

SPT 21世纪高等院校教材

生物工程类

细胞工程

李志勇 编著



科学出版社

www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材(生物工程类)

细 胞 工 程

李志勇 编著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以关键技术和应用为主线,系统、全面、生动地介绍了细胞工程领域的主要技术原理与方法,内容包括绪论、细胞工程基础、植物组织与细胞培养、动物细胞与组织培养、细胞融合、染色体工程、胚胎工程、细胞重组与克隆技术、转基因动物与生物反应器等9章。本书适于作为高等院校生物工程、医药、农业及其他相关专业的本科生、研究生教材,也适合相关领域科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

细胞工程/李志勇编著. —北京:科学出版社,2003.2

(21世纪高等院校教材(生物工程类))

ISBN 7-03-010987-2

I. 细… II. 李… III. 细胞工程-高等院校-教材 IV. Q813

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第104934号

责任编辑:韩学哲 梁淑文/责任校对:刘小梅

责任印制:刘士平/封面设计:槐寿明

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年2月第一版 开本:B5(720×1000) 1/16

2003年2月第一次印刷 印张:18 1/4

印数:1—4 000 字数:352 000

定价: 26.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

细胞工程是现代生物工程中涉及面极其广泛的一门生物技术,它与基因工程一起代表着现代生物工程最新的发展前沿。细胞工程在生命科学、农业、医药、食品、养殖业、生物资源与环境保护、新物种构建等领域发挥着越来越重要的作用,有些应用(如植物组织培养、单克隆抗体生产等)已经产生了极其可观的经济效益。而且,极少有技术或产品像细胞工程领域中的试管婴儿、异体(动物)器官移植、克隆人、转基因产品等引起人们和政府如此广泛的关注和争论。

鉴于细胞工程日益显著的地位,目前越来越多的科技工作者开始或正在从事细胞工程领域的研究或开发工作。一些高校的生命科学或医学等专业也开始重视这方面的知识教育,开始开设细胞工程这门专业课。但是目前关于细胞工程的书籍极少,而且几乎都是20世纪80年代的作品。虽然近年来出现了一些关于动植物细胞或组织培养方面的书籍,但是范围比较窄,难以全面体现细胞工程技术的知识体系。更重要的是,至今还没有一本《细胞工程》的高等院校教材。鉴于上述原因,我国急需一本能全面系统地反映细胞工程基本原理、技术方法和最新发展的书籍作为高校教材或供科研工作者参考。本书就是在这种背景下诞生的,希望它能起到抛砖引玉的作用。

编著者在较长时间内一直从事细胞培养工艺与技术方面的科研与教学工作。本书是在上海交通大学生物工程专业本科生学位课细胞工程和研究生学位课动植物细胞和组织培养讲义的基础上,参考了大量书籍、期刊等资料不断充实完善起来的。本书具有以下特点:

一、以关键技术和应用为主线,将全书分为九章,每章又基本分为:定义、发展历史、基本原理、关键技术、应用举例、现状或存在问题、前景分析与展望、本章小结、思考题、参考文献及进一步的阅读资料等几大部分,力争全面、系统地介绍细胞工程目前体系的基本的和最新的内容。

二、为了突出细胞工程的工程与实验技术特性,本书重点突出对生物反应器、大规模生产等应用性技术方面的知识介绍。

三、本书尽量多采用图片说明的方式,力争图文并茂、简明、直观地勾勒出一些基本原理和方法。

尽管编著者力争做到系统、全面、新颖、生动地介绍细胞工程领域的主要技术原理与方法,并能反映出该领域的最新进展,但是由于细胞工程领域的知识非常丰富,更新发展速度很快,再加上笔者自身能力限制,本书难免有不妥之处。敬请各位专家、读者批评指正,以待再版时充实、改正。

本书成书过程中得到了科学出版社李锋主任、马学海、韩学哲等编辑的热心帮助,在此深表谢意。同时非常感谢上海交通大学 985 工程对本书出版的资助以及生命科学技术学院罗九甫教授、林志新教授、赵立平教授、张雪洪副教授等有关领导和老师的支持与鼓励。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感谢。需要说明的是,对于论文集一类的书籍只标注了主编名字而没有分别引注具体文章的作者,特此致歉。

