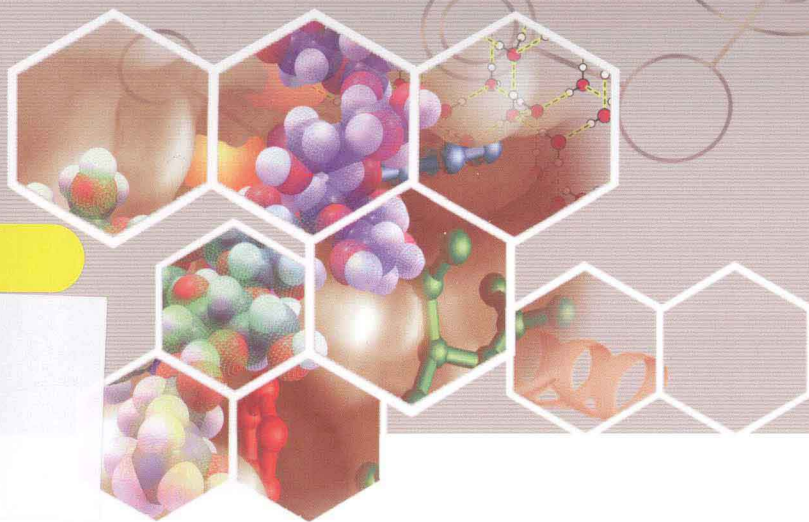


Jichu
Shengwu
Huaxue

第2版

基础 生物化学

赵武玲 主编



中國農業大學出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

基础生物化学

第 2 版

赵武玲 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书内容包括蛋白质化学、核酸化学、酶、维生素与辅酶、生物膜、生物氧化与氧化磷酸化、碳水化合物代谢、脂类代谢、氨基酸代谢、核苷酸代谢、DNA 的生物合成、RNA 的生物合成、蛋白质合成、重组 DNA 技术等。

图书在版编目 (CIP) 数据

基础生物化学/赵武玲主编. —2 版. —北京: 中国农业大学出版社, 2013. 8
ISBN 978-7-5655-0755-7

I. ①基… II. ①赵… III. ①生物化学 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 137708 号

书 名 基础生物化学 第 2 版

作 者 赵武玲 主编

策 划 赵 中

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路 2 号

电 话 发行部 010-62818525, 8625

编辑部 010-62732617, 2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2013 年 8 月第 2 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

规 格 787×1092 16 开本 31 印张 768 千字

定 价 58.00 元

责任编辑 冯雪梅

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

e-mail cbsszs @ cau. edu. cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

第2版编写人员

主 编 赵武玲 (中国农业大学)

副主编 陈 惠 (四川农业大学)
高 玲 (青岛农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排列)

史金铭 (东北林业大学)

刘春英 (青岛农业大学)

孙 新 (青岛农业大学)

孙晓红 (青岛农业大学)

吴 玮 (中国农业大学)

吴 琦 (四川农业大学)

杨海莲 (中国农业大学)

曹勤红 (中国农业大学)

葛 蔚 (青岛农业大学)

韩海棠 (中国农业大学)

第1版编写人员

主 编 赵武玲 (中国农业大学)

副主编 陈 惠 (四川农业大学)

高 玲 (青岛农业大学)

参 编 (按姓氏笔画排列)

刘春英 (青岛农业大学)

孙 新 (青岛农业大学)

孙晓红 (青岛农业大学)

吴 玮 (中国农业大学)

吴 琦 (四川农业大学)

李志刚 (内蒙古民族大学)

张少斌 (沈阳农业大学)

杨海莲 (中国农业大学)

葛 蔚 (青岛农业大学)

韩海棠 (中国农业大学)

第2版前言

本书自2008年出版以来，受到许多农业院校的关注，并作为重要的专业基础课教材为许多农业院校所采用，重印6次，印数超过3万册。

随着知识的更新，本书需要进一步修改。在多年的教学应用过程中，广大师生也给我们提出了不少宝贵的意见和建议。这次再版时，我们综合了各方面的真知灼见，更新了部分内容，订正了一些错漏，以便使本书能够更好地为教学服务。

