

高等学校“十一五”规划教材



生物化学

SHENGWU
HUAXUE

常桂英 刘飞 主编
梁忠岩 主审



化学工业出版社

高等学校“十一五”规划教材

生 物 化 学

常桂英 刘 飞 主编
梁忠岩 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分四篇十六章。第一篇为静态生物化学,包括蛋白质化学、核酸化学、糖化学、脂类化学及酶与维生素五章;第二篇为动态生物化学,包括生物氧化、糖代谢、脂代谢、蛋白质的酶促降解与氨基酸代谢、核酸的降解与核苷酸代谢五章;第三篇为分子生物化学,包括DNA的生物合成、RNA的生物合成、蛋白质的生物合成及物质代谢的相互关系及代谢调控;第四篇为特殊生物化学,包括血液与肝脏生物化学、乳和蛋的生物化学。

本书可作为生物类(生物科学、生物技术、生物工程等)、农学类(农学、园艺、兽医、畜牧等)和医学类(中药、动医、动植物检疫等)、食品类(食品工程、食品科学等)的本科生教材,也可作为其他学科本科生学习生物化学课程的选修或辅修教材及参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/常桂英,刘飞主编. —北京:化学工业出版社,2010.8
高等学校“十一五”规划教材
ISBN 978-7-122-08854-3

I. 生… II. ①常…②刘… III. 生物化学-高等学校-教材 IV. Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第112717号

责任编辑:旷英姿
责任校对:周梦华

文字编辑:周 侗
装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张19¼ 字数497千字 2010年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:34.50元

版权所有 违者必究

前 言

生物化学是高等学校生物类、农学类、医学类、食品类等相关专业的专业基础课，该课程以蛋白质、核酸、糖类、脂类四大物质的组成、结构、性质、代谢转化、信息传递等生命活动过程中的化学变化规律及其相关知识等为基本内容。

本书分四篇共十六章，第一篇为静态生物化学，包括蛋白质化学、核酸化学、糖类化学、脂类化学及酶与维生素五章；第二篇为动态生物化学，包括生物氧化、糖代谢、脂类物质的代谢、蛋白质的酶促降解与氨基酸代谢、核酸的酶促降解与核苷酸代谢五章；第三篇为分子生物化学，包括DNA的生物合成、RNA的生物合成、蛋白质的生物合成及物质代谢的相互关系及调节控制；第四篇为组织、器官生物化学，包括血液与肝脏生物化学、蛋和乳的生物化学。

全书由长期从事生物化学教学与科学研究的中青年骨干教师编写完成。具体编写分工是：绪论、第三章由湖南工业大学刘飞编写；第一章由湖南科技大学孙远东编写；第二章由南华大学曹运长编写；第四、第八、第九章由吉林农业科技学院李玉杰编写；第五、十五章由吉林农业科技学院邢力编写；第六、第七、第十、第十四章由吉林农业科技学院常桂英编写；第十一~十三章由吉林农业科技学院叶飞编写；第十六章由吉林农业科技学院金艳梅编写；附录部分由吉林市畜牧局王经纬编写。本书由常桂英、刘飞主编，梁忠岩主审，常桂英负责全书的统稿。

本教材在编写过程中力求做到“注重基础、突出重点、便于学习”。“注重基础”就是保证生物化学基础知识的完整性；“突出重点”就是突出蛋白质、核酸、酶的结构、性质、分离纯化的核心地位，并为后续章节奠定基础；“便于学习”就是根据教学规律与学生的认知规律，章前设有内容概要与学习指导，章后设有知识框架，在章节安排上由浅入深，以便于学生理解和掌握生物化学的原理和知识体系。

本书可作为生物类（生物科学、生物技术、生物工程等）、农学类（农学、园艺、兽医、畜牧等）和医学类（中药、动医、动植物检疫等）、食品类（食品工程、食品科学等）的本科生教材，也可作为其他学科本科生学习生物化学课程的选修或辅修教材及参考书。本书在编写过程中得到相关院校领导、化学工业出版社的支持与帮助，在此一并表示感谢！但由于编者学识水平有限，对某些知识点的理解不够深刻，在内容取舍上也有不尽如人意的地方，恳请读者批评指正。

