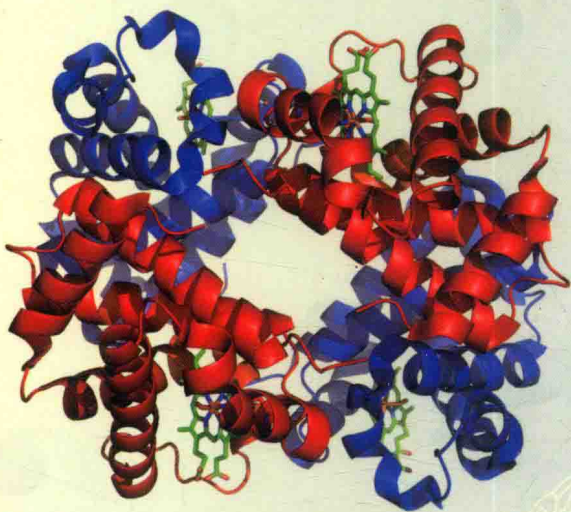




“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



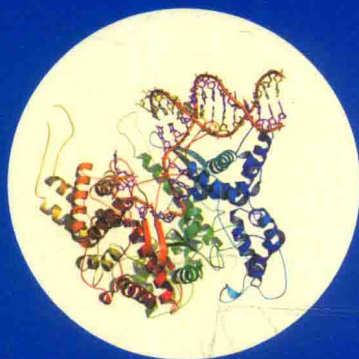
BIOCHEMISTRY

| 生命科学经典教材系列 |

生物化学

(第二版)

王冬梅 吕淑霞◎主编



科学出版社

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



生物化学

(第二版)

王冬梅 吕淑霞 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材，共分为三大部分：第一部分是绪论，主要介绍了生物化学的研究内容，生物化学的发展历史及我国劳动人民和科学家在该领域的贡献，生物化学与其他学科间的关系及生物化学知识在工业、农业、医药业等领域的应用。第二部分是组成生命的物质基础，主要包括蛋白质、核酸、酶和生物膜的结构、性质和功能的介绍。第三部分是生命的物质代谢，包括代谢导论，生命物质的合成与分解以及代谢调节。每章章前有学习要点，章后有思考题，书后列有参考文献。另外，为提高学生的学习兴趣、扩大学生的知识面，书中以知识窗的形式对生物化学的新成果与新进展加以简要介绍。

本书可作为生命科学、农、林、医、药、食品等相关专业本科生专业基础课教材，也可作为研究生、教师与科研人员及其他专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学 / 王冬梅, 吕淑霞主编. —2 版. —北京: 科学出版社, 2017.6

“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

ISBN 978-7-03-053114-8

I. ①生… II. ①王… ②吕… III. ①生物化学—高等学校—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 126223 号

责任编辑: 刘 丹 赵晓静 / 责任校对: 杜子昂 王萌萌

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 铭轩堂

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>

文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2010 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 1 月第 二 版 印张: 23 3/4

2018 年 1 月第九次印刷 字数: 592 000

定价: 59.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



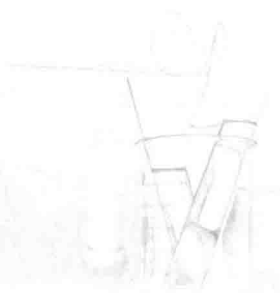
《生物化学》编委会名单

主 编 王冬梅 吕淑霞

副 主 编 石振华 侯春燕 李桂琴 武金霞

编写人员（按姓氏汉语拼音排序）

陈志玲	丁玉萍	高建华	韩胜芳	侯春燕	朗 杰
李桂琴	李小娟	林 英	刘 娜	吕淑霞	马 镒
齐 靖	石振华	孙 磊	汪 澈	王冬梅	武金霞
夏玉凤	周艳芬				



第二版前言

生物化学是生命科学、农、林、医、药类本科生必修的一门专业基础课。

生物化学是生命科学领域发展迅猛的重要基础学科和前沿学科，是现代生命科学发展的重要支柱之一。有关生物化学的基础知识和相关研究内容，处处体现着其与现代生物学各个分支学科的相互交叉与渗透。因为其研究范畴不断拓宽且研究内容不断深化，在教学中要求知识及其结构不断更新与完善，所以我们进行《生物化学》第二版的编写与修订。

《生物化学》第一版有幸入选“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。在第二版的编写与修订过程中，全体编委对教材的结构体系和教学内容进行了认真细致的研讨与商榷，在保留原来编写特色的基础上，做了许多改进与创新，主要把握如下基本原则。