生物化学是许多生命科学的基础，内容十分丰富，头绪也很多。特别是一些生物大分子的结构和一些生物化学反应过程的细节，更是学生们学习的难点。为了使师生们更清晰，更直观地了解这些复杂的结构和反应过程，本书的第2版将原书300多幅插图重新绘制，力求使插图清楚明白，更加有利于学习和理解。

限于作者水平，书中错漏之处恳望读者指正。

编者

2013年3月

第1版前言

生物化学是从分子水平研究生命现象的科学。生物化学所取得的成就有力地推动了其他生物学科的研究，不同程度地促进了其他生物学科的进步。生物化学在各种领域都有广泛的应用，如医学、药物设计、营养学、农业、制造业、法医学甚至军事科学。目前，生物化学已经成为生物学领域的带头学科之一。

基础生物化学课程是高等农业院校重要的基础课程之一。扎实的生物化学基础对于学生在生物学领域的学习和研究具有十分重要的作用。

1985年，由我国著名的生物化学家阎隆飞院士主编的《基础生物化学》系统论述了生物化学的精华内容，系统严谨，材料丰富。该书曾在我国农业院校作为中心教材使用多年，在基础生物化学教学中起到了极其重要的作用。阎隆飞先生主编的《基础生物化学》也是我们今天这本教材的基础和起点。阎隆飞先生严谨的治学精神对我们的工作也是一种鞭策。

随着时间的推移和学科的发展，生物化学的很多内容需补充和修改。我们遵照全国高等农业院校农学类专业《基础生物化学教学大纲》，结合多年的教学经验和最新的研究成果，本着注重基础、着眼发展的精神，重新编写了《基础生物化学》。希望我们的工作能够为学生和教师提供一本较好的教科书，也希望我们的工作能够告慰阎隆飞先生，不负先生对我们的教诲。

本书虽然定名为《基础生物化学》，但“基础”并不是简单化，不能削弱核心内容和基本原理。相反，本书的核心内容应力求全面、系统并注意加入新的进展。基本概念和原理则力求精准、严谨，不可含糊。有些章节重新编排以适应相关领域的进展。例如把原来核酸合成的内容分成三章：DNA合成、RNA合成和重组DNA技术。在核酸化学中用基因组的内容取代概念不准确的核蛋白部分等。

为了使学生更好地理解生物大分子的结构，本书中还增加了立体图。

参加本教材编写的教师分别编写不同的章节：第一、四章、附录（赵武玲，中国农业大学）；第二、三章（吴玮，中国农业大学）；第十一、十二章（杨海莲，中国农业大学）；第十三、十四章（韩海棠，中国农业大学）；第八章（陈惠，四川农业大学；赵武玲，中国农业大学）；第五章（吴琦，四川农业大学）；第九章（李志刚，内蒙古民族大学）；第十五章（高玲、刘春英，青岛农业大学）；第六章（孙新，青岛农业大学）；第七章（葛蔚，青岛农业大学）；第十章（孙晓红，青岛农业大学）；第十六章（张少斌，沈阳农业大学）。

由于作者水平的限制，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2008年2月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、什么是生物化学?	(1)
二、生物化学研究什么?	(1)
三、生物化学是怎样发展的?	(2)
四、生物化学与其他学科的关系	(3)
五、如何学习生物化学	(3)
第二章 蛋白质化学	(5)
第一节 蛋白质的元素组成	(6)
第二节 蛋白质的基本组成单位——氨基酸	(6)
一、蛋白质中的常见氨基酸	(6)
二、氨基酸的分类	(7)
三、蛋白质中的稀有氨基酸	(10)
四、非蛋白质氨基酸	(11)
五、氨基酸的酸碱性质	(11)
六、氨基酸的立体化学	(17)
七、氨基酸的吸收光谱	(17)
八、氨基酸的化学反应	(18)
第三节 肽	(20)
一、肽键	(20)
二、肽的命名	(21)
三、天然活性肽	(21)
第四节 蛋白质的分子结构	(23)
一、蛋白质的结构层次	(23)
二、蛋白质一级结构	(24)
三、蛋白质的二级结构	(30)
四、蛋白质的超二级结构	(37)
五、蛋白质的结构域	(38)
六、蛋白质的三级结构	(39)
七、蛋白质的四级结构	(42)
八、纤维状蛋白质的结构	(43)
第五节 蛋白质结构与功能的关系	(45)
一、蛋白质一级结构与功能的关系	(45)