李志勇

zyli@sjtu.edu.cn

2002 年 7 月于交大思源湖畔

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生物工程	1
1.1.1 定义	1
1.1.2 发展历程	1
1.1.3 现代生物工程的特点与组成	3
1.2 细胞工程	7
1.2.1 定义	7
1.2.2 细胞工程的发展历史	8
1.2.3 主要研究内容	8
1.2.4 细胞工程的重要应用	10
1.2.5 细胞工程与其他生物工程的关系	13
参考文献	14
第 2 章 细胞工程基础	15
2.1 细胞生物学基础	15
2.1.1 细胞	15
2.1.2 染色质与染色体	18
2.1.3 细胞周期	18
2.1.4 细胞分裂	19
2.1.5 细胞分化与细胞全能性	22
2.2 分子生物学基础	24
2.2.1 基因的概念与基因的复制	24
2.2.2 转基因技术	25
2.3 普通生物学基础	27
2.3.1 组织、器官	27
2.3.2 生殖、发育	28
本章小结	29
参考文献	29
第 3 章 植物组织与细胞培养	31
3.1 植物组织培养与细胞培养的区别	31
3.2 发展历史	31
3.3 植物组织与器官培养	33

3.3.1	定义与基本原理	33
3.3.2	几个重要概念	33
3.3.3	细胞分化和形态建成	34
3.3.4	植物组织培养的基本步骤	34
3.3.5	愈伤组织培养	36
3.3.6	植物器官培养	40
3.3.7	植物组织培养的应用	40
3.3.8	人工种子	44
3.3.9	植物组织与器官的生物反应器培养	46
3.3.10	植物组织与器官培养存在的问题	50
3.4	植物细胞培养	51
3.4.1	定义	51
3.4.2	植物细胞培养的方法	51
3.4.3	植物细胞培养的培养基	53
3.4.4	植物单细胞培养	54
3.4.5	植物细胞培养的意义与应用举例	57
3.4.6	植物细胞的生物反应器大规模培养	60
3.4.7	植物细胞两相培养技术	69
3.4.8	植物细胞的生物反应器固定化培养	70
3.4.9	植物细胞培养存在的问题与发展趋势	74
3.5	植物原生质体培养	75
3.5.1	原生质体	75
3.5.2	原生质体的制备	76
3.5.3	原生质体培养	78
3.5.4	原生质体的发育和植株再生	78
3.5.5	原生质体培养再生植株的应用举例	79
	本章小结	81
	思考题	82
	参考文献及进一步的阅读资料	82
	附录	83
第4章	动物细胞与组织培养	85
4.1	动物细胞的特点	85
4.2	动物细胞与组织培养的定义	86
4.3	发展历史	86
4.4	动物细胞的体外培养生长特性	87
4.4.1	贴附型细胞	87

4.4.2	非贴附型细胞	90
4.5	动物细胞、组织培养的基本技术	91
4.5.1	体外培养的特点	91
4.5.2	培养工具	91
4.5.3	培养条件	92
4.5.4	体外培养细胞的生长与增殖过程	95
4.5.5	动物细胞培养的传统方法	96
4.5.6	原代培养与传代培养技术	99
4.5.7	贴壁培养技术	103
4.5.8	动物细胞大规模培养技术	104
4.5.9	动物细胞生物反应器培养	112
4.5.10	动物细胞生物反应器大规模培养	115
4.5.11	细胞冷冻保存技术	119
4.5.12	动物细胞体外培养举例	120
4.5.13	动物细胞体外培养现状与展望	126
4.6	组织工程	127
4.6.1	组织工程的定义	127
4.6.2	组织培养	128
4.7	器官培养	133
4.7.1	定义与特点	133
4.7.2	器官培养技术	134
4.7.3	器官培养应用举例	137
4.7.4	最新进展	139
4.8	干细胞	140
4.8.1	干细胞的有关特性	140
4.8.2	胚胎干细胞	142
4.8.3	干细胞培养与诱导分化的意义	154
	本章小结	155
	思考题	156
	参考文献及进一步的阅读资料	156
	附录	158
第5章	细胞融合	161
5.1	细胞融合的定义	161
5.2	细胞融合的意义	161
5.3	基本原理	162
5.4	融合材料	165

