾磨破碎的“死”酵母同样能使糖类发酵变成酒精……经过一系列研究,发酵的奥秘才逐渐被揭开。从19世纪末到20世纪30年代,首先发现了不需通气搅拌的厌氧菌纯种发酵技术,并相继出现了如乳酸、乙醇、丙酮、丁醇、柠檬酸、甘油、淀粉酶等许多产品的工业化发酵生产。这一时期的生产过程较为简单,多数为厌氧发酵或表面发酵,对设备要求不高,产品有啤酒、苹果酒、发酵面包,基本属于微生物初级代谢产物,产品的附加值低或中等。

1.2.2 近代生物技术

20 世纪 40 年代,青霉素大规模发酵的推广极大地促进了大规模液体深层通气搅拌发酵技术的发展,给发酵工业带来了革命性的变化。抗生素、有机酸、酶制剂等发酵工业在世界各地蓬勃地开展。到 20 世纪 50 年代中期以后,随着对微生物代谢途径和调控研究的不断深入,在发酵工业上找到了能突破微生物代谢调控以积累代谢产物的手段,并很快应用于工业生产。以后,又开发了一系列发酵新技术,如无菌技术、补料技术、控制技术 etc.,这就开始了近代生物技术产业的兴旺发展。

近代生物技术时期的主要特点如下。①产品类型多,不仅有生物体初级代谢产品(如有机酸、氨基酸、多糖、酶),还包括次级代谢产物(如抗生素等)、生物转化产物(如甾体转化等)、酶反应产物(如 6-氨基青霉烷酸等);②生产设备规模巨大,如常用的发酵罐体积可达几十到几千立方米;③生产技术要求高,如需要在无外来微生物污染条件下发酵,多数需要通入无菌空气进行需氧发酵,产品质量要求高等;④技术发展速度快,如产量和质量大幅度提高,发酵控制技术飞速发展等。同时,由于化学工程工作者加盟,经过大量理论与实践研究,于 20 世纪 40 年代形成了一门新型的学科——生化工程,并得到长足发展,目前已经成为现代生物技术的重要组成部分。

近代生物技术主要还是通过微生物初级发酵来生产产品,其主要技术过程通常包括三个阶段:第一阶段是对粗材料进行加工以作为微生物营养和能量的来源,即所谓的上游过程;第二阶段是微生物在一个大的生物反应器中大量生长并连续生产目标产物如抗生素、有机酸、氨基酸、蛋白质、酶等,即发酵与转化过程;第三阶段是将所需要的目标产物提取、纯化及成品化的下游加工过程。近代生物技术产品有抗生素、单细胞蛋白质、酶、乙醇、丁醇、维生素、生物杀虫剂,产品的附加值高或者中等。

20 世纪 60—70 年代,人们的研究目标主要集中在上游过程、生物反应器设计和优化、下游加工过程等方面,这些研究使得发酵过程、大规模微生物培养技术、相关检测仪器设备等都得到了快速发展。

1.2.3 现代生物技术

1953 年美国沃森、英国克里克发现遗传的物质基础——核酸结构,阐明了 DNA 的半保留复制模式,揭开了生命的秘密。生物的研究由细胞水平进入分子水平,由定性进入定量,其后 10 年内,科学家破译了生命遗传密码。1960 年完成了生物通用遗传密码“辞典”。1971 年,美国保罗·伯格(Berg)用一种限制性内切酶打开了环状 DNA 分子,第一次把两种不同的 DNA 连接在一起,实现了 DNA 体外重组技术,标志着生物技术的核心技术——基因工程技术的开始。它提供了一种全新技术手段,使人们按照意愿在试管内切割 DNA,分离基因并经重组后导入细菌,由细菌生产大量的有用的蛋白质,或作为药物,或作为疫苗,它也可以直接导入人体内进行基因治疗。这样迅速完成了从传统生物技术向现代生物技术的飞跃转变,使其从原来的传统产业一跃成为 21 世纪的发展方向,成为具有远大发展前景的新兴学科和产业。

近年来,现代生物技术领域的研究与开发所取得的丰硕成果为人类更多地制造和创



造有用的商品提供了条件。迄今为止,大量与人类健康密切相关的基因已经得到克隆和表达,胰岛素、生长激素、多种细胞因子、多种单克隆抗体、多种重组疫苗等几十种医药产品已经被批准上市。现代农业生物技术在提高农作物抗虫、抗病、抗逆和改良农作物品质等方面已经发挥了重要作用。总而言之,现代生物技术已经在医药、农业、食品、轻工、环保、能源、海洋等诸多方面得到日益广泛的应用;与此同时,医药生物技术、农业生物技术、家畜生物技术、海洋生物技术等一批新型产业已经形成和正在迅速形成。现代生物技术产品有基因工程药物、基因治疗、转基因植物、克隆动物、诊断试剂、DNA 芯片、生物传感器等,涉及工、农、医、信息和基础生物各个方面,产品的附加值高或者很高。

