



GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

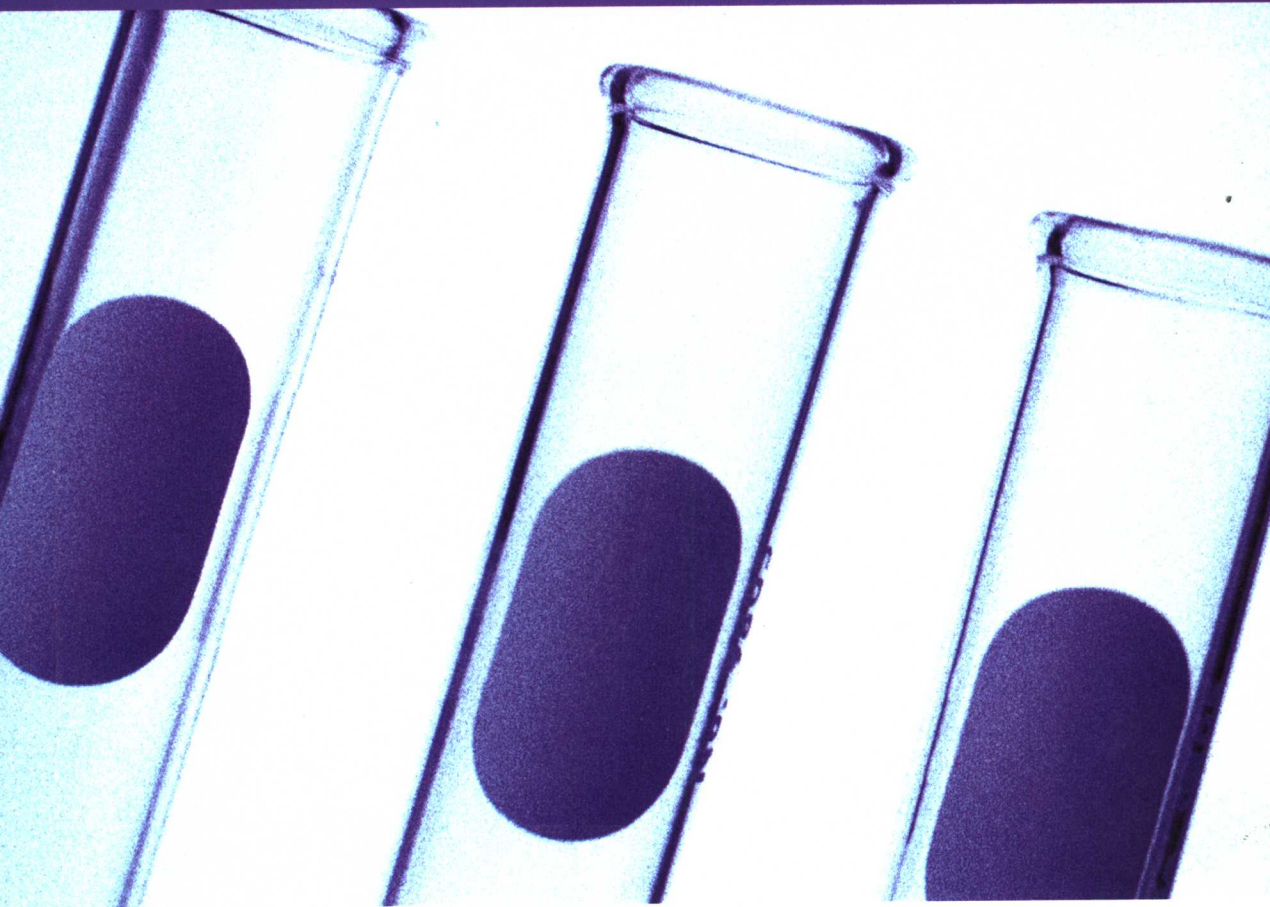
• 高等职业教育教材 •

生 物 化 学

S H E N G W U H U A X U E

(生 物 技 术 与 生 物 制 药 专 业 适 用)