(1) 保留原来的编写特色：编写中着重保证教材所要求的基础性、系统性、科学性、适用性和知识结构的合理性；重视知识内容的先进性，对前沿知识进行了精简介绍，以尽可能反映现代生物化学的新成果与新进展。

(2) 提高教材的易读性和趣味性：《生物化学》第一版自2010年6月发行至今，先后经过多次印刷。在第二版修订时，编委对编写内容中每一句话的语言组织与描述都进行了认真推敲，努力使内容精练，语句通畅，重点突出，以保证教材的可读性和易读性。书中充实并更新了知识窗内容，提高教材的趣味性，以激发学生学习生物化学的兴趣。考虑学生的个性化学习特点，为增强学生的自学能力，调动学生的学习主动性与灵活性，书中以二维码形式增加了数字化资源，即扫即看为实现教材的数字化建设奠定基础。

(3) 制订新的结构体系：第二版中将原来“维生素与辅因子”一章作为一节并入第三章；将原来“含氮化合物的代谢”一章改为“蛋白质的酶促降解与氨基酸代谢”和“核酸的酶促降解与核苷酸代谢”两个独立章节；“核酸的生物合成”和“蛋白质的生物合成”分别为第十一章和第十二章；在糖类代谢之前，增加了“代谢导论”一章，包括新陈代谢的基本概念、新陈代谢的基本特征、新陈代谢研究的主要内容和方法及新陈代谢的生物能学等内容。

(4) 调整写作内容与格式，全面勘误和纠错：对第一版有关章节的内容进行了适当的修改、调整和精练，对一些概念和理论进行了及时修正和充实，体现了生物化学的最新研究成果。对第一版中表述不严谨之处进行了修改，更换有关图片，使图文更加准确，内容更加全面。

(5) 提升教材整体美观性:文中重点名词概念都增加了英文标注,全书双色印刷,以提高教材的印装质量和美观性。重新整理和更新教材中一些重要代谢反应、结构式和途径。

参加本书编写的成员多数是具有多年生物化学教学经验的一线教师。科学出版社编辑和“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《生物化学》编委会成员,在科学出版社召开了本书定稿会议,编委会成员就每个章节提出了具体的修订建议并达成共识。科学出版社农林与生命科学分社周万灏社长,对本书的再版提出希望和要求;科学出版社刘丹女士为本书组稿、编辑、策划做了大量工作,对此我们表示衷心感谢!

本书既适合作为生命科学、农、林、医、药、食品等专业本科生专业基础课教材,也可作为研究生、教师与科研人员及其他专业工作人员的参考书。

我们希望本书的编写与修订,能对国内出版的同类教材起到相得益彰的作用,促进生物化学高等教育。但由于编者的能力及水平有限,书中难免存在不足之处,敬请专家与读者批评指正。

编 者

2018年1月

第一版前言

生物化学是生物学科中最活跃的基础学科之一。工业、农业、医药、食品、能源、环境科学等越来越多的研究领域都以生物化学理论为依据,以其实验技术为手段。生物化学是高等学校植物生产类、生物类及相关专业的重要专业基础课、必修课以及研究生入学考试的重要科目。打好坚实的生物化学基础,使学生对该学科的基本理论与基本研究技术的原理有较全面和清晰的理解,是学生对后续相关专业知识的学习和研究工作的共同需要。因此,为了满足现代农业及生命科学对科技人才的需要,根据农科、工科及综合院校植物生产类及生物类各专业人才培养计划对生物化学课程的要求,我们组织多年在教学一线从事生物化学理论与实验教学、具有丰富工作经验的教师编写了本书。在编写过程中,我们尽量实现教材内容科学性、准确性、系统性和实用性的有机统一。

全书共分为四大部分,第一部分是绪论,主要介绍了生物化学的研究内容,生物化学的发展历史,生物化学与其他学科的关系及其在各个领域的应用等。第二部分是组成生命的物质基础,主要介绍生物大分子的结构、性质和功能;由蛋白质、核酸、酶、维生素与辅因子及生物膜共五章组成。第三部分为生命的物质代谢,主要介绍生物大分子前体的合成和分解代谢途径以及生物能量的生成方式;由糖类代谢、生物氧化、脂质代谢、含氮化合物代谢、核酸的降解与生物合成及蛋白质的降解与生物合成共六章组成。第四部分即第十二章代谢调节。为了使本书具有时效性,并扩大学生知识面,本书还同时对生物化学的新成果与新进展以知识窗的形式加以简要介绍。每一章编写包括:学习要点、章节具体内容、知识窗及思考题,以方便学生学习。

