




21世纪农业部高职高专规划教材

食品生物技术导论

■ 刘 远 主编



 中国农业出版社

21 世纪农业部高职高专规划教材

食品生物技术导论

刘 远 主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品生物技术导论/刘远主编. —北京: 中国农业出版社, 2007.8

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 978-7-109-11934-5

I. 食… II. 刘… III. 生物技术—应用—食品工业—高等学校: 技术学校—教材 IV. TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 122772 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 郭元建 江玉霞

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 17

字数: 300 千字

定价: 23.50 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 刘 远 (江苏农林职业技术学院)

副主编 王英臣 (吉林农业科技学院)
石明生 (河南农业职业学院)
唐劲松 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

参 编 王 良 (黑龙江省生物科技职业学院)
王正云 (江苏畜牧兽医职业技术学院)

审 稿 宋金耀 (江苏农林职业技术学院)
林炳芳 (南京农业大学)

前 言

新技术革命的浪潮不断地冲击着世界各国的经济结构、社会结构和生产组织的各个方面。生物技术以它独具的潜在巨大经济效益和现实生产力成为新技术革命浪潮中的主流。在我国，生物技术被确定为与航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、能源技术以及新材料技术并列的优先发展的高技术领域。

生物技术起源于食品加工，同时也是目前生物技术应用的主要行业，生物技术在食品生产中，无论是资源和原料品种改造、品质和工艺改进、新产品开发，还是安全生产和质量检测等方面的渗透是越来越宽广，已成为提升食品工业技术含量和参与市场竞争的重要核心技术。

培养既掌握食品加工技术，又熟悉生物技术在食品生产中应用的复合型高等技术应用性人才，是食品工业发展对人才的基本要求。鉴于目前尚没有较为合适的高职高专使用教材，根据中国农业出版社的统一规划，按照教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》和《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》的精神，组织多年来开展食品加工和食品生物技术课程教学的高等职业技术学院的教师，编写出《食品生物技术导论》。

本书以生物技术的基本内容为基础，以生物技术在食品工业中的应用为核心。内容包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程、生物工业下游技术以及生物技术在食品安全、质量检测和食品工业废水处理等基础知识、基本原理以及在食品生产中的应用。另外还编写了与各章内容相适应的实训实例。本书由刘远编写第一章；王

英臣编写第五章和实训九、十、十一；石明生编写第三章、第七章和实训四、五、六、十五；唐劲松编写第二章和实训一、二、三；王良编写第六章、第八章和实训十二、十三、十四；王正云编写第四章和实训七、八；全书由刘远统稿。本书由从事食品加工、生物工程教学与研究多年的宋金耀和林炳芳担任审稿。

本书以高职高专的办学定位为指南，广泛吸收国内外教材优点，介绍国内外食品生物技术领域的研究成果和发展动态，力求反映生物技术的基本内容和生物技术在食品工业中的应用，把握理论在生产实践中的够用与实用，旨在突出职业技术教育教材特色；注重各章节的相对独立性、完整性和整体的一致性，尽可能采用图文并茂的描述方法，具有可读性强和适用性强的特点。本书适合作为高职高专的食品类课程教材，可供食品相关专业课程教材选用，对从事食品生产和生物技术应用的人员具有参考价值。

由于编者水平和时间有限，错误和不足之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2007年5月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 什么是生物技术	1
一、生物技术的定义	1
二、生物技术的特点	2
第二节 生物技术发展简史	3
一、传统生物技术	3
二、现代生物技术	3
第三节 生物技术的基本内容	4
一、基因工程	4
二、细胞工程	5
三、酶工程	5
四、发酵工程	6
五、生物分离工程	6
第四节 生物技术在食品工业发展中的应用	7
一、改造与开发新资源和新品种	7
二、改善品质和开发新的食品	8
三、改变食品加工工艺	8
四、食品分析及保鲜	9
第二章 基因工程与食品工业	11
第一节 基因工程概述	12
一、基因的概念和特征	12
二、基因结构与功能	12
三、基因工程的主要研究内容	13
第二节 DNA 提取与检测技术	15
一、碱抽提法提取 DNA	15