夏未铭 主编



中国轻工业出版社

高等职业教育教材

生物化学

(生物技术和生物制药专业适用)

夏未铭 主 编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/夏未铭主编. —北京:中国轻工业出版社,
2007.2

高等职业教育教材

ISBN 978 - 7 - 5019 - 5714 - 9

I. 生… II. 夏… III. 生物化学 - 高等学校: 技术
学校 - 教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 136761 号

责任编辑: 白 洁 责任终审: 唐是雯 封面设计: 刘 鹏
版式设计: 马金路 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社(北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北省高碑店市鑫昊印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 18.75

字 数: 357 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 5714 - 9/Q · 032

定 价: 30.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010 - 65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010 - 85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

51064J4X101ZBW

前 言

随着现代科技的发展,生物化学已成为生命科学中诸多学科的重要基础与支柱,成为 21 世纪生命科学的带头学科。生物化学是生物技术和生物制药类专业的重要专业基础课程之一。本书在编写过程中结合生物科学的发展和高职生物技术与生物制药等专业的实际需要,结合生物化学的特点,着重介绍生物化学的基本知识和某些新进展,并力求做到简明扼要、由浅入深、循序渐进、学以致用。

本书在内容编排上尽可能地突出“基础性、实用性和应用性”三大特点。全书按章节编排,每章前设有教学目标,每章后设置了复习思考题,以便于教师教学和学生自学。为了加强实用性和应用性,突出高职教育特色,特增加了一章“生化实训”内容。同时考虑到分子生物学与细胞生物学是本世纪生命学科的热点,特增加了一章脂类与生物膜的生物化学内容。

全书共分为十二章,第一至第三章讨论蛋白质、核酸、酶与辅酶的组成、结构、性质及其生物学功能;第四章讨论脂类、生物膜及激素的生物化学特点;第五章讨论生物体内能量代谢规律和特点;第六至第八章讨论糖、脂、蛋白质与核酸代谢的基本过程、基本规律;第九章讨论遗传信息传递规律与特点;第十章讨论物质代谢的相互关系和代谢调控特点;第十一章讨论主要脏器生物化学;第十二章编排了生物化学基本技能训练项目 10 个,各院校可根据实际情况选择。

本书由陕西杨凌职业技术学院的夏未铭担任主编,并编写了绪论、第四章、第十一章和第十二章的技能训练四;洛阳大学的经建颖编写了第一章和第十二章的技能训练一、二、三;广东轻工职业技术学院的邓毛程编写了第二章、第十章和第十二章的技能训练六、七;金华职业技术学院的陈宏金编写了第六章、第九章和第十二章的技能训练五;天津渤海职业技术学院的桑红源编写了第三章和第十二章的技能训练八、九;杨凌职业技术学院的郝乾坤编写了第七章、第八章和第十二章的技能训练十;杨凌职业技术学院的周博编写了第五章。夏未铭负责全书初稿调整修改、增补和统稿。

本书由西北农林科技大学的陈毓荃教授审定。

本书在编写过程中参阅了大量的书籍,并得到了各编者学校及有关专家、同仁的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者和同行专家提出宝贵意见。

编者

编著者名单

- 主 编** 夏未铭(杨凌职业技术学院)
- 副主编** 陈宏金(金华职业技术学院)
- 参 编** (按姓氏笔划排列)
- 邓毛程(广东轻工职业技术学院)
- 经建颖(洛阳大学)
- 周 博(杨凌职业技术学院)
- 郝乾坤(杨凌职业技术学院)
- 桑红源(天津渤海职业技术学院)
- 审 稿** 陈毓荃(西北农林科技大学)