本书可作为高等院校农学类及生物类各专业本科生教材,也可作为其他专业本科生与专科生教材,还可作为从事生命科学研究的教师、工作人员及研究生的参考书。

本书由王冬梅与吕淑霞主编。参加编写的单位有河北农业大学、沈阳农业大学、山西农业大学、河北师范大学、河北经贸大学、河北大学、首都师范大学、大同大学和晋中学院。在编写过程中,我们得到河北农业大学教务处、河北农业大学生命科学学院和科学出版社农林与生命科学分社的大力支持,在此我们深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010年4月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
一、生物化学的概念和研究内容	1
二、生物化学的发展	1
三、生物化学与其他学科的关系	2
四、生物化学的应用	3
第一章 蛋白质	5
第一节 概述	5
一、蛋白质是构成生物体的基本成分	5
二、蛋白质功能的多样性	6
三、蛋白质的组成	7
第二节 氨基酸	7
一、氨基酸的结构与分类	8
二、氨基酸的主要理化性质	12
三、氨基酸的分离和分析	19
第三节 肽	21
一、肽的形成及命名	21
二、肽键和肽平面	22
三、肽的理化性质	22
四、天然存在的活性肽	23
第四节 蛋白质的结构	24
一、蛋白质的一级结构	24
二、蛋白质的二级结构	28
三、蛋白质的三级结构	32
四、蛋白质的四级结构	38

第五节 蛋白质结构与功能的关系

- 一、蛋白质的一级结构与功能
- 二、蛋白质的空间结构与功能

第六节 蛋白质的理化性质

- 一、蛋白质的紫外吸收性质
- 二、蛋白质的两性性质及等电点
- 三、蛋白质的胶体性质
- 四、蛋白质的沉淀作用
- 五、蛋白质的变性与复性
- 六、蛋白质的颜色反应

第七节 蛋白质的分离纯化

- 一、蛋白质分离纯化的一般原则
- 二、蛋白质分离纯化的一般程序
- 三、蛋白质相对分子质量测定
- 四、蛋白质纯度鉴定
- 五、蛋白质组学研究

思考题

第二章 核酸

第一节 概述

- 一、核酸的种类及分布
- 二、核酸的生物学功能

第二节 核酸的化学组成

- 一、核酸的元素组成
- 二、核酸的分子组成

第三节 核酸的分子结构

- 一、DNA 的分子结构
- 二、RNA 的分子结构

三、核酸与蛋白质的复合体——核糖体、 染色体、病毒	78	一、维生素的概念	126
第四节 核酸的理化性质	81	二、维生素的分类	126
一、核酸的一般物理性质	81	三、水溶性维生素与辅因子	127
二、核酸的两性性质	81	思考题	137
三、核酸的紫外吸收性质	81	第四章 生物膜	139
四、核酸的变性和复性	82	第一节 生物膜的化学组成	139
第五节 核酸的分离纯化和含量测定	84	一、膜脂	140
一、核酸的提取和分离	84	二、膜蛋白	143
二、核酸含量的测定	85	三、糖类	143
思考题	87	第二节 生物膜的结构	144
第三章 酶	88	一、生物膜结构的研究历史	144
第一节 概述	89	二、目前对生物膜结构的认识	145
一、酶的作用特点	89	第三节 生物膜的功能	149
二、酶的底物专一性	90	一、物质的跨膜运输	149
三、酶的化学本质及化学组成	92	二、能量转换	154
第二节 酶的命名及分类	94	三、信号转导	154
一、酶的命名	94	四、细胞识别	156
二、酶的分类	95	思考题	157
第三节 酶促反应动力学	97	第五章 代谢导论	158
一、酶促反应速度	97	第一节 新陈代谢概述	158
二、影响酶促反应速度的因素	98	一、新陈代谢的基本概念及特点	158
第四节 酶的作用机制	110	二、新陈代谢的研究方法	161
一、酶活性中心的特点	110	第二节 代谢中的生物能学	162
二、酶作用专一性的机制	111	一、生化反应中自由能的变化	163
三、酶作用高效性的机制	112	二、高能化合物	166
四、胰凝乳蛋白酶的作用机制	116	三、能荷	170
第五节 生物体内重要的调节酶	119	思考题	170
一、别构酶	119	第六章 糖类代谢	171
二、共价修饰调节酶	121	第一节 生物体内的糖类	171
三、同工酶	122	一、单糖	172
第六节 酶的分离纯化与酶活力 测定	123	二、双糖	172
一、酶的分离纯化	123	三、多糖	173
二、酶活力测定	123	第二节 多糖和双糖的酶促降解	177
三、得率和纯化倍数	125	一、多糖的酶促降解	177
第七节 维生素与辅因子	126	二、双糖的酶促降解	179
		第三节 糖酵解	180