二、蛋白质空间结构与功能的关系	(48)
三、蛋白质三级结构的预测简介	(51)
四、蛋白质组与蛋白质组学简介	(52)
第六节 蛋白质的重要性质	(52)
一、蛋白质的胶体性质	(53)
二、蛋白质的两性解离和等电点	(53)
三、蛋白质的沉淀	(54)
四、蛋白质的变性与复性	(55)
五、蛋白质的颜色反应	(56)
六、蛋白质的紫外吸收光谱	(56)
第七节 蛋白质的分离纯化技术	(57)
一、透析与超过滤	(57)
二、电泳技术	(58)
三、层析技术	(59)
四、超速离心	(61)
五、生物质谱技术简介	(61)
第八节 蛋白质的分类	(62)
一、简单蛋白质	(62)
二、结合蛋白质	(63)
第三章 核酸化学	(67)
第一节 核酸的化学组成	(67)
一、核酸种类与分布	(67)
二、核苷酸是核酸的结构单元	(68)
第二节 DNA 的结构	(75)
一、DNA 分子具特定的碱基组成	(75)
二、DNA 分子的一级结构	(75)
三、DNA 分子的双螺旋结构	(77)
四、DNA 分子的超螺旋结构	(81)
五、三链和四链 DNA	(83)
六、DNA 序列分析	(84)
第三节 RNA 的结构	(86)
一、tRNA 的结构	(86)
二、mRNA 的结构	(89)
三、rRNA 的结构	(91)
第四节 核酸的理化性质及分离提取	(93)
一、核酸的理化性质	(93)
二、核酸的变性与复性	(95)
三、核酸的分离提取	(98)
第五节 基因组	(100)

一、病毒基因组·····	(100)
二、原核生物基因组·····	(102)
三、真核生物基因组·····	(103)
第四章 酶 ·····	(110)
第一节 酶催化作用的特点与酶的结构·····	(111)
一、酶催化作用的特点·····	(111)
二、酶的结构和组成·····	(112)
三、酶的活性中心·····	(113)
第二节 酶的命名与分类·····	(114)
一、习惯命名法·····	(114)
二、系统命名法·····	(114)
三、分类编号方案·····	(114)
第三节 酶的纯化与酶活力测定·····	(116)
一、酶的分离纯化·····	(117)
二、酶活力的测定·····	(117)
第四节 酶的专一性及专一性假说·····	(118)
一、酶的专一性·····	(119)
二、酶作用专一性的假说·····	(120)
第五节 酶催化的机制·····	(121)
一、过渡态稳定作用·····	(121)
二、酶促反应降低活化能的原因·····	(124)
三、酶催化作用的例子·····	(129)
四、酶原激活·····	(133)
第六节 核酶和抗体酶·····	(135)
一、核酶·····	(135)
二、抗体酶·····	(136)
第七节 酶促反应动力学·····	(136)
一、稳态动力学·····	(136)
二、酶的抑制作用·····	(141)
三、pH 对酶活性的影响·····	(145)
四、温度对酶活性的影响·····	(146)
第七节 调节酶·····	(146)
一、别构酶·····	(147)
二、酶活性的共价调节·····	(151)
三、同工酶·····	(151)
第五章 维生素与辅酶 ·····	(156)
第一节 水溶性维生素·····	(156)
一、维生素 B ₁ 与焦磷酸硫胺素·····	(156)
二、维生素 B ₂ 与 FMN、FAD·····	(157)