目 录

绪论	1
一、生物化学研究的内容	1
二、生物化学的发展动态	2
三、生物化学与其他学科的关系	3
四、生物化学的应用和发展前景	5
五、学习生物化学的方法	6
思考题	6
第一章 蛋白质	7
教学目标	7
第一节 蛋白质概述	7
一、蛋白质是构成生物体的基本成分	7
二、蛋白质的生物学功能	7
三、氮平衡与蛋白质的营养价值	9
四、蛋白质的分类	10
第二节 蛋白质的组成	10
一、蛋白质的元素组成	10
二、蛋白质分子的基本结构单位——氨基酸	10
第三节 蛋白质的结构	15
一、肽键与肽键平面	15
二、肽、多肽链及活性多肽	16
三、蛋白质的一级结构	17
四、蛋白质的空间结构	18
五、蛋白质的结构与功能的关系	25
第四节 蛋白质的重要性质	27
一、蛋白质的两性解离和等电点	27
二、蛋白质的胶体性质	28
三、蛋白质的沉淀作用	28
四、蛋白质的变性与复性	30
五、蛋白质的颜色反应	31
六、蛋白质的紫外吸收性质	32

第五节 蛋白质的分离纯化与鉴定	32
一、蛋白质分离纯化的基本过程	33
二、蛋白质分离纯化的主要方法	34
三、蛋白质的分析鉴定	34
思考题	36
第二章 核酸	38
教学目标	38
第一节 核酸概述	38
一、核酸的分类	38
二、核酸的功能	38
三、核苷酸	39
第二节 核酸分子的组成	40
一、核酸的元素组成	40
二、核酸的分子组成	40
三、核苷酸衍生物	43
第三节 核酸的分子结构	44
一、磷酸二酯键与多核苷酸链	44
二、DNA 的分子结构	46
三、RNA 的分子结构	49
第四节 核酸的理化性质	52
一、核酸的一般性质	52
二、核酸的两性性质	53
三、核酸的紫外吸收性质	55
四、核酸的颜色反应	56
五、核酸的变性、复性和杂交	56
第五节 核酸的分离纯化与测定	58
一、核酸的提取	58
二、核酸的分离纯化	58
三、核酸的测定	59
思考题	59
第三章 酶	61
教学目标	61
第一节 酶的概述	62
一、酶与酶促反应	62
二、酶的化学本质和特性	62

三、酶的命名和分类	65
四、酶的应用	67
第二节 酶的分子组成与结构	70
一、酶的分子组成	70
二、酶的分子结构	72
第三节 酶作用的基本原理	74
一、酶能降低反应的活化能	74
二、中间产物学说	76
三、诱导契合学说	76
四、邻近效应与定向效应	77
五、共价催化	78
六、酸碱催化	79
第四节 影响酶促反应速度的因素	80
一、酶促反应速度的测定	80
二、酶浓度对酶作用的影响	80
三、底物浓度对酶作用的影响	81
四、pH 对酶作用的影响	83
五、温度对酶作用的影响	84
六、激活剂对酶作用的影响	85
七、抑制剂对酶作用的影响	85
第五节 重要的酶类	88
一、同工酶	88
二、诱导酶	89
三、变构酶	89
第六节 维生素与辅酶	91
一、维生素的概念和分类	91
二、B 族维生素与辅酶	92
三、其他维生素	97
第七节 酶分离纯化与活力测定	102
一、酶活力的测定	102
二、酶的活力单位	103
三、酶的分离纯化	104
思考题	105
第四章 脂类与生物膜	106
教学目标	106

第一节 生物体内的脂类	106
一、脂的分布与功能	106
二、脂的分类	107
第二节 生物膜	110
一、生物膜的组成与结构	110
二、生物膜的转运功能	112
三、生物膜与信息传递	115
第三节 激素	117
一、激素的类型	117
二、激素的特性与作用机制	118
思考题	120
第五章 生物氧化	121
教学目标	121
第一节 生物氧化概述	121
一、生物氧化的特点	121
二、生物氧化的方式	122
三、生物氧化的类型	123
四、生物氧化中 CO_2 的生成	123
五、生物氧化中水的生成	124
第二节 线粒体生物氧化体系	124
一、呼吸链的概念	124
二、呼吸链的组成	124
三、呼吸链各组分的作用机理	125
四、生物体内重要的呼吸链	127
第三节 生物氧化中能量的生成与转化	128
一、高能化合物	129
二、ATP 的生成方式	130
三、胞液中 NADH 的氧化	133
四、ATP 的转移和利用	134
第四节 非线粒体生物氧化体系	135
一、加氧酶催化的生物氧化	136
二、需氧脱氢酶催化的生物氧化	136
三、过氧化氢酶和过氧化物酶催化的生物氧化	136
四、超氧化物歧化酶催化的生物氧化	137
思考题	137