一、糖酵解的概念	180	四、ATP 合酶的结构与功能	223
二、糖酵解途径的反应历程	180	五、P/O 比	226
三、糖酵解产生的能量	185	六、氧化磷酸化的解偶联剂和抑制剂	227
四、糖酵解的生物学意义	185	七、线粒体穿梭系统	228
五、糖酵解途径的调控	186	思考题	230
六、丙酮酸的去路	186	第八章 脂类代谢	231
第四节 三羧酸循环	188	第一节 脂肪的分解代谢	231
一、丙酮酸氧化脱羧生成乙酰 CoA	188	一、脂肪的水解	231
二、三羧酸循环的反应历程	190	二、甘油的氧化分解与转化	234
三、三羧酸循环的能量释放	193	三、脂肪酸的分解	234
四、三羧酸循环的生物学意义	193	第二节 脂肪的合成代谢	246
五、三羧酸循环中间产物的回补	194	一、磷酸甘油的生物合成	246
六、三羧酸循环的调控	195	二、脂肪酸的生物合成	247
第五节 磷酸戊糖途径	196	三、脂肪的生物合成	255
一、磷酸戊糖途径的反应历程	196	第三节 其他脂质的代谢	256
二、磷酸戊糖途径的生物学意义	200	一、甘油磷脂的水解与生物合成	256
三、磷酸戊糖途径的调控	203	二、胆固醇的生物合成及转化	257
第六节 糖异生作用	203	思考题	259
一、糖异生作用的概念	203	第九章 蛋白质的酶促降解与氨基酸	
二、糖异生途径的反应历程	203	代谢	260
三、糖异生作用的生物学意义	206	第一节 蛋白质的酶促降解	260
四、糖异生作用的调控	206	一、外源蛋白质的降解	260
第七节 蔗糖和多糖的生物合成	208	二、细胞内蛋白质的降解	261
一、糖核苷酸的形成及作用	208	第二节 氨基酸的分解和转化	263
二、蔗糖的生物合成	210	一、脱氨基作用	263
三、淀粉的生物合成	210	二、氨的进一步转变	267
四、糖原的合成	212	三、氨基酸碳骨架的代谢	271
思考题	213	四、脱羧基作用	272
第七章 生物氧化	214	五、氨基酸与一碳单位	273
第一节 电子传递链	214	第三节 氨同化和氨基酸的生物	
一、电子传递链的概念	214	合成	274
二、电子传递链的组成及排列顺序	215	一、氨的来源	274
三、电子传递过程释放的自由能	219	二、氨同化	274
第二节 氧化磷酸化	219	三、氨基酸的生物合成	275
一、氧化磷酸化的概念	219	四、氨基酸衍生的重要生物分子	278
二、氧化磷酸化的偶联机制	220	思考题	280
三、质子泵到膜间隙的机制	221		

第十章 核酸的酶促降解与核苷酸代谢	281
第一节 核酸的酶促降解	281
一、外切核酸酶	282
二、内切核酸酶	282
三、限制性内切核酸酶	282
第二节 核苷酸的分解代谢	283
一、核苷酸和核苷的分解	283
二、嘌呤的分解	283
三、嘧啶的分解	285
第三节 核苷酸的合成代谢	286
一、核糖核苷酸的合成	286
二、脱氧核糖核苷酸的合成	291
三、核苷酸磷酸化成核苷三磷酸	293
四、核苷酸合成的抑制剂	293
思考题	295
第十一章 核酸的生物合成	296
第一节 DNA 的生物合成	297
一、DNA 复制	297
二、逆转录	310
三、DNA 的损伤与修复	311
第二节 RNA 的生物合成	316
一、转录	316
二、RNA 的复制	322
第三节 基因工程简介	324
一、基因工程的概念	324
二、基因工程的操作技术	324
三、PCR 介绍	326
思考题	327
第十二章 蛋白质的生物合成	328
第一节 蛋白质合成体系的重要组分	328
一、mRNA 及遗传密码	328
二、tRNA	331
三、核糖体	332
四、辅助因子	334
第二节 蛋白质的生物合成过程	335
一、原核生物蛋白质的合成过程	336
二、真核生物蛋白质合成的特点	343
三、蛋白质合成的抑制剂	344
第三节 蛋白质合成后的加工及定位	345
一、肽链合成后的加工	345
二、蛋白质的定位	346
思考题	349
第十三章 代谢调节	350
第一节 物质代谢的相互关系	350
一、糖类代谢与蛋白质代谢的相互关系	351
二、糖类代谢与脂类代谢的相互关系	351
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互关系	351
四、核酸代谢与糖、脂类及蛋白质代谢的相互关系	352
第二节 代谢调节	352
一、酶水平调节	352
二、细胞水平的调节	363
三、多细胞生物整体水平的调节	364
思考题	366
主要参考文献	367