二、DNA 的含量和纯度测定	16
三、DNA 的序列测定	17
第三节 目的基因获取与基因扩增	19
一、基因组文库的构建	19
二、cDNA 基因文库的构建	20
三、化学法合成目的基因	22
四、PCR 技术及应用	23
第四节 基因体外重组与转移	29
一、限制性核酸内切酶	29
二、克隆载体	32
三、DNA 连接	36
四、重组体导入受体细胞	40
五、重组体克隆的筛选与鉴定	42
第五节 克隆基因的表达	44
一、表达载体	45
二、宿主细胞	47
三、真核基因在大肠杆菌中的表达形式	47
四、影响目的基因在大肠杆菌中表达的因素	48
第六节 基因工程在食品工业中的应用	50
一、改造食品微生物性能	51
二、改良食品加工原料	51
三、改良食品生产工艺	52
四、酶制剂的生产	53
五、生产食品添加剂及功能性食品	53
第三章 酶工程与食品工业	55
第一节 酶工程概述	55
一、酶的基本概念和特性	55
二、酶工程及其发展概况	56
第二节 酶的生产	56
一、微生物作为酶源的优越性	57
二、酶的发酵生产	57
第三节 酶的分离和纯化	60
一、酶的提取	60

二、酶的纯化	60
三、酶活力	61
四、酶的保存	63
第四节 酶固定化与酶反应器	63
一、酶的固定化方法	64
二、固定化酶的性质	67
三、酶反应器	68
四、酶传感器	73
第五节 酶工程在食品工业中的应用	75
一、食品工业中常用的酶系	76
二、果葡糖浆的生产	79
三、果蔬汁的生产	80
四、食品酶法保鲜	81
第四章 细胞工程与食品工业	83
第一节 细胞工程概述	83
第二节 细胞融合技术	84
一、细胞融合技术的含义	84
二、细胞融合技术方法与具体步骤	85
第三节 动植物细胞大规模培养技术	93
一、动物细胞培养技术	93
二、植物细胞大规模培养技术	101
第四节 细胞工程在食品工业中的应用	108
一、动物细胞工程的应用	108
二、植物细胞工程的应用	109
三、固定化细胞及其在食品工业中的应用	112
第五章 发酵工程与食品工业	115
第一节 发酵工程概述	115
一、发酵工业的发展史	115
二、发酵工业的特点和研究范围	117
三、工业发酵的类型和工艺过程	118
第二节 发酵设备	120
一、发酵罐	120

二、微生物细胞生物反应器	122
三、植物细胞培养反应器	125
四、动物细胞培养反应器	127
第三节 基本工艺过程	130
一、微生物发酵动力学	130
二、微生物菌种的扩大培养	133
三、培养基灭菌	135
四、空气除菌	137
五、氧的供需与传递	141
第四节 发酵的影响因素与控制	143
一、发酵过程控制	143
二、温度的影响及控制	145
三、pH的影响及控制	147
四、泡沫的影响及控制	149
五、流加补料的控制	150
第五节 发酵工程在食品工业中的应用	152
一、单细胞蛋白的发酵和生产	152
二、发酵法生产有机酸	153
三、发酵法生产食用色素	156
四、发酵法生产新型食用胶	158
第六章 食品生物工程下游技术	161
第一节 生物工程下游技术的特点	161
第二节 原料及预处理	161
一、下游工程原料	162
二、发酵液预处理	162
第三节 固液分离和细胞破碎	163
一、固液分离	163
二、细胞破碎	165
第四节 纯化与精制	167
一、初步纯化使用的单元操作技术	168
二、精细纯化常用的操作技术	175
第五节 成品加工	181
一、结晶	182