三、维生素 B ₃ 与辅酶 A	(159)
四、维生素 PP 与 NAD ⁺ 、NADP ⁺	(159)
五、维生素 B ₆ 及其辅酶	(161)
六、维生素 B ₇ (生物素)	(162)
七、叶酸与四氢叶酸	(162)
八、维生素 B ₁₂ (钴胺素) 及其辅酶	(164)
九、硫辛酸	(165)
十、维生素 C	(166)
第二节 脂溶性维生素	(167)
一、维生素 A	(167)
二、维生素 D	(168)
三、维生素 E	(168)
四、维生素 K	(168)
第三节 其他的辅基或辅酶	(169)
一、核苷酸	(169)
二、辅酶 Q	(170)
三、蛋白质辅酶 (铁硫蛋白与细胞色素)	(170)
第六章 生物膜	(175)
第一节 生物体内的脂类	(175)
一、脂肪酸	(176)
二、三酰甘油和蜡	(178)
三、磷脂	(178)
四、固醇	(179)
五、必需脂肪酸	(180)
第二节 生物膜的结构	(181)
一、生物膜的组成	(181)
二、生物膜的结构	(184)
第三节 生物膜的功能	(186)
一、物质运输	(186)
二、跨膜信号转导	(189)
三、能量传递和转换	(192)
四、识别功能	(192)
第七章 代谢概述	(194)
第一节 代谢概述	(194)
一、新陈代谢	(194)
二、代谢途径	(196)
三、代谢的方向	(198)
第二节 代谢途径的区域化调节	(199)
一、代谢途径的区域化分隔	(199)

二、膜结构对代谢的调控·····	(200)
三、代谢途径相互联系形成网络·····	(201)
第三节 代谢调节·····	(203)
一、酶活性的调节·····	(203)
二、酶含量的调节·····	(210)
第八章 生物氧化与氧化磷酸化·····	(213)
第一节 自由能变化·····	(213)
一、生物化学反应的自由能变化·····	(213)
二、自由能变化与化学平衡·····	(215)
三、自由能变化与氧化还原电位·····	(217)
四、高能化合物·····	(220)
第二节 电子传递链·····	(227)
一、线粒体·····	(227)
二、电子载体·····	(227)
三、电子传递复合物·····	(229)
四、电子传递链·····	(233)
五、电子传递链抑制剂·····	(234)
第三节 氧化磷酸化作用·····	(235)
一、质子移动力和化学渗透学说·····	(236)
二、ATP 合成机制·····	(238)
三、ATP、ADP 和 P_i 的转运·····	(240)
四、能荷·····	(240)
五、P/O 比·····	(242)
六、氧化磷酸化的解偶联和抑制·····	(242)
第四节 线粒体外 NADH 的穿梭机制·····	(243)
一、磷酸甘油穿梭系统·····	(243)
二、苹果酸-天冬氨酸穿梭系统·····	(244)
第九章 碳水化合物代谢·····	(249)
第一节 生物体内的糖类·····	(249)
一、单糖·····	(250)
二、寡糖·····	(252)
三、多糖·····	(254)
四、复合糖·····	(255)
第二节 糖酵解·····	(256)
一、糖酵解的过程·····	(257)
二、糖酵解过程中能量的产生·····	(261)
三、糖酵解的生理意义·····	(262)
四、丙酮酸的去路·····	(262)
五、糖酵解的调控·····	(263)