第六章 糖代谢	138
教学目标	138
第一节 糖的分解代谢	138
一、多糖的降解	138
二、糖的无氧分解	140
三、糖的有氧分解	145
四、磷酸戊糖途径	151
第二节 糖的合成代谢	154
一、糖异生作用	154
二、糖原的合成	157
三、淀粉的合成	159
思考题	160
第七章 脂类代谢	161
教学目标	161
第一节 概述	161
一、脂肪的消化与吸收	161
二、脂肪的贮藏与动员	161
三、血脂与血浆脂蛋白	162
第二节 脂肪的分解代谢	163
一、脂肪的降解	163
二、甘油的分解代谢	164
三、脂肪酸的分解代谢	164
四、乙醛酸循环	170
第三节 脂肪的合成代谢	170
一、 α -磷酸甘油的生物合成	171
二、脂肪酸的生物合成	171
三、脂肪的生物合成	175
第四节 类脂的代谢	175
一、磷脂的代谢	176
二、胆固醇的代谢	178
第五节 脂肪代谢的调节	179
一、不同组织器官中的脂肪转运与代谢调节	179
二、激素对脂类代谢的调节	180
三、脂肪酸的代谢调节	180
思考题	181

第八章 蛋白质与核酸的分解代谢	182
教学目标	182
第一节 蛋白质的降解	182
一、蛋白质水解.....	182
二、氨基酸代谢概况.....	183
第二节 氨基酸的分解代谢	184
一、氨基酸的一般分解途径.....	184
二、氨基酸分解产物的代谢.....	189
三、其他重要氨基酸的代谢.....	195
四、氨基酸的合成代谢特点.....	198
第三节 核酸的分解代谢	200
一、核酸的降解.....	200
二、核苷酸的分解代谢.....	201
三、核苷酸的合成代谢.....	203
思考题	206
第九章 遗传信息的传递与表达	207
教学目标	207
第一节 DNA 的生物合成	208
一、DNA 的半保留复制.....	208
二、参与 DNA 复制的酶.....	209
三、DNA 生物合成过程.....	209
四、真核生物的 DNA 复制.....	211
五、逆转录.....	211
六、DNA 的重组、损伤与修复.....	212
第二节 RNA 的生物合成	216
一、转录与转录条件.....	216
二、原核生物的转录过程.....	217
三、真核生物转录的特点.....	218
四、RNA 转录后的加工修饰.....	219
五、RNA 的复制.....	221
第三节 蛋白质的生物合成	221
一、RNA 在蛋白质生物合成中的作用.....	221
二、参与蛋白质生物合成的酶与其他因子.....	224
三、蛋白质生物合成过程.....	225
四、真核生物蛋白质的生物合成特点.....	231

五、翻译后的加工修饰和蛋白质定位	231
第四节 基因表达调控与生物工程技术	232
一、基因表达调控概述	232
二、转录水平调控特点	232
三、基因工程概述	233
四、蛋白质工程概述	235
思考题	236
第十章 物质代谢的相互关系与代谢的调节	237
教学目标	237
第一节 物质代谢的相互关系	237
一、糖代谢和脂代谢的相互关系	237
二、糖代谢和蛋白质代谢的相互关系	238
三、蛋白质代谢和脂代谢的相互关系	238
四、核酸代谢和糖、脂、蛋白质代谢的相互关系	238
第二节 物质代谢调节	239
一、物质代谢调节的概述	240
二、细胞水平的代谢调节	240
三、激素对物质代谢的调节	249
四、整体水平调节	249
思考题	250
第十一章 主要脏器生物化学	251
教学目标	251
第一节 血液生物化学	251
一、血浆蛋白	251
二、红细胞的代谢特点	253
三、血红蛋白的代谢特点	254
第二节 肝胆生物化学	256
一、肝脏的生物转化	256
二、生物转化的反应特点	259
三、胆汁酸的代谢特点	260
四、肝脏的排泄功能	260
思考题	261
第十二章 生物化学技能训练	262
技能训练一 蛋白质的颜色反应	262
技能训练二 蛋白质的沉淀反应	264