编者

2010年3月

目 录

绪论	1
一、生物化学的涵义	1
二、生物化学的形成和发展	1
三、本课程的内容组成	2
四、学习生物化学应注意的几个问题	3

第一篇 静态生物化学

第一章 蛋白质化学	5
第一节 蛋白质构件——氨基酸	6
一、氨基酸的结构	6
二、氨基酸的分类	7
三、氨基酸的理化性质	10
四、氨基酸分析	16
五、氨基酸的功能	18
六、氨基酸的制备	18
第二节 肽	19
一、肽和肽键的结构	19
二、肽键的特点	20
三、肽的理化性质	21
四、天然活性肽	21
第三节 蛋白质结构与功能	21
一、蛋白质分类	22
二、蛋白质结构的组织层次	22
三、蛋白质的一级结构	23
四、蛋白质的二级结构	28
五、超二级结构和结构域	31
六、三级结构	32
七、四级结构	34
八、蛋白质的结构与功能	35
第四节 蛋白质的性质与分离纯化	36
一、蛋白质的性质	36
二、蛋白质的分离、纯化	39
三、蛋白质的鉴定	44
第五节 肌红蛋白与血红蛋白	46
第二章 核酸化学	50
第一节 核酸分子的化学组成	51
一、核酸的元素组成	51
二、核酸分子的基本结构单位——核苷酸	51

三、核苷酸的衍生物	53
四、核苷酸的连接方式	53
第二节 核酸的分子结构	54
一、DNA 的分子结构	54
二、RNA 的分子结构	56
第三节 核酸的理化性质及其应用	60
一、核酸的一般性质	60
二、核酸的紫外吸收性质	61
三、核酸的变性、复性和分子杂交	61
第四节 核酸的分离、纯化与鉴定	62
一、DNA 的分离	63
二、RNA 的分离	63
三、核酸的鉴定	63
第三章 糖类化学	67
第一节 概述	67
一、糖的定义	67
二、糖的命名与种类	67
三、糖类的生物学功能	68
第二节 单糖的结构	68
一、有关旋光异构的几个概念	68
二、单糖的链式结构	70
三、单糖的环状结构	71
四、单糖的构象	72
第三节 单糖的性质	73
一、单糖的物理性质	73
二、单糖的化学性质	74
第四节 重要的单糖和单糖衍生物	78
第五节 寡糖	81
一、常见的二糖	81
二、常见的三糖	82
三、环糊精	83
第六节 多糖	83
一、同多糖	84
二、杂多糖	87
第七节 糖复合物	89
一、糖蛋白及其糖链	89
二、蛋白聚糖	90
三、糖脂	91
第四章 脂类化学	94
第一节 概述	94
一、脂类的生物功能	94
二、脂类分类	95
第二节 单脂	95

一、脂肪	95
二、蜡	98
第三节 复脂	98
一、磷脂	99
二、糖脂	101
第四节 类脂	102
一、萜类	102
二、固醇类	102
第五章 酶与维生素	104
第一节 概述	104
一、酶的概念及化学本质	104
二、酶催化作用的特点	105
三、酶的分类和命名	105
四、酶活力的测定	106
第二节 酶的化学结构	107
一、酶的化学组成	107
二、酶的辅助因子	107
第三节 维生素与辅酶	108
一、维生素 B ₁ 和羧化辅酶	108
二、维生素 B ₂ 和黄素辅酶	109
三、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II	110
四、维生素 B ₆	111
五、泛酸和辅酶 A	111
六、叶酸和四氢叶酸	112
七、维生素 B ₁₂ 和辅酶 B ₁₂	113
八、生物素	113
第四节 酶结构与功能的关系	114
一、酶活性中心和必需基团	114
二、酶原的激活	114
三、同工酶	115
四、调节酶	116
五、单体酶、寡聚酶、多酶复合体	117
第五节 酶的作用机理	117
一、酶催化作用与分子活化能	117
二、中间产物学说	117
三、诱导契合学说	118
四、酶具有高催化效率的因素	118
第六节 影响酶促反应速率的因素	119
一、底物浓度对酶作用的影响	119
二、酶浓度对酶作用的影响	121
三、温度对酶作用的影响	121
四、pH 对酶作用的影响	121
五、激活剂对酶作用的影响	122