5.4.1	植物或微生物原生质体的制备	165
5.4.2	动物单个细胞的获得	165
5.5	细胞融合技术	166
5.5.1	生物法——仙台病毒法	166
5.5.2	化学法——PEG 结合高 Ca^{2+} 、pH 诱导法	167
5.5.3	物理法——电融合诱导法	168
5.5.4	细胞融合的影响因素	169
5.6	融合细胞的选择	170
5.7	细胞融合技术的应用举例	172
5.7.1	动物细胞融合——单克隆抗体生产	173
5.7.2	利用原生质体融合和培养技术培育新植物	179
5.7.3	微生物原生质体融合构建新菌株	181
5.8	细胞融合技术的进展与展望	183
5.8.1	不对称融合	183
5.8.2	胞质杂种	183
5.8.3	展望	184
	本章小结	184
	思考题	185
	参考文献及进一步的阅读资料	185
第 6 章	染色体工程	186
6.1	染色体变异	186
6.1.1	染色体结构变异	186
6.1.2	染色体数目变异	186
6.2	多倍体与单倍体	186
6.2.1	定义与特点	186
6.2.2	多倍体产生的途径	188
6.2.3	动植物多倍体的特点比较	188
6.3	染色体工程	189
6.3.1	多倍体育种	190
6.3.2	单倍体育种	195
6.3.3	雌、雄核发育	196
6.3.4	染色体显微操作技术	201
6.3.5	染色体微克隆	202
6.3.6	染色体转移技术	202
	本章小结	205
	思考题	206

参考文献及进一步的阅读资料	206
第7章 胚胎工程	207
7.1 胚胎工程	207
7.1.1 定义	207
7.1.2 发展历史与意义	207
7.2 胚胎工程的技术方法	209
7.2.1 人工受精	209
7.2.2 胚胎移植	213
7.2.3 胚胎分割	216
7.2.4 胚胎融合	216
7.2.5 动物性别控制与胚胎性别鉴定	218
7.2.6 胚胎冷冻保存技术	219
7.3 试管动物	221
7.3.1 定义	221
7.3.2 试管动物的培育流程	221
7.3.3 试管婴儿	222
7.4 胚胎工程技术的现状分析	224
本章小节	225
思考题	226
参考文献及进一步的阅读资料	226
第8章 细胞重组与克隆技术	227
8.1 细胞重组	227
8.1.1 特点与意义	227
8.1.2 细胞重组技术	227
8.2 克隆技术	232
8.2.1 克隆的定义	232
8.2.2 克隆的相关理论基础	232
8.2.3 克隆的技术方法	233
8.2.4 克隆技术的应用与意义	242
8.2.5 正确看待克隆技术	243
8.2.6 克隆动物的现状和发展趋势	246
本章小结	247
思考题	248
参考文献及进一步的阅读资料	248
第9章 转基因动物与生物反应器	250
9.1 转基因技术	250

9.1.1	细胞转染外源基因的方法	251
9.1.2	转染细胞的鉴定	257
9.2	转基因动物	257
9.2.1	定义与发展历史	257
9.2.2	转基因动物的制备	258
9.2.3	转基因动物技术的意义与最新进展	263
9.3	转基因生物反应器	268
9.3.1	转基因微生物反应器	269
9.3.2	转基因植物反应器	270
9.3.3	转基因动物反应器	271
9.4	转基因技术存在的问题与最新进展	274
9.4.1	存在问题	274
9.4.2	最新进展	276
	本章小结	278
	思考题	278
	参考文献及进一步的阅读资料	278

第 1 章 绪 论

1.1 生物工程

1.1.1 定义

生物工程,也称生物工艺学(biotechnology 或 bioprocess),一般称为生物技术。目前,对于生物工程还没有一个统一的定义。一般意义上讲,生物工程(生物技术)是以生命科学为基础,利用生物体系和工程学原理生产生物制品和创造新物种的一门综合技术。换言之,就是利用生物有机体(从微生物直至高等动物)或其组成部分(器官、组织、细胞等)发展新工艺或制造新产品的一种科学技术。