生物技术各时期主要产品见表 1-1。

表 1-1 生物技术各时期主要产品

时期	产品名称	采用技术	附加值
第一代	啤酒、苹果酒、发酵面包、醋	自然发酵	低、中
第二代	抗生素、单细胞蛋白质、酶、乙醇、丙酮、维生素、氨基酸	初步的遗传分析、细胞杂交、物理化学诱变	中、高
第三代	基因药品、DNA 芯片、生物导弹	基因工程、细胞工程	高、很高



1.3 生物技术对经济社会发展的影响

现代生物技术自诞生以来就一直受到全世界各方面人士的深切关注,许多科学家将现代生物技术称为 21 世纪的朝阳产业。原因之一是现代生物技术在其诞生后的二十几年中发展迅猛并且用途广泛,更为重要的是现代生物技术所具有的可持续发展性是其他技术无以比拟的:生物技术是以生物体(微生物、植物、动物等)为原料进行产品的生产,其原料具有再生性;利用生物体进行的产品生产过程对环境的污染和破坏非常小,有些重组微生物甚至可以清除环境污染。面对当今社会存在的人口膨胀、资源枯竭、环境污染等一系列危及人类生存的严峻问题,人们日益深刻地意识到发展具有可持续发展的新技术、新产业的迫切性与必要性。因此,现代生物技术在 21 世纪会得到更加迅猛的发展。

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,为人类生活提供了多方面的便利。例如:培育具有抗虫、抗逆、抗真菌、抗病毒和品质好、营养价值高等优良性能的植物,可有效提高农作物产量及改善粮食品质;新型药品的开发,对许多疾病更为准确的诊断、预防和有效的治疗,使人类生命质量和寿命大为提高;开发制造可以生产化学药物、生物大分子、氨基酸、酶类和各种食品添加剂的微生物;创造带有更多优良生物学性状的家畜和其他动物;简化清除环境污染物和废弃物的程序等。总之,现代生物技术已经渗入人们生活的许多方面,在众多领域得到广泛应用。

1.3.1 生物技术与医药

生物技术最早应用的产业领域就是医药行业,其产品有各种激素、淋巴素、免疫球蛋白

白、疫苗、抗生素以及抗癌的药物。抗生素是人们最为熟悉和应用最为广泛的生物技术药物,目前已经分离得到的抗生素有6 000多种,其中100多种被广泛应用,年市场销售额达100多亿美元。

现代生物技术的一个重要方向就是蛋白药物的研制与开发。利用现代生物技术进行蛋白药物生产有许多优越性,例如药品治疗针对性强、疗效好、不良反应小,能将自然界中含量极微的有效生物活性物质利用生物系统进行大规模生产,可以对蛋白分子进行改造以提高药物疗效、降低毒性、提高稳定性,开发出新的药物以治疗过去无法治疗的一些疾病等。

在医学诊断与治疗方面,现代生物技术为多种人类疾病提供了动物模型、可用于人类病毒病的研究的转基因动物等。20世纪80年代转基因技术成为现实,使人们能够利用转基因技术对动物细胞进行遗传改造,而成为一种研究很多基础问题的有效手段。从80年代初期到90年代中期,已经将近百种不同的基因转入小鼠,这些研究在理解高等动物基因表达调控、肿瘤发生、免疫特异性、胚胎发生、发育过程及建立人类各种遗传疾病和其他疾病医学模型等众多方面发挥了重要作用。

1.3.2 生物技术与现代农业

长期以来,人类一直在努力寻求提高重要农作物产量和质量的方法。传统的遗传育种已经取得了巨大的成功,然而它是一个缓慢并且艰辛的过程。当前,基因工程、细胞工程等现代生物技术在植物种植业中正发挥着越来越重要的作用。通过把各种抗性基因转移到植物体内,使植物获得对病毒、昆虫、除草剂、恶劣环境胁迫、衰老等方面的抗性。现代生物技术的发展使得科学家们可以将一些传统育种方法不能培育出来的生物学性状通过基因工程手段引入作物中。2002年,由中国科学家杨焕明等人完成的水稻基因组研究工作使植物育种迈上了一个崭新台阶,这一研究成果将对人类的健康与生存产生全球性的影响。