六、抑制剂对酶作用的影响	122
--------------------	-----

第二篇 动态生物化学

第六章 生物氧化	127
第一节 生物氧化概述	128
一、生物氧化的概念	128
二、生物氧化的特点	128
三、生物氧化反应的基本类型	128
四、生物体内能量代谢的基本规律	129
五、高能化合物与 ATP	131
第二节 生物氧化体系——呼吸链	133
一、呼吸链	133
二、呼吸链的组成	133
三、具有电子传递活性的内膜复合物	136
四、呼吸链中传递体的排列顺序	137
五、呼吸链中电子传递抑制剂	137
第三节 氧化磷酸化作用	138
一、ATP 的生成方式	138
二、氧化磷酸化的作用机理	140
三、氧化磷酸化的解偶联剂与抑制剂	141
四、线粒体的穿梭系统	143
第七章 糖代谢	146
第一节 糖的酶促降解	146
一、淀粉或糖原的酶促水解	147
二、糖原的酶促磷酸解	147
第二节 葡萄糖的分解代谢	148
一、糖的无氧酵解	148
二、糖的有氧分解	153
三、磷酸戊糖途径	159
第三节 糖的合成代谢	162
一、葡萄糖的合成——糖异生作用	163
二、蔗糖的合成	165
三、多糖的合成	166
四、糖原合成与分解的调节	167
第八章 脂类物质的代谢	173
第一节 脂类的贮存、动员和运输	173
第二节 脂肪的分解代谢	174
一、脂肪的酶促水解	174
二、甘油的分解	174
三、脂肪酸的分解	175
四、不饱和脂肪酸的分解	179
五、奇数碳脂肪酸的分解	179
六、乙醛酸循环	179

第三节 脂肪的合成代谢	181
一、磷酸甘油的生物合成	181
二、脂肪酸的生物合成	181
三、脂肪的合成	184
第四节 磷脂、胆固醇的代谢	184
一、甘油磷脂的降解与合成	184
二、胆固醇的生物合成及转化	186
第九章 蛋白质的酶促降解与氨基酸代谢	190
第一节 蛋白质的酶促降解	191
一、食物蛋白质的酶促水解	191
二、细胞内蛋白质的酶促降解	191
第二节 氨基酸的分解代谢	192
一、脱氨基作用	192
二、脱羧基作用	195
三、氨基酸分解产物的转化	196
四、个别氨基酸的分解代谢	200
第三节 氨基酸合成代谢	204
第十章 核酸的酶促降解与核苷酸代谢	208
第一节 核酸的酶促降解与核苷酸的水解	209
一、核酸的酶促降解	209
二、核苷酸的水解	209
第二节 嘌呤和嘧啶的分解代谢	209
一、嘌呤的分解代谢	209
二、嘧啶的分解代谢	210
第三节 核苷酸的生物合成	212
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	212
二、嘧啶核苷酸的合成途径	217
三、核苷酸从头合成的抗代谢物	219
四、脱氧核糖核苷酸的生物合成	221
五、胸苷酸的生成	221
六、单核苷酸转变成核苷三磷酸	221

第三篇 分子生物化学

第十一章 DNA 的生物合成	224
第一节 DNA 的半保留复制	225
一、复制的机理	225
二、复制起点、方向和速度	226
三、复制的主要方式	226
第二节 参与 DNA 复制的酶和蛋白质	228
一、DNA 聚合酶	228
二、其他酶与蛋白质	229
第三节 原核生物 DNA 复制过程	230
一、复制的起始	230

二、DNA 链的延伸	231
三、DNA 复制的终止	232
第四节 真核生物 DNA 复制过程	232
一、真核生物与原核生物 DNA 复制的区别	232
二、端粒的复制	232
三、DNA 复制的保守性	233
第四节 逆转录	234
第五节 基因突变和 DNA 的损伤修复	235
一、基因突变	235
二、DNA 的损伤修复	235
第十二章 RNA 的生物合成	238
第一节 DNA 指导的 RNA 的合成	239
一、RNA 聚合酶	239
二、RNA 的合成过程	240
三、转录后加工	242
第二节 RNA 的复制	244
一、Q β 噬菌体 RNA 的复制	244
二、病毒 RNA 复制的主要方式	244
第十三章 蛋白质的生物合成	246
第一节 蛋白质合成体系的重要组分	246
一、mRNA 与遗传密码	246
二、tRNA 与运载工具	249
三、rRNA 与蛋白质合成场所	250
第二节 蛋白质合成的过程	250
一、原核生物蛋白质合成的过程	250
二、真核生物蛋白质的合成过程	255
三、肽链合成后的加工	255
四、蛋白质的折叠	256
五、蛋白质运转机制	256
第十四章 物质代谢的相互联系及调节控制	258
第一节 物质代谢的相互联系	258
一、糖代谢和脂代谢的相互关系	259
二、糖代谢和蛋白质代谢的相互关系	259
三、脂代谢和蛋白质代谢的相互关系	260
四、核酸与其他物质的代谢关系	260
第二节 代谢调节	261
一、细胞水平的调节	262
二、激素水平的调节	269
三、整体水平的调节	269