技能训练三	蛋白质等电点的测定·····	267
技能训练四	糖的还原作用·····	268
技能训练五	甲醛滴定法测定氨基酸含量·····	270
技能训练六	二苯胺法测定 DNA ·····	271
技能训练七	酵母 RNA 的制备 ·····	273
技能训练八	酶的特性实验·····	275
技能训练九	淀粉酶活力的测定·····	279
技能训练十	血清总脂的测定·····	282
参考文献	·····	285

绪 论

生物化学是生命的化学,是研究生物体的化学组成和化学变化的科学,即以生物体(包括人、动物、植物、微生物和病毒)为研究对象,运用化学的原理、方法研究物质的组成与结构、结构与功能的关系以及生物大分子物质在生命活动中的变化过程与变化规律,并从分子水平上阐明生命现象化学本质的科学。

一、生物化学研究的内容

生物化学大体可分为静态生物化学和动态生物化学。静态生物化学研究的是生物体的化学组成和分子结构以及结构与功能的关系;动态生物化学主要研究的是生物体内各物质的化学变化与能量转移规律以及生物信息传递的分子基础和调节控制等生命现象的化学本质。其具体内容如下。

1. 生物体的化学组成、分子结构及其与功能的关系

组成生物体的化学元素主要是 C、H、O、N、P、S 和 Ca、Mg、Na、K、Cl、Fe 等元素。这些元素构成各种有机化合物和无机化合物存在于体内。其中,蛋白质(酶)、核酸(DNA 和 RNA)、糖复合物和复合脂质等聚合物的相对分子质量较大,称为生物大分子。蛋白质是生命活动的物质基础,核酸是生命体遗传信息贮存、传递和个体生长发育的物质基础。生物大分子在体内不断地进行着有序的运转变换,执行其特定的生理功能,从而表现出各种生命现象。许多无机元素既是蛋白质和酶的重要组成部分,也参与代谢、调控和信息的传递等生命过程。

2. 新陈代谢

新陈代谢是生命的基本特征之一。广义的新陈代谢是机体与外界进行物质和能量的交换过程,即物质的消化、吸收—中间代谢—废物排泄过程;狭义的新陈代谢即中间代谢规律,即生物大分子在细胞中的分解、合成、转化和能量转移的过程和规律,这是生物化学研究的重点内容之一。机体的各种代谢活动是在一系列酶的作用下被调控着有条不紊地进行的。外界刺激通过体内神经、激素等作用于细胞,使酶活性改变来调节细胞内的物质代谢。细胞内存在的各种信号转导系统也调节着机体的生长、增殖、分化、衰老等生命过程。

3. 遗传信息的传递、表达及调控

生物体通过个体的繁衍,将其遗传信息传给后代使生命得以延续。核酸起着携带、传递遗传信息的作用;基因是遗传信息贮存与传递的载体,基因通过 DNA 的复制、转录和翻译将遗传信息传递给后代,使生命延续并多姿多彩。因

此,研究核酸的核苷酸序列及其功能,以及 DNA 复制、RNA 转录和蛋白质生物合成等遗传信息传递与表达的机制、调控规律等是生物化学极为重要的内容。这将为解开生命之谜奠定坚实的基础。