二、浓缩	182
三、干燥	183
第六节 下游工程在食品工业中的应用	184
一、蛋白质和多肽	184
二、酶和核酸	184
三、糖类和脂类	185
第七章 食品工业废水的生物处理技术	187
第一节 废水处理技术概述	187
一、食品工业废水来源	187
二、食品工业废水的特性	187
三、衡量废水污染的指标	188
四、废水处理法类型概述	189
第二节 好氧生物处理技术	190
一、好氧生物处理技术概述	190
二、氧化塘法	191
三、活性污泥法	192
四、生物膜法	195
第三节 厌氧生物处理技术	200
一、厌氧生物处理技术概述	200
二、厌氧生物处理工艺	201
第八章 生物技术与食品安全	205
第一节 生物技术食品安全性评价的基本内容	205
一、生物技术食品安全性评价的由来	205
二、转基因食品安全性评价的目的与原则	206
三、转基因食品安全性评价的几个主要问题	207
第二节 生物技术食品安全管理内容及相关法规	210
一、生物技术食品安全管理的内容	210
二、国内外生物技术食品安全管理及相关法规	211
第三节 食品安全的生物技术检测方法	214
一、免疫学检测技术	214
二、PCR 的应用检测技术	220
三、转基因食品的检测技术	227

四、生物芯片与生物传感器检测技术	222
五、转基因食品安全性评价案例	223
实训	228
实训一 质粒 DNA 提取	228
实训二 基因组 DNA 提取	230
实训三 DNA 分子电泳	232
实训四 酶的性质	234
实训五 蛋白酶的活性测定	236
实训六 糖化酶的固定化	238
实训七 无菌操作及愈伤组织诱导技术	239
实训八 大蒜细胞大规模培养工艺	240
实训九 红曲液体菌种的扩大培养	242
实训十 甜酒酿发酵	243
实训十一 啤酒发酵	244
实训十二 氨基酸纤维素薄层层析	245
实训十三 蛋白质的盐析与透析	247
实训十四 从茶叶中萃取咖啡因	248
实训十五 生化需氧量 (BOD) 的测定	249
主要参考文献	254

第一章 绪 论

20 世纪 70 年代以来，新技术革命的浪潮不断地冲击着世界各国的经济、社会结构和生产组织的各个方面。生物技术以它潜在的巨大经济效益和现实生产力成为新技术革命浪潮中的主流，成为 21 世纪科学技术发展的领头羊。世界各国都把生物技术的研究开发列入高技术发展规划，在我国，生物技术与航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、能源技术以及新材料技术并列为优先发展的高技术领域。目前生物技术已广泛应用于食品、医药、化工、农业、环保、能源、国防等部门，将为世界经济发展所面临的食物短缺、资源枯竭、生态环境恶化、疾病等重大问题的解决提供美好的前景。

第一节 什么是生物技术

生物技术既是一门发展中的传统学科，又是一门新兴科学，它包含传统生物技术和现代生物技术两部分内容。传统的生物技术主要是以自然发酵和纯种发酵为基础，经过长期的发展而建立起来的生产技术；现代生物技术是指 20 世纪 70 年代后发展起来的，以现代生物学研究成果为基础，以基因工程和细胞工程为核心的新兴技术。当前所称的生物技术一般为现代生物技术。

一、生物技术的定义

生物技术是指以现代生命科学为基础，结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，为人类生产出所需产品或达到某种目的的一门新型的综合性技术。

先进的工程技术主要包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程等新技术；改造生物体是指通过基因重组和细胞融合获得优良品质的动物、植物或微生物新品系；生物原料是指生物体的某一部分，或生物生长代谢过程中所提供的有用物质；为人类生产出所需的产品包括粮食、食品、医药、化工原料、能源、金属等各种产品；达到某种目的则包括疾病的预防、诊断与治疗，环境污染的检测和治理等。

食品生物技术是生物技术按产品用途划分的一门重要分支技术。从内容的含义可叙述为，食品生物技术是指在食品工业领域里所应用的生物技术，或生物技术在食品工业上的应用，其核心内容是用生物技术全新的方法和手段来设计和生产新型食品及食品原料。