第四篇 组织、器官生物化学

第十五章 血液与肝脏生物化学	271
第一节 血液生物化学	271

一、血液中的主要化学成分	272
二、血浆蛋白质	272
三、红细胞的代谢	274
四、血红蛋白	276
第二节 肝脏生物化学	278
一、肝脏的结构特点	278
二、肝脏在物质代谢中的作用	278
三、肝脏的生物转化作用	279
四、肝脏的分泌排泄作用	281
第十六章 蛋和乳的生物化学	283
第一节 蛋的生物化学	283
一、蛋的结构	283
二、蛋的化学组成	284
三、蛋成分的形成	286
第二节 乳的生物化学	287
一、乳的化学成分	287
二、乳成分的形成	288
附录 常用生化名词缩写	292
参考文献	296

绪 论

一、生物化学的涵义

生物化学是关于生命的化学，或者说是关于生命的化学本质的科学。它是以研究生物体的化学组成，生物物质的结构和功能，生命过程中物质变化和能量变化的规律，以及一切生命现象（如生长、发育、运动、呼吸、遗传、变异、衰老、生命起源等）的生物化学原理为基本内容的科学。

生物化学涉及的范围很广，学科分支越来越多。根据所研究的生物对象不同，可分为动物生化、植物生化、微生物生化、昆虫生化、临床生化等。随着生化向纵深发展，学科本身的各个组成部分常常被作为独立的分科，如蛋白质生化、糖的生化、核酸、酶学、能量代谢、代谢调控等。现代科学中非常引人注目的分子生物学，可视为以研究生物大分子的结构与功能为主要内容的现代生物化学的前沿学科。

生物化学既是由多学科共同孕育形成并发展起来的边缘学科，又是生物及医学、农学、环保等学科必不可少的基础学科；既是在理论和技术方面都有很大影响的带头学科，又是涉及面很广的应用学科。无论就其在自然科学中的地位来看，还是从其在国民经济建设中的作用来看，都是十分重要的一门科学。正如 1953 年 Watson 和 Crick 提出 DNA 分子双螺旋结构模型，对生物学、遗传学、医学、农学，从理论到实践所产生的深刻影响那样，生物化学研究成果的意义远远超出对生命本身的认识。

二、生物化学的形成和发展

生物化学是一门新兴学科，是 20 世纪早期在有机化学、生物学、医学、农学等学科的基础上形成的一门边缘学科。早在史前，人类就已经在生产、生活和医疗等方面积累了许多与生化有关的实践经验。如在公元前 22 世纪就用谷物酿酒；公元前 12 世纪就会制酱、制饴糖。公元前 7 世纪，我国中医医生就用车前子、杏仁等中草药治疗脚气病，用猪肝治疗夜盲（雀目）症等。然而，人们对生命的化学本质的认识却很晚，直到 18 世纪中后期才有所发现。

19 世纪末以前是静态生物化学阶段。这是生物化学发展的萌芽阶段，其主要的工作是分析和研究生物体的组成成分。18 世纪 70 年代，Schcele 从动、植物材料中分离出甘油及柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸等有机物。18 世纪 80 年代，Lavoisier 发现动物吸入 O_2 ，呼出 CO_2 ，证明了呼吸作用就是氧化作用，他还证明了酒精发酵本质上是一系列的化学反应过程。19 世纪，对生命现象开展了比较广泛的研究，对生命的化学本质的认识有了许多重大进展，为生物化学学科的形成奠定了基础。1810 年，Gay-Lussac 推导出了酒精发酵的反应式；1833 年，Payen 分离出麦芽淀粉酶。19 世纪 50 年代，Pasteur 证明了酒精发酵是微生物引起的，排除了发酵自生论。19 世纪 60 年代，德国生理化学家 Hoppe-Seyler 得到了蛋白质结晶——血红蛋白；Mendel 发表了豌豆杂交试验；Miescher 发现核酸等。此后，Fischer 等人对酶的催化作用机理进行了早期的研究。