1.1.2 发展历程

1.1.2.1 第一代生物工程

生物技术的历史悠久,4000 多年前我国就有以酿酒为代表的古老生物技术。但是,这时的生物技术完全凭借经验。1680 年列文虎克制成了显微镜后,人们才知道有微生物的存在。1857 年,巴斯德证实酒精发酵是由活酵母引起的。随后才逐渐了解到其他不同的发酵产物也是由不同微生物的作用而形成。至此,古老的生物技术才开始得到迅速的发展。

19 世纪末到 20 世纪 30 年代这段时间不少工业发酵过程陆续出现,如:乳酸、酒精、面包酵母、丙酮、柠檬酸、淀粉酶等的生产。至此,以工业微生物过程生产发酵产品为代表的真正意义上的生物工程才正式诞生了。但是,上述产品大多数是嫌气发酵过程的产物,产物的化学结构比较简单,属于初级代谢产物。同时生产过程也比较简单,对设备的要求不高,规模不大。

1.1.2.2 近代生物工程

20 世纪 40 年代第二次世界大战时期,军队需要一种有效而副作用小的抗细菌感染药物来治疗因创伤引起的感染及继发性疾病。1928 年英国人弗莱明发现了青霉素,1940 年由佛罗里和钱恩等实现了人工提取并经过临床证实具有卓越疗效和低毒的青霉素,但是大规模制备却非常困难。1941 年美国 and 英国开始合作对青霉素的大规模生产技术进行研究和开发,终于在 1943 年开发出一条青霉素沉浸培养工艺,采用带有机械搅拌和通气的密闭式发酵罐对青霉菌进行培养并用离心萃取机和冷冻干燥机把青霉素从发酵液中提取出来并进行精制,从而使青霉素

的产量和质量大幅度提高。不久,链霉素、金霉素、新霉素等相继问世。抗生素工业的兴起标志着工业微生物的生产进入了一个新的阶段。

抗生素生产的经验很快地促进了其他发酵产品的发展,最突出的是 20 世纪 50 年代氨基酸发酵工业及 60 年代出现的酶制剂工业。与第一代生物工程产品相比,这一个时期的特点是:

- (1) 产品类型多,包括初级代谢产物、次级代谢产物,以及生物转化,酶反应等产品。
- (2) 技术要求高,生产过程需在无菌条件下进行。
- (3) 大多数过程为好气发酵。
- (4) 发酵规模巨大。

1.1.2.3 现代生物工程

1953 年美国的沃森和克里克发现了 DNA 的双螺旋结构,为 DNA 的重组奠定了基础。1974 年美国的波依耳和科恩首次在实验室中实现了基因的转移,从而使人们有可能在实验室中组建按照人们意志设计新的生命体。

20 世纪 70 年代后,随着基因重组、细胞和组织培养、酶的固定化、动植物细胞的大规模培养、现代化生物反应器和计算机的应用以及产品分离、纯化等技术的迅速发展,生物工程进入了新的发展阶段——现代生物工程阶段。

以重组 DNA 等先进技术为核心的现代生物工程技术的创立和发展,为生命科学注入了新的活力,它所提供的实验方法和手段极大地促进了传统生物学科如植物学、动物学、遗传学、生理学、生物医学等的深入研究。同时,现代生物工程目前也已被广泛地用于食品、化学、农业及环保等领域,为这些行业带来了新的技术革命。

这期间的现代生物技术及其产品的特点是运用了 DNA 重组、细胞融合等技术的成果。一些正在开发或已经开始生产的 DNA 重组技术产品有:干扰素、胰岛素、生长激素及其相关因子、淋巴细胞活素、血纤维蛋白溶解剂、疫苗、胸腺素、白蛋白、血因子、促红细胞生长素、促血小板生长素、降血钙素、绒毛促性腺激素、抗血友病因子Ⅷ、乙型肝炎疫苗,以及氨基酸、食品加工酶、单细胞蛋白、生物杀虫剂、生物杀菌剂、生物完全降解塑料等等。其中最具代表性生物技术产品为转基因生物与克隆动物的出现。目前美国 40% 以上的农田种植了经过基因改良的作物;我国的转基因农作物和林木已有 22 种,转基因棉花、大豆、马铃薯、烟草、玉米、花生、菠菜等已进行了田间试验,其中抗虫棉已开始规模化商品生产。1996 年 7 月英国首次成功地采用成体体细胞克隆出绵羊“多莉”更是一项里程碑式的现代生物工程成果。而这项成果就属于现代生物工程的一个主要领域——细胞工程。