绪 论

一、生物化学的概念和研究内容

生物化学(biochemistry)是关于生命的科学,它是以生物体为研究对象,利用化学、物理学和生物学的方法研究生生物体的物质组成、性质与结构,以及物质在生物体内发生的化学变化和这些变化与生命活动之间关系的科学。

生物化学的研究内容主要包括以下几个方面:①研究构成生物体的物质基础,即对蛋白质、核酸、糖类、脂类及对代谢起催化和调控作用的酶、维生素和激素的结构、性质和功能开展研究;②研究构成生物体的这些物质在生命活动过程中的合成代谢、分解代谢及其在这些代谢过程中的能量转化和调节规律;③除了物质代谢和能量代谢之外,信息代谢也成为近代生物化学研究的核心内容,即生物体如何在细胞间和世代间保证信息准确地复制和传递。21世纪是生命科学的世纪,从事生命科学研究的工作者越来越多,使生物化学的发展突飞猛进。目前,生物化学的理论和已经广泛渗透到多个学科和领域。根据生物化学研究的对象,可将其分为人体生物化学、动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学等;根据生物化学研究的领域,也可将其分为工业生物化学、农业生物化学、医学生物化学等;农业生物化学再细分,还可分为果树生物化学、昆虫生物化学、作物生物化学等。

本书只介绍生物化学研究的基本内容,如四大基本物质(蛋白质、核酸、糖类、脂类)的结构、性质、功能、代谢及代谢调节等,属于基础生物化学部分。

二、生物化学的发展

生物化学成为一门独立的学科,仅有一百多年的历史。但是,我国古代劳动人民早已在生产实践活动中积累了不少生物化学的知识并广泛应用这些知识生产生物制品。例如,在北魏贾思勰编著的《齐民要术》中,就有对酿酒、制醋、做酱及做豉的详细记载;唐末韩鄂编著的《四时纂要》中,也有关于制酪、制醋和造豉等的记载;在北宋寇宗奭撰写的《本草衍义》中,对做豆腐有较具体的叙述。

在欧洲,由于“生机论”的影响,生物化学的发展曾一度停滞不前。直到18世纪中叶,Priestley(1776)发现了光合作用;Lavoisier(1783)根据Mayow(1674)提出的动物呼吸与有机物在空气中燃烧有相似性的观点,证实了动物的呼吸过程是体内缓慢、不发光的燃烧。在该过程中,吸进去的氧气被消耗,呼出二氧化碳,同时释放热能。19世纪初,

Wöhler (1828) 用人工方法在实验室合成了尿素, 实现了在一定条件下无机物与有机物之间的转化。Pasteur 通过对乳酸发酵的研究, 于 1857 年提出发酵是由微生物引起的, 为发酵和呼吸的理论研究奠定了基础。1878 年 Kühn 提出用 “enzyme” 一词表示酶, 意为 “在酵母中”。1897 年 Büchner 兄弟用无细胞酵母提取液仍能使蔗糖发酵产生乙醇, 表明发酵因子虽然由活细胞产生, 但在离开细胞后仍能发挥作用, 证明没有活细胞也可以进行如发酵这样复杂的生命活动, 彻底推翻了 “生机论”。