1877 年，Hoppe-Seyler 首次提出“Biochemie”（“生物化学”），并创办了《生理化学》杂志。从此，随着生产和研究工作的发展，以及教学工作的需要，生物化学的有关内容才从有机化学、生理学、医学等学科中独立出来，逐渐形成了现在这样一门以生物功能为轴心的理论体系独特的边缘学科。

20 世纪上半叶是动态生物化学阶段。这一时期是生物化学蓬勃发展的时期，人们基本上弄清了生物体内各种主要化学物质的代谢途径。早期的发酵和医学研究对生化的发展，无论是在生化的早期，还是在现代生化研究中，都是重要的动力。特别是在 1897 年，Buchner 兄弟利用无细胞酵母汁液发酵蔗糖产生酒精的研究将酶学和代谢等现代生化研究引入了一个快速发展的新时期，是生化发展早期的一个重要里程碑。脂肪酸氧化降解途径、糖酵解途径、三羧酸循环途径的基本化学过程都在 20 世纪 30 年代提出来了。1926 年，Sumner 获得脲酶结晶，证明了酶的化学本质是蛋白质；其后，蛋白质分子结构和功能的研究成了热点。

20 世纪 50 年代进入分子生物学时期。这一阶段的主要研究工作就是探讨各种生物大分子的结构与其功能之间的关系。1955 年，由 Sanger 首次完成了牛胰岛素分子的一级结构分析。10 年之后的 1965 年，由我国生物化学家率先完成了结晶牛胰岛素分子的人工合成，为推动核酸、蛋白质等生物大分子的人工合成做出了重大贡献。同一历史时期，关于蛋白质分子空间构象与功能的研究、核酸大分子结构与功能的研究、生物膜的结构与功能的研究，以及生物氧化、电子传递链、辅酶、激素等方面都有突破性的研究成果。1965 年 Monod 提出的蛋白质变构学说，对酶学和代谢调节的研究产生了积极的影响。由于放射性同位素标记追踪实验用于代谢研究，以及酶抑制剂的使用和微量分析技术的进步，在 20 世纪 50 年代关于氨基酸、嘌呤、嘧啶、脂肪酸、萜类化合物等许多物质的生物合成和酶促降解途径被阐明了。

自 1944 年 Avery 用肺炎球菌转化实验证明了核酸是遗传的物质基础之后，1953 年 Watson 和 Crick 提出了 DNA 双螺旋结构模型，奠定了分子遗传学的理论基础。1967 年，Weiss 发现了 T4 噬菌体 DNA 连接酶，R. Yuan 发现了 DNA 限制性内切酶，这些发现为研究核酸大分子结构和功能找到了自由切割和重组的工具。在此基础上，1977 年 Sanger 完成了由 5375 个核苷酸组成的 Φ X174DNA 一级结构分析。这些成果和方法，以及原核细胞代谢调控机理的研究成果为进行遗传物质结构和功能的研究，为基因分离、体外重组和体内表达创造了条件。进入 20 世纪 80 年代世界新的工业革命浪潮以来，各国政府对生物技术和新材料都倍加重视，分子生物学研究成了最受青睐的学术领域之一，酶工程、遗传工程、细胞工程、生物工程都得到了迅速发展。其中，DNA 重组技术已成为当代最突出的科学成就之一。通过重组技术，可将亲缘关系很远的外来基因引入细胞，从而实现了定向改造微生物的 DNA 分子，创造出具有新的遗传性状的新物种。生化研究把人们认识自然、改造自然的能力发展到了一个新阶段。

1990 年，人类基因组计划（将人体 23 对染色体全部 DNA 的核苷酸序列测出来）正式启动，到 2000 年 6 月，人类基因组序列草图提前完成。这是人类生命科学历史上的一个重大里程碑，它揭示了人类遗传学图谱的基本特点，将为人类的健康和疾病研究带来根本性的变革。

三、本课程的内容组成

本教材属于普通生化的范畴，其内容以介绍生物界普遍存在的化学物质和共同遵循的基本代谢规律为主。课程内容主要由四部分组成。

1. 生物体的化学组成

生物机体的化学组成非常复杂，从无机物到有机物，从小分子到各种生物大分子，应有尽有。除了各种无机盐和水之外，大多数生物物质是由下面 30 种小分子前体物质构成的。有人将这 30 种前体物质称为生物化学的字母表。