4. 生物化学技术

生物化学是实验科学,生物化学的一切成果均建立在严谨的科学实验基础之上。这些技术包括生物大分子的提取、分离、纯化与检测技术,生物大分子组成成分的序列分析和体外合成技术,物质代谢与信号转导的跟踪检测技术,以及基因重组、转基因、基因剔除、基因芯片等基因研究的相关技术等。生物化学技术不是单纯的化学技术,其中融入了生物学、物理学、免疫学、微生物学、药理学等知识与技术,作为其研究手段。这些技术的发展,以及新技术、新仪器的不断涌现,促进了生物化学的发展,同时也推动了其他学科的发展。

5. 组织器官生物化学

现代生物化学,特别是医药生物化学除了上述的内容外,还要在分子水平上阐明其体内重要组织器官的生物化学特点与其功能的关系,比如血液、肝脏、脑等组织细胞的生物化学特点等等。

二、生物化学的发展动态

认识生命现象,揭示生命本质,人类经历了漫长的历史过程,至今仍在不断地探索。

1. 18 世纪前的早期应用阶段

生物化学虽然是较为年轻的学科,但是人们在长期的生产实践中早就应用了生物化学的知识。如酿酒、制醋;用曲治疗消化道疾病;用海藻(含碘)治疗瘰病(甲状腺肿);用含维生素 B₁ 的草药治疗脚气病;用猪肝(含维生素 A)治疗雀目(夜盲症)等。

2. 18 ~ 20 世纪中期的独立发展阶段

近代生物化学的研究始于 18 世纪。18 世纪的主要发现是生物体的气体交换作用和对一些有机化合物(如甘油、柠檬酸、苹果酸、乳酸和尿酸等)的揭示。19 世纪的主要贡献是对人体化学组成的认识和某些代谢过程的发现。在这一时期人类揭示了蛋白质是生命的表现形式,并成功地结晶了血红蛋白,提纯了麦芽糖酶,发现了细胞色素,从无机物合成出尿素,从肝中分离出糖原并证明它可转化为血糖等。19 世纪末,酶独立催化作用的发现打开了通向现代生物化学的大门。

20 世纪生物化学取得了快速发展,确立了现代生物化学的基本框架。1903 年德国纽伯提出了“生物化学”一词,使生物化学成为一门独立的学科,促进了生物化学的发展,在随后的 50 年里(至 20 世纪 50 年代),许多生化物质被分离

纯化,许多代谢途径被阐明,例如,维生素、辅酶和激素的结构与功能,酶促反应动力学,糖代谢的各条反应途径,脂肪酸的 β -氧化分解,氨基酸的分解代谢与鸟氨酸循环,三羧酸循环,肺炎链球菌转化实验证明了DNA是遗传物质等均是这一时期的突出贡献。

3. 20世纪50年代至今的深入发展阶段

这一时期生物化学经历了基因时代—基因组时代—后基因组时代(蛋白质组学)。20世纪50年代以来,生物化学空前突飞猛进地发展,并进入了分子生物学时代,这一时期的主要标志和重大突破之一是1953年Watson和Crick的DNA双螺旋结构模型的建立,为进一步阐明遗传信息的贮存、传递和表达,揭开生命的奥秘奠定了结构基础。同年,Sanger完成了胰岛素一级结构的测定。从此开始了以核酸和蛋白质的结构与功能为研究焦点的分子生物学时代,全面地推动了生命科学的发展。这一时期人们提出了遗传信息传递的中心法则,破译了遗传密码,并发现了基因传递与表达的调控;核酸和蛋白质组成的序列分析技术飞速发展。20世纪60~70年代体外DNA重组技术建立,基因表达调控机制被发现,人工合成了牛胰岛素和酵母丙氨酸-tRNA。20世纪八九十年代核酶和抗体酶被发现,发明了PCR技术,并启动了人类基因组计划。随着人类基因组计划完成,人类又相继完成了水稻基因组计划、家蚕基因组计划……而且在此基础上,衍化出的转基因技术、基因剔除技术及基因芯片技术等更加开阔了人们对基因研究的视野,为人类破解生命之谜奠定了坚实的基础。继之而来的后基因组计划,将在更加贴近生命本质的更深层次上探讨与发现生命活动的规律,以及重要生理与病理现象的本质。这些庞大工程的完成,必将对生命的本质、生命的进化、遗传、变异,疾病的发病机制,疾病的预防、治疗,延缓衰老和新药的开发,以及整个生命科学产生深远的影响。