19 世纪末至 20 世纪初, 生物化学发展成为一门独立的新兴学科。

20 世纪 30 年代以后, 生物化学有了迅速的发展, 主要代谢途径相继被阐明, 许多著名的生物化学家如 Warburg、Keilin、Emden、Meyerhof、Krebs、Hill、Lipmann 等为此做出了重要贡献。其间突出的成就有: 确定了糖酵解、三羧酸循环 (也称 Krebs 循环) 及脂肪分解等重要的分解代谢途径; 对呼吸、光合作用及腺苷三磷酸 (ATP) 在能量转换中的关键位置有了较深入的认识。50 年代以后, 生物化学已成为生物学研究领域中最发展最迅速的学科。Watson 和 Crick 于 1953 年首次提出了 DNA 双螺旋结构模型, 这一成果被誉为 20 世纪最重要的科学发现之一, 成为生命科学发展史上的一块里程碑, 开创了从分子水平研究生命活动的新纪元。从此以后, 生物化学进入了以核酸研究为核心的时代, 带动了新兴学科分子生物学的快速发展。特别是人类基因组计划的实施和人类基因图谱的完成, 加速了人类认识生命的步伐, 促进了对蛋白质组学的研究, 使 21 世纪成为世人公认的生命科学世纪。

在我国, 生物化学也得到了突飞猛进的发展, 许多生物化学工作者在蛋白质变性理论、血液系统分析法、酶的作用机制及应用、免疫化学、血红蛋白变异、植物肌动蛋白的结构与功能、生物膜的结构与功能等方面做出了突出贡献, 取得了国际水平的研究成果。1965 年, 我国科学家经过多年坚持不懈的努力, 获得了人工合成的牛胰岛素结晶, 这是世界上第一个人工合成的蛋白质, 此后, 又合成了许多有实际应用价值的多肽激素; 1972 年, 科学家用 X 射线衍射法测定了猪胰岛素的空间结构, 表明我国生物大分子的 X 射线晶体结构分析技术跨入了世界先进行列; 1981 年, 实现了酵母丙氨酸 tRNA 的人工全合成, 这是世界上首次人工合成的核糖核酸, 这项研究还带动了核酸类试剂和工具酶的研究, 带动了多种核酸类药物包括抗肿瘤药物、抗病毒药物的研制和应用。特别值得一提的是, 我国作为唯一的发展中国家参加了人类基因组计划, 并出色地完成了 1% 的任务。之后, 我国科学家相继绘制完成了水稻基因组精细图、家蚕基因组 “框架图”, 使我国成为世界基因组研究的强国之一。

三、生物化学与其他学科的关系

生物化学是用物理的、化学的原理和方法研究生物的一门科学, 所以生物化学与化学特别是分析化学、有机化学及物理化学有着密切的关系。生物化学的研究对象是生物体, 所以生物化学是介于生物学与化学之间的一门边缘学科, 它与生物学的许多分支学科都有着密切关系。

生物化学与生理学是关系最为密切的姊妹学科。生理学主要研究生物体生命活动过程中各类细胞、组织和器官的功能, 以及生物体对内外环境变化的反应。生命活动包括许多

方面,其中有机物代谢是重要的研究内容,而有机物的代谢途径和调控机制正是生物化学的核心内容之一。生理学又可根据所研究的对象分为动物生理学、植物生理学及微生物生理学等,所以生物化学与这些学科都有着密切联系。

生物化学与分子生物学也是关系密切的姊妹学科,二者都是边缘性学科,发展十分迅速,迄今已形成了许多新理论和新概念,如基因组学、蛋白质组学、RNA 组学等;同时发展了许多新技术,如重组 DNA 技术、基因工程、基因芯片、克隆技术和转基因技术等。生物化学与分子生物学的理论和方法已被其他基础医学学科广泛应用,并已形成了许多新的分支学科,如分子免疫学、分子遗传学、分子细胞生物学、分子病理学、分子药理学及分子病毒学等。反过来,这些基础学科也促进了生物化学的发展。例如,免疫学的方法被广泛应用于蛋白质及蛋白质组学的研究。

生物化学与细胞生物学的关系也甚为密切。细胞生物学的研究内容是生物细胞的形态、成分、结构和功能,包括研究组成细胞的各种化学物质的性质及其变化,而生物化学所研究的生物分子都定位在细胞的某一部位而发挥作用。

生物化学与遗传学也有密切关系。核酸是生物的遗传信息载体,遗传信息的传递和表达涉及基因的复制、转录和翻译,而核酸和蛋白质的结构、生物合成与调控是生物化学和遗传学必须讨论的重大课题。

此外,生物化学的理论和技術已经逐渐渗透到了农业科学、食品科学、医药卫生及生态环境的各个研究领域。总之,当前生命科学中各相关学科互相渗透、互相促进,不断形成新的学科,如生物信息学。相信随着生命科学研究的不断深入,必将出现更多新兴学科。