(1) 20 种氨基酸 氨基酸是组成所有蛋白质分子的单体，也参与许多其他结构物质和活性物质的组成。

(2) 5种芳香族碱基 2种嘌呤(腺嘌呤和鸟嘌呤)和3种嘧啶(胞嘧啶、尿嘧啶、胸腺嘧啶)分别参加核苷酸的组成。核苷酸是DNA和RNA分子的前体,也是核苷酸类辅酶和高能磷酸化合物ATP等三磷酸核苷酸的前体。

(3) 2种糖 D-葡萄糖是植物光合作用的主要产物,也是多糖化合物的主要单体分子。D-核糖是核苷酸的组成成分。

(4) 脂肪酸、甘油和胆碱 它们是脂肪和类脂的组成成分。类脂中,磷脂分子是组建生物膜双层脂质的基本物质。

由以上单体分子或它们的衍生物为基本成分组成的糖类、脂类、蛋白质、核酸以及对代谢起催化和调节作用的酶、维生素和激素,通常被称为生物化学中的四大基本物质和三大活性物质。研究这些生物物质的结构、性质和功能的内容,在生物化学教材中,称为静态生物化学。书中的第一章至第五章属静态生物化学的内容。

2. 代谢的研究

新陈代谢是生命的基本特征。在生化中,关于代谢的内容称为动态生物化学。物质代谢是生物体与外界的物质交换过程,是活细胞进行的复杂的系列酶促反应过程,其基本过程主要包括三大步骤:消化、吸收→中间代谢→排泄。其中,中间代谢过程是在细胞内进行的,是最为复杂的化学变化过程,它包括合成代谢、分解代谢、物质互变、代谢调控、能量代谢几方面的内容。合成代谢是生物体利用外来营养物质转化为自身有机物质的过程;分解代谢则是生物机体中原有的有机物质分解并转化为环境中物质的过程。代谢过程的化学反应可分为氧化还原反应、基团转移反应、水解反应、裂解反应、异构反应和合成反应。动态生物化学以代谢途径为中心,研究物质在细胞内的变化规律及其伴随发生的能量变化。书中第六章至第十章属代谢方面的内容。

3. 遗传的分子基础及代谢调节

生物性状之所以能代代相传,是靠核酸和蛋白质作为物质基础。DNA是遗传信息的载体,通过DNA分子半保留复制,将遗传信息传递给子代细胞,再通过蛋白质生物合成,将生物的遗传性状表达出来。生物体内的化学变化,就反应性质的复杂性、产品的多样性和生产组织调控的严密性来说,是任何现代化大工厂所不能比拟的。从20世纪60年代以来,现代生化研究正在逐渐揭示生物体代谢调节机制的秘密,所取得的成果已经对遗传育种和生物工程产业产生巨大影响。细胞内存在多条信号转导途径,而这些途径之间通过一定的方式相互交织在一起,从而构成了非常复杂的信号转导网络,调控细胞的代谢、生理活动及生长分化。代谢调控理论是新型发酵生产的主要理论依据,在抗生素、氨基酸、核苷酸、酶制剂、单细胞蛋白等新型发酵领域,若没有代谢调控理论的指导,则难以实现生产目标。第十一章至第十四章介绍这方面的基本知识。

4. 组织器官的生物化学

由于肝脏、血液、蛋及乳的生物化学有其特殊性和局部性,不能纳入前三部分教材内容,为了各专业学生学习的需要,本书第十五章和第十六章对肝脏、血液、蛋及乳的化学组成、代谢变化进行了扼要介绍,任课教师可根据不同专业学生的需要进行讲解或给学生做补充读物。

四、学习生物化学应注意的几个问题

1. 建立起以生物功能为轴线的思维体系

因为生物化学的理论体系是以生物功能为轴线建立起来的,不同于无机化学以元素周期系为基础的理论体系,也不同于有机化学以官能团为基础的理论体系。从静态生化到动态生化都贯穿着生物功能这根轴线。静态生化中有些生化物质的概念就与有机化学的不同。关于