二、生物技术的特点

生物技术已经成为全世界、全社会特别关注的热门话题，其原因在于生物技术所具有的以下几个特点。

1. 发展速度快 近年来，生物技术取得了突飞猛进的发展。首先，在农业方面，转基因植物相继出现，并大面积种植，转基因动物已经陆续被克隆出来。人类基因组计划自1990年开始以来不断加速，尤其是2000年6月26日公布了人类基因组图谱草图，拉开了后基因组时代的序幕，使生物技术进入了一个全新的阶段。

2. 意义重大 转基因植物能够大幅度提高粮食产量，为解决世界人口增长速度高于粮食增长速度所带来的粮食短缺问题提供了根本性的出路；某些生物酶的催化速度比化学催化剂高100~1000倍，有可能改变某些污染严重的食品和化工行业的生产工艺，为彻底治理污染提供有利的手段；转基因动物生物反应器技术的出现，可以使产品的成本降低，并使新药生产的周期缩短；人类基因组计划的实现，将使医疗保健进入一个崭新的时代，有望一举攻克许多疑难病症的治疗难关，使人类的寿命大幅度提高。

3. 商业价值高 生物技术尤其是基因工程的商业价值集中体现在制药和食品行业，生物制药的焦点又集中在寻找疾病相关基因上。可以说，一个基因可以成就一个企业，甚至带动一个产业。

4. 竞争激烈 基因是一种有限的资源，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，在发展中国家寻找有价值的疾病家系和病人，以期得到和克隆相关疾病的基因，并竞相申请专利，进而开发基因药物，占领包括发达国家和发展中国家在内的医药市场，从中获取高额利润。

5. 特殊问题多 由于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、伦理道德等十分棘手的问题。例如，是否可以对人的基因、转基因动植物授予专利，是否应当鼓励干细胞研究，如何防止克隆技术的滥用，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。

第二节 生物技术发展简史

生物技术的发展过程可简单分为传统的生物技术和现代的生物技术两个阶段。传统生物技术是现代生物技术的基础，现代生物技术是传统生物技术的创新和发展。

一、传统生物技术

传统的生物技术起源于食品发酵，首先在食品工业中得到广泛运用。公元前 6000 年苏美尔人和巴比伦人开始啤酒发酵；公元前 4000 年埃及人开始制作面包；石器时代后期我国人民利用谷物造酒，到公元前 221 年周代后期就能制作豆腐、酱和醋，并一直沿用至今。10 世纪我国就有了预防天花的活疫苗，到了明代，就已经广泛地种植痘苗以预防天花；16 世纪，我国的医生已知道被疯狗咬伤可传播狂犬病。1675 年，荷兰人 Leeuwenhoek（列文虎克）制成了能放大近 300 倍的显微镜，并首先观察到了微生物。

19 世纪 50 年代，法国科学家 L. Pasteur（巴斯德）首先证实发酵是由微生物引起，随后德国科学家 Koch（柯赫）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，使发酵技术进入了科学的发展轨道。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发酵生产化工原料，如丙酮、丁醇等。20 世纪 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进入了迅速发展的阶段。发酵技术和酶制剂生产技术被广泛应用于食品、医药、化工、制革、农产品加工等部门。

21 世纪初，遗传学的建立及其应用，产生了遗传育种学，并于 60 年代取得了辉煌的成就，被誉为“第一次绿色革命”，使水稻品种矮秆化，大大地提高了水稻的单产和总产。

在今天看来，上述诸方面的发展，还只能被视为传统的生物技术，因为它们还不具备高技术的诸要素，如高效益、高渗透，高要求、高投入、高风险等。

二、现代生物技术

现代生物技术是以 20 世纪 70 年代以后，DNA 重组技术的建立为标

志。在 1944 年 Avery (埃弗里) 等阐明了 DNA 是遗传信息的携带者; 1953 年 Watson (沃森) 和 Crick (克里克) 提出了 DNA 的双螺旋结构模型, 阐明了 DNA 的半保留复制模式; 1961 年 Khorana (科拉纳) 和 Nirenberg (尼伦伯格) 破译了遗传密码, 揭开了 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, 从而开辟了分子生物学研究的新纪元。