目前,研究人员已经可以用多种方法培育出雄性不育植物,这些方法包括基因工程技术、远缘杂交细胞重组技术、辐射诱变、体细胞诱变、植物组织培养技术、植物原生质体融合技术、体细胞杂交等。雄性不育及杂种优势的利用已经成为现代农业提高产量、改良品质的一个重要途径。

优良的家畜和家禽品种是重要的生产资料,更是农业生产力的重要组成部分。1982年,研究人员将大鼠的生长激素基因(GH)转入小鼠并成功表达,结果转入外源基因的小鼠长得比正常的小鼠几乎大一倍,获得了“超级小鼠”。受到“超级小鼠”的巨大鼓舞,科学家们已经成功地培育了转基因羊、兔、猪、鱼等多种动物新品系。1997年2月,克隆羊“多莉”的诞生使动物的快速、无性繁殖成为可能。这些研究极大地推动了畜牧业的发展。

1.3.3 生物技术与化学工业

在化学工业方面,生物技术充分发挥生物反应器的作用。严重的白色污染问题已引起全世界的关注,许多国家正在开发可生物降解的塑料来取代由石油产物合成的塑料,用



微生物合成的聚羟基烷酸酯就是其中之一。它具有目前使用的塑料的各种物理特征,同时具有生物降解性,是名副其实的生物塑料。工业生物催化已经被广泛看作“生物技术的第三次浪潮”。而这一技术的核心就是生物酶的应用。由于生物催化剂的高效性和高选择性,它在化学工业上的应用已经具有越来越大的吸引力。生物催化剂易于催化得到相对较纯的产品,因此可减少废物排放且可以完成传统化学所不能胜任的位点专一性、化学专一性和立体专一性催化,而节省能源、简化设备,适宜各种石油化学产品的大量生产。

1.3.4 生物技术与食品工业

食品生产是世界上最大的工业之一。在工业化国家中,食品消费占家庭预算的20%~30%。在解决人口爆炸带来的食品短缺问题方面,生物技术正在发挥积极作用。利用基因工程、细胞工程改造植物、微生物资源,可使食品的营养价值和加工性能得到改善,目前最常用的基因工程技术构建的“基因工程菌”,可以改良食品微生物的生产性能,从而改善产品的风味和质量、节约能源和降低成本。通过转基因技术可以生产保健食品及有效因子,如低胆固醇肉猪、特种微量元素蛋、高胡萝卜素稻米等。利用细胞工程技术生产各种功能性食品及其主要功能成分,利用发酵技术生产食品添加剂等。生物技术还可以应用于食品的质量检测、食品生物保鲜剂的开发、耐储性农产品的选育和新型食用纳米材料的开发、食品工业废水的处理等方面,它有赖于现代生物知识和技术与食品加工、检测、保藏、生物工程原理的有机结合。

1.3.5 生物技术与环境保护

当代人类社会的发展创造了前所未有的文明,工业生产活动的高速发展和人口的急剧增长,又使得人类赖以生存的环境受到越来越严重的污染。全球范围的水资源短缺、土壤沙化、有毒化学品污染、臭氧层破坏、酸雨肆虐、物种灭绝、森林减少等使得人类生存与发展受到严峻的挑战,迫使人们进行一场环境保卫战以拯救人类自身。在这场环境保卫战中,现代生物技术担负着关键的使命并发挥巨大的作用。近年来,随着现代生物技术的发展,逐渐形成了以基因工程、细胞工程等为主导的现代环境防治技术。

生物技术在环境保护中创造了奇迹,它表现在海上浮油、工业废水、城市垃圾的处理,高分子化合物的分解,各种有毒物质的降解,污染事故的现场补救等。它与传统的污染防治技术和手段相比较,其主要的优越性表现在它是一个纯生态的过程,从根本上体现了可持续发展的战略思想。

1.3.6 生物技术与能源工业

能源问题是人类21世纪所面临的重大问题。随着地球上化石能源物质的不断消耗,人们一方面必须寻找、改善和提高可再生能源的利用率并发明新技术来最大限度地开采不可再生性能源;另一方面,还必须采用新兴技术以创造更多的新型能源物质并替代不可再生性能源用于满足人类对能源物质的需要。近年来,已经利用水力、风力、地热和太阳能捕获器等手段为人类提供了一些能源,但远不能满足人类对能源的需求。目前,已经利用和正在利用现代生物技术来提高不可再生性能源开采率和创造更多的可再生性能源。