分子结构与生物功能的关系更是生化重点讨论的内容，例如，维生素类化合物有 30 多种，它们的化学结构相差很大，可分别属于有机化学的醇、酸、酚、醌、醛、胺、苷等化合物。因为它们在体内都有调节代谢、维持生命的作用，故同归为一类，叫做维生素。生物化学中的脂类化合物，是泛指生物合成并能被生物体利用的所有溶于有机溶剂的化合物。其成员复杂，远远超出了有机化学中酯类的范围，却又不能包括有机化学中所有的酯类化合物。酶是蛋白质，却又从蛋白质化学中独立出来，以突出研究其结构、功能和作用机理。至于各种物质在细胞中的代谢变化，都有其特定的生物功能。学习研究反应过程和代谢变化规律，要理解正常代谢与生命现象的关系，还要理解正常或非正常代谢与发酵生产的关系。

2. 注意学习技巧

生物化学内容虽有静态和动态之分，但编排次序并没有固定的格式，无论怎样编排，前后内容都是平等的，但又互相联系，互相依存。前面的内容常常需要学到后面才能深入理解，学习后面的内容又离不开前面的知识。因此，学习方法上需要前挂后联，温故知新。随学随消化，则越学越容易，否则，越学困难越大。经常复习，总结归纳，是很重要的方法。复习时要由纲到目，先粗后细；否则，会觉得内容多，零乱无序，没有系统。

3. 要充分利用实验课的机会

加深对生化理论知识的理解，学习实验研究方法，提高分析问题、解决问题和动手的能力。

第一篇 静态生物化学

第一章 蛋白质化学



内容概要与学习指导——蛋白质化学

本章从蛋白质的组成、结构、性质、功能及分离纯化等方面较全面地介绍了蛋白质化学的基础知识。重点阐述了氨基酸、肽、蛋白质的结构、性质及功能之间的相互关系。

L- α -氨基酸是构成蛋白质的基本结构单位，氨基酸之间通过肽键连接成多肽链。一条或几条多肽链进一步盘绕、折叠就形成了蛋白质。

蛋白质结构层次分为一级结构、二级结构、超二级结构、结构域、三级结构和四级结构，其中二级至四级结构统称为空间结构，又称构象。一级结构是蛋白质结构层次的基础，一级结构决定高级结构。多肽、蛋白质的空间结构与其功能密切相关，大分子蛋白质完成生物学功能是由构象决定的，所以同功能蛋白质具有相似的构象。高温、强酸、强碱等理化因素会破坏蛋白质的构象，并导致生物活性丧失，称为变性。寡聚蛋白质能通过变构改变其生物学功能，称为变构效应。

除氨基酸和蛋白质均具有两性性质外，氨基酸与茚三酮反应用于氨基酸鉴定，氨基酸与 PITC、DNFB 等反应用于肽键或蛋白质 N 末端的测定；蛋白质也因其表面电荷及水化膜而具有胶体的特性，当环境因素破坏了蛋白质的胶体性质后，蛋白质就会从溶液中沉淀下来，根据不同需要选用不同的方法，可以从生物材料中分离提取蛋白质。

学习本章时应以组成—结构—性质—分离—功能为主线，并注意：

- ① 氨基酸是一种取代的酸，因此学习时应联系有机酸的结构；
- ② 各种物质的性质取决于结构，学习氨基酸、蛋白质的性质应与各自的结构联系起来，而且性质是分离纯化的依据；
- ③ 氨基酸、蛋白质的分离提取要与实际工作中的应用相联系。

蛋白质的英文名称为 protein，源自希腊文 $\pi\rho\omicron\tau\omicron$ ，是“最原始的”、“第一重要的”意思。蛋白质在生物体内分布极广，构成生物体的器官、组织，细胞的各个部分都含有蛋白质，蛋白质是重要的结构分子和功能分子，几乎所有的生命现象和生物功能都是蛋白质作用的结果。蛋白质也是细胞内含量最丰富的有机分子，占人体干重的 45%，某些组织含量更高，例如脾、肺及横纹肌等高达 80%。

蛋白质是由多个氨基酸通过肽键连接而成的多聚物，在细胞内形成不同的结构层次，一般包括一级结构、二级结构、三级结构和四级结构。结构决定功能，蛋白质具有多种生物学功能，比如催化、调节、转运、贮藏以及骨架支持等作用。

蛋白质的任何一项功能都与其特定的结构，特别是三维结构密不可分。研究蛋白质结构与功能的关系是当今蛋白质组学 (proteomics) 最重要的内容之一，而根据一级结构的信息预测一种多肽或蛋白质的高级结构，并进而对其功能进行预测一直是科学家的梦想。