四、生物化学的应用

生物化学的原理和技术已经渗透到了生命科学的各个研究领域,绝大多数生物学问题都需要从生物化学角度和用生物化学的方法才得以深入了解。可以说,生物化学在推动科学与社会经济的发展中占有越来越重要的地位。

在农业生产实践中,人们可以利用生物化学的原理阐明粮食作物和经济作物在不同生长环境下的代谢规律,通过设计合理的栽培措施为作物创造适宜的生长条件,保证获得高产、优质的作物产品;另外,也可通过生物化学分析筛选和培育农作物优良品种;还可望通过采用基因工程技术获得动植物新品种和实现粮食作物的固氮。随着生物化学研究的进一步发展,有可能在掌握了光合作用机制的基础上,使整个农业生产的面貌发生根本改变。

在工业生产实践中,生物化学在发酵、食品、制药、纺织、皮革等行业都显示了威力。例如,皮革的鞣制、脱毛,蚕丝的脱胶,棉布的浆纱都用酶法代替了老工艺。现代发酵工业、生物制品及制药工业包括抗生素、有机溶剂、有机酸、氨基酸、酶制剂、激素、血液制品及疫苗的生产等均创造了巨大的经济价值,特别是固定化酶和固定化细胞技术的应用更促进了酶工业和发酵工业的发展。

在医学研究领域,对一些常见病和严重危害人类健康的疾病的生化问题进行研究,有助于进行预防、诊断和治疗。例如,血清中肌酸激酶同工酶的电泳图谱用于冠心病诊断、

转氨酶用于肝病诊断、淀粉酶用于胰腺炎诊断等。在治疗方面，磺胺类药物的发现开辟了利用抗代谢物作为化疗药物的新领域，如 5-氟尿嘧啶用于治疗肿瘤。青霉素的发现开创了抗生素化疗药物的新时代，再加上各种疫苗的普遍应用，使很多严重危害人类健康的传染病得到控制或基本被消灭。另外，生物化学的理论和方法与临床实践的结合，产生了医学生化的许多领域。例如，研究生理功能失调与代谢紊乱的病理生物化学；以酶的活性、激素的作用与代谢途径为中心的生化药理学；与器官移植和疫苗研制有关的免疫生化等。

在国防研究领域，现代防生物战和防化学战中提出的许多课题都与生物化学知识有关。例如，射线对机体的损伤及其防护，神经性毒气对胆碱酯酶的抑制及解毒等。

由于学科间的互相渗透，迄今已产生了许多新兴的边缘学科，如分子生物学、分子遗传学、分子细胞生物学、结构生物学、生物信息学等。生物化学是这些新兴学科的理论基础，而这些学科的发展又为生物化学提供了新的理论和研究手段。学科间相互渗透、相互推动，为阐明生命现象的分子机制开辟了更加广阔的领域。

第一章 >>>

蛋 白 质

学 习 要 点

蛋白质是生物体内重要的生物大分子，基本结构单位是氨基酸，氨基酸之间通过肽键连接成多肽链，蛋白质是由一条或多条多肽链构成的生物大分子。所有蛋白质都含有碳元素、氢元素、氧元素、氮元素和硫元素，蛋白质的平均含氮量为 16%，可通过测定生物样品中的含氮量计算出样品中蛋白质的含量。蛋白质的结构可以分为一级结构、二级结构、三级结构和四级结构 4 个层次。蛋白质的一级结构是指多肽链中氨基酸的排列顺序，而二级结构、三级结构和四级结构又称为蛋白质的高级结构或构象。各种蛋白质的生物学功能是由其特定构象决定的，当蛋白质构象遭到破坏时，它的生物学功能也随之丧失。不同的蛋白质具有不同的理化性质，分离纯化蛋白质需要依据其性质来选择合适的方法。

蛋白质是生命的物质基础，人们对蛋白质的认识经历了一个漫长的过程。在我国古代，虽然没有提出蛋白质的概念，但人们可以利用蛋白质的沉淀性质制作豆腐。18 世纪后，人们可以从凝固的血液中分离得到无色、可凝固的纤维状成分，命名为麸质式明胶。1747 年，I. Beccari 通过用水揉搓小麦面粉，将其中的淀粉除去后得到一种类似的麸质式明胶。人们还发现当动物乳汁被酸化时可以得到一种凝结沉淀物，称为酪蛋白。19 世纪 30 年代中期，荷兰化学家 G. J. Mulder 对酪蛋白、纤维蛋白等进行了元素组成的系统分析，认为它们由碳元素、氢元素、氧元素和氮元素组成。同时，随着细胞学说及相关的类蛋白原生质概念的出现，产生了蛋白质一词。G. J. Mulder 还观察到，有生命的东西离开蛋白质就不能生存，说明蛋白质是生物体内一种极重要的大分子有机化合物。