1972 年 Berg (伯格) 首先实现 DNA 体外重组, 标志着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, 由细菌生产大量的有用的蛋白质, 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。

随着细胞融合技术及单克隆抗体技术的相继成功, 实现了动植物细胞的大规模培养、固定化生物催化剂广泛应用、新型反应器不断涌现等, 形成了具有划时代意义和战略价值的现代生物技术, 使生物技术从原来的鲜为人知的传统产业, 一跃成为代表 21 世纪的新技术发展方向, 成为具有远大发展前景的新兴学科和朝阳产业。

第三节 生物技术的基本内容

根据生物技术研究对象及应用范围不同, 生物技术的主要内容包括基因工程、细胞工程、酶工程、发酵工程以及生物分离工程。

一、基因工程

基因工程是在分子水平上对基因进行操作的复杂技术。它是用人为的方法将所需要的某一供体生物的遗传物质 (DNA) 大分子提取出来, 在离体条件下用适当的工具酶进行切割, 将切割后的 DNA 片段与作为载体的 DNA 分子连接起来, 然后与载体一起导入某一更易生长、繁殖的受体细胞, 在受体细胞中进行正常的复制和表达, 从而获得新物种或产生生物产品的一种崭新技术。

基因工程技术的主要内容: ①目的基因获取, 从复杂的生物体基因组中, 分离带有目的基因的 DNA 片段, 或用化学方法人工合成基因; ②基因的体外重组, 将外源 DNA 片段与载体分子在体外连接, 形成重组 DNA 分

子；③基因的转移，把重组的 DNA 分子引入到适宜的受体细胞中；④重组体的检测，从受体细胞繁殖的大量群体中筛选和鉴定获得重组 DNA 分子的克隆子；⑤克隆基因的表达，从所筛选的克隆子中提取目的基因后，再将其克隆到表达载体上，导入寄主细胞，在新的背景下实现遗传功能表达，产生人们所需的物质。

二、细胞工程

细胞工程是应用现代细胞生物学、发育生物学、遗传学和分子生物学的理论与方法，按照人们的需要和意图，在细胞水平上进行遗传性的操作，通过细胞融合、核移植、染色体转移等技术，改变细胞的遗传功能，培养出人们所需要的新物种；设计适应于不同细胞生长繁殖的反应器，提供不同细胞生长繁殖所需要的条件，使细胞达到快速繁殖。

细胞工程的优势在于避免了分离、纯化、剪切、拼接等复杂的基因操作，只需将细胞遗传物质直接转移到受体细胞中就能够形成杂交细胞，因而能够提高基因的转移效率。

细胞工程技术主要包括：①细胞培养：把所需细胞接种在特制的容器内，并提供必要的生长条件，使它们在体外生长与繁殖；②细胞融合：在一定的条件下，将两个或多个细胞融合为一个杂交细胞；③细胞重组：在体外条件下，从活性细胞中分离出各种细胞的结构或组成“部件”，再把它们在不同细胞之间重新进行装配，成为新型生物活性细胞；④遗传物质转移：主要是指基因在细胞水平的转移，如基因矫正、基因置换等技术。

三、酶 工 程

酶工程是指利用酶（或微生物细胞、动植物细胞）的特异催化功能，在体外设计相应的生物化学反应，建立生产生物化学产品的工艺，达到快速高效地将原料转化为有用物质或生物产品的技术。

酶是生物体内的一种特殊蛋白质，具有生物催化作用。催化反应的主要特点是反应的高效性，通常比一般的化学催化剂的效率高 100~1 000 倍；催化底物的专一性，一种酶只对一种或一类物质起催化作用；反应条件的温和性，酶的催化反应一般在常温常压和接近中性的环境中进行，反应产物容易纯化。另外，酶促反应能耗低，污染少，操作简单，易控制。因此，它与传统的化学反应相比，具有极强的竞争力。