本章将较全面地介绍蛋白质化学的基础知识。重点阐述了氨基酸、肽和蛋白质的结构、性质和功能间的依附关系，对个别重要蛋白质的化学以及蛋白质的分离、纯化和鉴定也做了相关介绍。

第一节 蛋白质构件——氨基酸

氨基酸是蛋白质的基本结构单位。大多数蛋白质是由 20 种氨基酸以不同的比例组成的。另外，许多特殊的蛋白质还含有一些由 20 种基本氨基酸形成多肽骨架结构后衍生而来的 L- α -氨基酸，这些“非编码”氨基酸在相应的蛋白质中所发挥的十分特殊的功能是一个值得探讨的问题，这些氨基酸也增加了多肽链的生物多样性。

一、氨基酸的结构

从蛋白质水解产物中分离出来的常见氨基酸只有 20 种。除脯氨酸外，这些氨基酸在结构上的共同点是与羧基相邻的 α -碳原子 (C_α) 上都有一个氨基，因此称为 α -氨基酸。连接在 α -碳上的还有一个氢原子和一个可变的侧链（称为 R 基），各种氨基酸的区别就在于 R 基的不同。 α -氨基酸的结构通式见图 1-1。

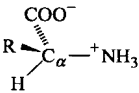


图 1-1 α -氨基酸的结构通式

在生物化学中，具有 4 个不同取代基团的四面体碳原子被称为手性中心，也称为不对称碳原子 (asymmetric carbon) 或手性碳原子，常用 C^* 表示。由于手性中心的存在，绕手性中心的取代基团以特定的顺序排列，这样形成的立体异构体称为旋光异构体或光学异构体 (optical isomer)，旋光异构体一般都具有旋光性。旋光性是指旋光物质引起平面偏振光的偏振面发生旋转的能力（旋转角度的大小和方向）。

氨基酸分为 D-型和 L-型，除甘氨酸无不对称碳原子因而无 D-型及 L-型之分外，其余氨基酸都有 D-及 L-两种异构体。

氨基酸的 D-型或 L-型是以 L-甘油醛（图 1-2）或 L-乳酸为参考的。凡 α -C 位的构型与 L-甘油醛（或 L-乳酸）相同的氨基酸皆为 L-型氨基酸；凡 α -C 位的构型与 D-甘油醛（或 D-乳酸）相同的氨基酸皆为 D-型氨基酸。

D-或 L-只表示氨基酸在构型上与 D-或 L-甘油醛类似，并不表示氨基酸的旋光性。表示旋光性则与糖类相似，须以 (+) 或 (-) 表示。

氨基酸通式中，只有 α 位上有一个氨基。个别氨基酸，例如赖氨酸有两个氨基，一个在 α 位，一个在 ϵ 位；还有一个一般被列入氨基酸而实际只含亚氨基的脯氨酸。

形成氨基酸的酸，一般为直链一羧酸，亦有二羧酸。个别氨基酸含有环状结构或其他基团，如胍基、咪唑基、吲哚基或巯基 (—SH) 等。

已知天然蛋白质中的氨基酸都属 L-型，所以日常书写或称呼时，“L-” 这个符号常常被省略。D-型和 L-型氨基酸在分子式、熔点和溶解度等性质上虽然没有区别，但在生理功能上不同。L-型氨基酸是生物生长所必需的，而相应的 D-型氨基酸一般不能为生物所利用，甚至能抑制某些生物的生长。例如乳酸菌在含 L-亮氨酸的培养基上可以生长，当给以 D-亮氨酸时，乳酸菌不仅不能利用，相反生长受到抑制，并随着培养基中 D-亮氨酸浓度的增加

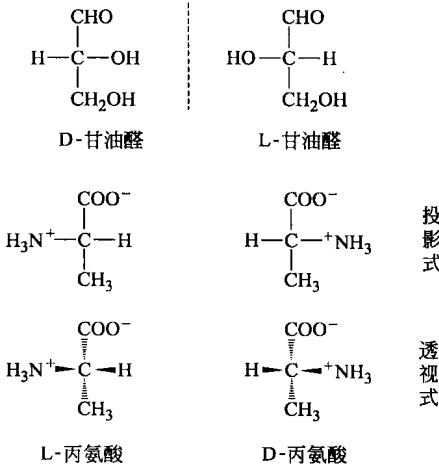


图 1-2 甘油醛与丙氨酸的构型示意图