第一节 概 述

蛋白质是一类最重要的生物大分子，其英文为 protein，源自希腊语 $\pi\rho\omicron\tau\omicron$ ，意为“最前面的”“首要的”或“最原初的”。

一、蛋白质是构成生物体的基本成分

无论是简单的低等生物，如病毒、细菌，还是复杂的高等生物，如植物、动物等，均含有蛋白质，它不仅是构成一切细胞和组织的重要组成成分，还是生物体中含量最丰富的大分子化合

物。不同生物体内蛋白质的含量存在差异,如病毒除少量含有核酸外几乎均由蛋白质组成,微生物中蛋白质的含量占细胞总质量的 50%~80%,人体内蛋白质的含量约占人体总固体量的 45%。

二、蛋白质功能的多样性

生物界中蛋白质的种类估计为 $10^{10} \sim 10^{12}$ 种。蛋白质是生物功能的载体,归纳起来蛋白质的生物学功能有以下几个方面。

1. 催化 生物催化功能是蛋白质重要的生物学功能之一。生物体内几乎所有的化学反应均由酶催化完成,酶是蛋白质中最大的一类,在国际生物化学联合会酶学委员会公布的《酶命名法》中已列出 3000 多种不同的酶。

2. 调节 许多蛋白质具有调节其他蛋白质执行生理功能的能力,这类蛋白质称为调节蛋白。例如,胰腺中 β 细胞分泌的胰岛素,分子质量为 5700Da,是调节动物体内血糖代谢的一种激素蛋白,分泌不足时可导致糖尿病。另一类调节蛋白参与基因表达的调控,它们可以激活或抑制遗传信息转录为 RNA (见第十三章)。

3. 转运和储存 很多小分子和离子的运输是由特定蛋白质来完成的。例如,红细胞中的血红蛋白通过血液的流动将氧气从肺部运输到其他组织;细胞膜上的钾离子通道是专门负责钾离子选择性通过的蛋白质通道。许多高等植物的种子,如小麦种子中的醇溶蛋白为种子萌发储存了足够氮元素,蛋类中的卵清蛋白为鸟类胚胎发育提供氮元素。

4. 防御 免疫 (immunity) 是人类和脊椎动物最重要的防御机制,机体的免疫功能与抗体有关。抗体又被称为免疫球蛋白,它能够识别进入机体的异物物质,如细胞、病毒和异物蛋白等,并与其结合而产生沉淀反应,使机体具有抵抗外界病原侵袭的能力。

5. 运动 一些蛋白质能够赋予细胞运动的能力,如肌动蛋白 (actin)、肌球蛋白 (myosin)、微管蛋白 (tubulin) 等,这类蛋白质在执行功能时都是丝状分子或丝状聚集体。例如,机体的运动与肌动蛋白和肌球蛋白的相对滑动有关,有丝分裂中染色体的运动、鞭毛或纤毛的运动等都与微管蛋白有关。马达蛋白 (motor protein),如动力蛋白和驱动蛋白,它们可驱使小泡、颗粒和细胞器沿微管轨道移动。

6. 结构成分 结构蛋白具有强烈的韧性,能够维持器官、细胞的正常形态,从而建造和维持生物体的结构。结构蛋白的单体一般聚合成长的纤维或纤维状排列的多聚体保护层,如构成角、毛发、甲和蹄的 α -角蛋白,存在于骨、腱、韧带、皮中的胶原蛋白。

7. 遗传信息表达 脱氧核糖核酸 (DNA) 是生物体主要的遗传物质,但 DNA 的复制、转录,蛋白质的翻译及翻译后修饰等都有蛋白质的参与,如果没有蛋白质分子,这些过程是不能完成的。

8. 接收和传递信息 生物体内各细胞间通过相互识别和相互作用达到功能上的协调统一。细胞针对外源信号分子所发生的细胞内生物化学变化及效应的整个过程称为信号转导 (signal transduction)。通常情况下,细胞是通过受体 (receptor) 将外源信号导入细胞的。受体一般是细胞膜上或细胞内能够识别外源信号分子并与之结合的蛋白质,如细胞膜上的蛋白质类激素受体和细胞内的甾醇类激素受体等。

9. 其他功能 在动物的记忆和识别功能方面,蛋白质起着十分重要的作用。此外,