现代生物工程的特点除了可以从以上生物产品得到体现,同时还可以从其日益与其他众多基础学科的交叉得到体现。现代生物工程是在已有的传统生物技术

基础上发展起来而又与多学科交叉的一门综合性的高新技术,它不仅结合了微生物学、细胞生物学、遗传学、生物化学、生物学、农学等传统基础学科的相关理论和 技术,而且更结合了现代分子生物学、化学工程、机械工程、微电子学、电子计算机 与自动控制、生物材料、生物信息学、生物医学等等当代先进的理论与工程技术方 法。此外,近代物理学、化学和其他学科也不断地向生物工程渗透。一方面,借助 这些学科的最新成果,生物工程技术得到了迅速发展,体现着当前生物科学的最新 科研成果;另一方面,它也正不断地赋予工程学科以新的生命。

1.1.3 现代生物工程的特点与组成

在与生物工程相关的众多学科中,生物学、化学和工程学是关系最为密切的三 门基础学科。它们与生物工程学科的关系可以用图 1-1 表示:

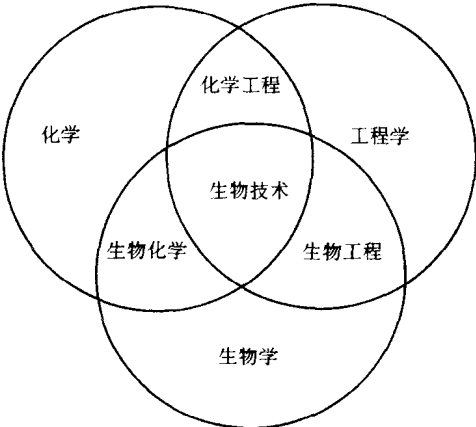


图 1-1 生物工程与其他学科的关系
(引自:俞俊棠等生物工艺学(上)pl:图 1-1)

生物工程与生物学、化学等基础理论科学的区别显而易见,后者主要为前者提供某种生物产品的制造的理论支撑。生物工程操作的对象是有生命的物质,这是与化学工程等其他工程类学科最明显的不同。

从研究或操作层次上而言,首先,微观上生物工程涉及的有染色体操作、细胞重组等;其次,宏观上有试管植物乃至几千升的发酵罐。可见,生物工程的内涵相当宏大。很多年以来,提到生物工程,一般都认为主要由:发酵工程、酶工程、细胞工程、基因工程四大部分组成。后来,生物化学工程和被称为第二代基因工程的蛋白质工程也被列入生物工程的范畴,因此,现在可以认为现代生物工程主要包括了以上六大领域的内容。这六大生物工程之间的关系图解见图 1-2:

由于现代生物工程六大组成技术之间存在着相当紧密的联系,彼此相互作用,

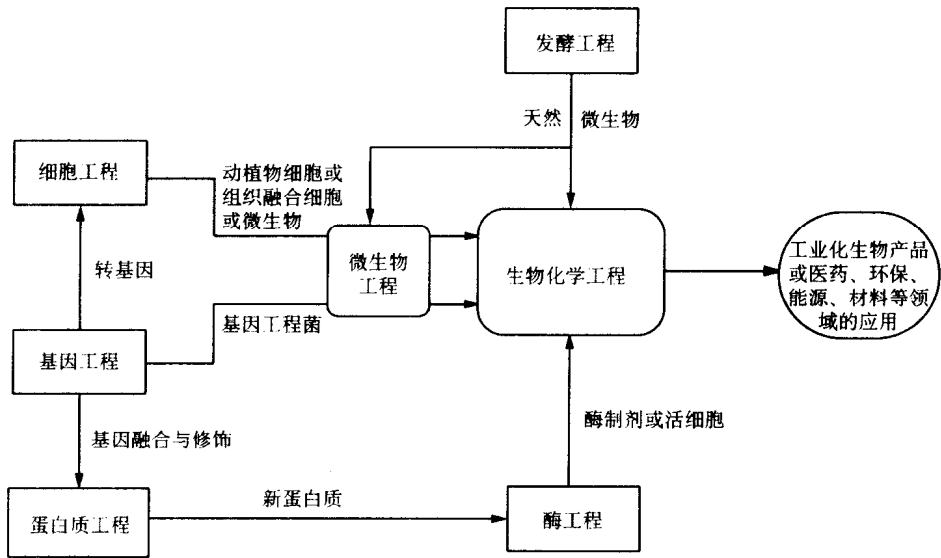


图 1-2 生物工程六个组成技术之间的关系图解

相互影响,很难用图解形式准确地表达出它们之间的关系。图 1-2 仅是以生物化学工程为纽带表示出生物工程六大工程之间的大致关系,不包括各个组成技术自身特点的表征。

在现代生物工程中,细胞工程是除生物化学工程之外涉及面最为广泛的一门技术,几乎涉及了所有其他几大生物工程(参见图 1-3)。而且,也是除基因工程之外的另一个最能代表现代生物工程发展的一门科学技术。现代生物工程所取得的许多里程碑式的成果都与细胞工程有关,有些甚至就是细胞工程领域的重大发现。鉴于其他生物工程技术对细胞工程的作用与影响,下面在介绍细胞工程之前,首先对除细胞工程以外的五大生物工程组成技术作一简单介绍,以利于更好地理解细胞工程的相关技术与应用。

1.1.3.1 发酵工程

发酵工程是指利用微生物的特定性状,通过现代工程技术,在生物反应器中生产有用物质的一种技术。

发酵工程是最古老的生物工程技术,也曾经是生物工程的主体技术;它是生物技术实现工业化的基础,包括了整个生物工艺过程。当前的食品、医用和农用抗生素绝大部分是发酵产品。此外,发酵工程产品还包括氨基酸、工业用酶等,人们日常生活中广泛使用的味精、维生素 B₂ 等也是发酵工程的产品。

传统的发酵技术与现代生物工程中的基因工程、细胞工程、蛋白质工程和酶工

程等相结合,进入到了微生物工程的阶段。微生物工程包括菌种选育、菌体生产、代谢产物的发酵以及微生物机能的利用等。现代微生物工程利用的发酵对象除包括传统的天然微生物外,还包括动物和植物细胞、重组细胞、基因工程菌等。

1.1.3.2 酶工程

酶是由生物体产生的具有催化剂活性的蛋白质,它们可特定地促成某个化学反应而它们本身却不参与反应,且具有反应效率高、反应条件温和、反应产物污染小、能耗低、反应容易控制等特点,这些特点相对于传统的化学反应来说具有较大的优越性。

酶工程就是利用酶的催化作用,采用适当的生物反应器工业化地生产人类所需的产品或是达到某一特殊目的的一门生物工程技术。它是酶学理论与化工技术相结合而形成的一项高新技术。酶工程中开发生产的酶主要有六大类,即氧化还原酶类、转移酶类、水解酶类、裂解酶类、连接酶类和异构酶类。

酶工程的应用主要集中于食品工业、轻工业和医药工业等领域。例如,固定化青霉酰胺酶可以连续裂解青霉素,生产 6-氨基青霉烷酸; α -淀粉酶、葡萄糖淀粉酶和葡萄糖异构酶三酶连续作用于淀粉,就可以代替蔗糖生产出高果糖浆;蛋白酶用于皮革脱毛、脱胶以及洗涤剂工业;固定化酶可以治疗先天性缺酶病或是器官缺损引起的某些功能衰竭等。日常生活中常见的加酶洗衣粉,嫩肉粉等,就更是酶工程最直接的体现了。

酶工程的研究和应用范围大致包括:

- (1) 天然酶的分离纯化及鉴定和生产。
- (2) 酶的固定化技术。
- (3) 酶生物反应器的研制和应用。

1.1.3.3 蛋白质工程

蛋白质是含碳、氢、氧、氮和硫等元素的化合物。蛋白质的基本构成单位是氨基酸。蛋白质为遗传物质 DNA 的表达产物,是生命活动中最重要的物质,它们在活细胞中担任各种分解、合成、信号传递、运送等各种生命活动。每一类蛋白质都有各自固定的特征,这与它们的基本构成单位有关。

蛋白质种类繁多,可以根据他们在生物体内所起的作用不同,分成五大类:

- (1) 酶蛋白:生物体内产生的专一高效的生物催化剂。
- (2) 运载蛋白:在生物的物质代谢中有很重要的作用。
- (3) 结构蛋白:生物体的膜、核、细胞器等结构中均含有大量的蛋白质亚基。
- (4) 抗体:是生物体内的免疫防御系统。
- (5) 激素:生物体产生的特殊的、微量的蛋白质。

蛋白质工程是指利用生物技术手段对蛋白质的 DNA 编码序列进行有目的的

改造并分离、纯化蛋白质,从而获取自然界没有的、具有优良性质或适用于工业生产条件的全新蛋白质的技术。和蛋白质工程技术,人们可以根据需要对负责编码某种蛋白质的基因进行重新设计,使合成出来的蛋白质的结构变得符合人们的要求。由于蛋白质工程是在基因工程的基础上发展起来的,在技术方面有诸多同基因工程技术相似的地方,因此蛋白质工程也被称为“第二代基因工程”。蛋白质工程为改造蛋白质结构和功能找到了新途径,推动了蛋白质学和酶学研究,为工业和医药用蛋白质(包括酶)的实用化开拓了美妙的前景。

蛋白质工程的研究方向主要包括以下两个方面:

(1) 基因水平上的蛋白质改造:通过基因融合或基因定位诱变等手段改变蛋白质的结构和功能;将 DNA 合成技术用于蛋白质功能片段多肽基因的合成,可创造结构和功能全新的蛋白质。

(2) 蛋白质修饰:酶工业上,对蛋白质分子进行化学修饰,提高蛋白质的稳定性或催化能力,或更适合酶固定化而用于实践。在医学临床应用上,可延长蛋白质药物的生物半衰期,改变其免疫原性,提高对蛋白酶的抗性。

1.1.3.4 基因工程

基因工程即重组 DNA 技术,是指根据人们的意愿对不同生物的遗传基因进行切割、拼接或重新组合,再转入生物体内产生出人们所期望的产物,或创造出具有新遗传性状的生物类型的一门技术。

世界上第一批重组 DNA 分子诞生于 1972 年,次年几种不同来源的 DNA 分子装入载体后被转入到大肠杆菌中得到表达。基因工程使得人们可以克服物种间的遗传障碍,定向培养创造出自然界所没有的新的生命形态,以满足人类社会的需要。

基因工程一般包括四个步骤:一是取得符合人们要求的 DNA 片段,这种 DNA 片段被称为“目的基因”;二是将目的基因与质粒或病毒 DNA 连接成重组 DNA;三是把重组 DNA 引入某种细胞;四是把目的基因能表达的受体细胞挑选出来。

1982 年美国 Lilly 公司首先将重组胰岛素投放市场,标志着世界第一个基因工程药物的诞生。现有或正在开发中的基因工程药物大致有以下几类:单克隆抗体、疫苗、基因治疗药物、干扰素、白介素、生长因子、重组可溶性受体、反义药物、人生长激素、织纤溶酶原激活剂、凝血因子、集落细胞刺激因子、促红细胞生成素及 SOD 等。如今,基因重组技术在生产重要的药物以及在农牧业育种等领域中取得了很多成果,预计 21 世纪基因重组技术将在更为广泛的领域中发挥更大的作用。

1.1.3.5 生物化学工程

在实验室中获得的生物技术成果,因为所采用的是小型以至微型的设备,物料处理量很小,因此,如果不经工艺和工程的开发是很难直接投入生产,更不用说