4. 生物化学研究的前沿热点

生物化学与分子生物学成为21世纪生命科学的带头学科与支柱。生物化学目前研究的前沿热点主要有以下几个方面:蛋白质三维结构与功能关系的研究,蛋白质折叠的研究,基因工程和蛋白质工程研究,蛋白质(酶)功能的研究,核酸的结构与功能的研究,基因信息的表达、传递、调控等的机理研究,生物大分子的合成和组装研究,细胞分裂和繁殖的生化进程及控制机理的研究等方面。

三、生物化学与其他学科的关系

生物化学是一门边缘学科,它研究的内容已渗透到生命学科各个领域。

1. 生物化学与生物工程技术的关系

生物工程包括细胞工程、基因工程、酶工程和蛋白质工程四个方面。它们之

间既有独立性又有相互关系,但都是以生物化学为基础科学。

(1) 生物化学是细胞工程的基础 细胞工程是利用细胞的全能性,采用组织与细胞培养技术对动物、植物进行修饰,为人类提供优良品种、产品和保存珍贵物种。细胞工程主要包括体细胞融合、核移植、细胞器摄取和染色体片段的重组等,以及利用细胞的培养生产人们所需的物质。而这些修饰、重组的基础就是生物化学。

(2) 生物化学是基因工程的基础 基因工程的核心技术是 DNA 的重组技术,也就是基因克隆技术。重组即利用供体生物的遗传物质,或人工合成的基因,经过体外或离体的限制酶切割后与适当的载体连接起来形成重组 DNA 分子,然后引入到一种新受体细胞或受体生物,该种生物就可以按人类事先设计好的蓝图表达另外一种生物的某种性状。基因工程技术的发展使生物技术在工农业与医药行业特别是生物制药业中发挥了重要的作用。1982 年重组胰岛素投放市场,随后生长激素、干扰素、红细胞生长素、乙肝疫苗和白细胞介素-2 等基因工程药物相继面市。

(3) 生物化学是酶工程的基础 酶的生产和应用的技术称为酶工程,即是通过人工操作获得人们所需要的酶,并利用酶催化的作用,在一定的生物反应器中,将相应的原料转化成所需要的产品。它是酶学理论与化工技术相结合而形成的一种新技术。酶工程技术正在使生物工程产业发生令人振奋的根本性变革。酶工程技术的发展促进了酶在工农业与生物制药业中的应用,目前已经有不少药物包括一些贵重药物都可由酶法生产,如青霉素酰化酶合成各种新型的 β -内酰胺抗生素,包括青霉素和头孢菌素等。

(4) 生物化学是蛋白质工程的基础 蛋白质工程是基因工程的深入和延伸,是以蛋白质分子结构及其功能为基础,通过基因修饰和基因合成,对现有蛋白质加以改造,并设计和构建功能比自然界现有蛋白质更优良、更符合人们需要的新型蛋白质。

生物化学与生物工程的关系非常密切,生物化学与分子生物学的发展支撑着生物技术的进步。

2. 生物化学是发酵工程的基础

发酵工程是用工程技术手段大规模培养微生物,生产人们所需要的各种产品,也叫微生物工程。工程设备和微生物菌种是构成发酵工程技术的基本要素,微生物代谢和代谢产物的分离提取是发酵工程的基本生产过程。如乙醇是酵母菌的代谢产物,氨基酸、酶、抗生素也都可以通过微生物发酵生产,发酵产物的提炼和分离也必须依赖生物化学知识以及微生物高产优质的菌株都与生物化学密切相关。学习生物化学知识,掌握微生物的代谢规律和代谢特点,可设计最佳的积累发酵产品的条件和分离纯化方法,更好地进行发酵生产。