第三节 糖异生作用	(265)
一、葡萄糖异生作用的过程	(265)
二、葡萄糖异生作用的前体	(267)
三、葡萄糖异生作用的调控	(268)
四、葡萄糖异生作用的意义	(268)
第四节 三羧酸循环	(269)
一、丙酮酸的氧化脱羧	(270)
二、三羧酸循环的过程	(272)
三、三羧酸循环中能量的产生	(274)
四、三羧酸循环的调控	(276)
五、三羧酸循环的特点和意义	(277)
六、草酰乙酸的回补反应	(278)
第五节 磷酸戊糖途径	(279)
一、磷酸戊糖途径的过程	(280)
二、磷酸戊糖途径的调控	(284)
三、磷酸戊糖途径的能量计算	(284)
四、磷酸戊糖途径的意义	(284)
第六节 双糖和多糖的合成与降解	(285)
一、单糖供体——糖核苷酸	(285)
二、蔗糖的合成与降解	(285)
三、淀粉及糖原的合成与降解	(287)
四、纤维素的合成与降解	(290)
第十章 脂类代谢	(293)
第一节 脂类的降解	(293)
一、脂类的消化吸收	(293)
二、甘油的降解与转化	(294)
三、脂肪酸的氧化分解	(294)
四、乙醛酸循环	(302)
五、酮体的生成与利用	(306)
六、磷脂代谢	(307)
七、胆固醇分解	(308)
八、脂质和脂蛋白的转运	(308)
第二节 脂类的合成	(308)
一、 L - α -磷酸甘油的合成	(309)
二、脂肪酸的合成	(309)
三、三酰甘油和磷脂的合成	(320)
四、胆固醇的合成	(320)
第十一章 氨基酸代谢	(327)
第一节 蛋白质的酶促降解	(327)

一、蛋白质在消化道中的降解	(327)
二、蛋白质在细胞中的降解	(328)
第二节 氨基酸的降解	(330)
一、氨基酸脱氨基作用	(330)
二、尿素循环	(333)
三、氨基酸碳骨架的代谢	(336)
四、氨基酸是合成其他物质的前体	(343)
第三节 氮素循环	(344)
一、氮素循环	(344)
二、硝酸还原作用	(345)
三、生物固氮	(345)
四、氨的同化	(347)
第四节 氨基酸的合成	(349)
一、氨基酸合成中氨基的来源	(350)
二、氨基酸碳骨架的来源	(350)
三、各族氨基酸的合成	(350)
四、氨基酸合成的调节	(358)
五、一碳单位	(359)
第五节 硫的摄取	(361)
第十二章 核苷酸代谢	(364)
第一节 核酸的降解	(364)
一、脱氧核糖核酸酶和核糖核酸酶	(364)
二、核酸内切酶与核酸外切酶	(365)
第二节 核苷酸、核苷及碱基的降解	(365)
一、核苷酸及核苷的降解	(366)
二、嘌呤碱基的降解	(366)
三、嘧啶碱基的降解	(368)
第三节 核苷酸的合成	(370)
一、嘌呤核糖核苷酸的合成	(370)
二、嘧啶核糖核苷酸的合成	(373)
三、脱氧核糖核苷酸的合成	(376)
四、核苷一磷酸、二磷酸、三磷酸之间的转化	(379)
第十三章 DNA 的生物合成	(382)
第一节 半保留复制	(382)
第二节 DNA 的生物合成	(384)
一、DNA 合成的通式及方向	(384)
二、参与 DNA 复制的酶和蛋白质	(384)
三、原核生物 DNA 的复制过程	(389)
四、真核细胞 DNA 的复制	(396)

五、逆转录·····	(399)
第三节 DNA 的突变与修复 ·····	(399)
一、直接修复·····	(400)
二、切除修复·····	(401)
三、错配修复 ·····	(401)
四、重组修复·····	(402)
第四节 DNA 重组 ·····	(403)
第十四章 RNA 的生物合成 ·····	(407)
第一节 不对称转录·····	(407)
第二节 原核生物 RNA 的合成 ·····	(408)
一、原核生物中的 RNA 聚合酶 ·····	(408)
二、原核生物的启动子结构·····	(409)
三、原核生物的转录过程·····	(410)
第三节 原核生物的转录调控·····	(413)
一、乳糖操纵子 ·····	(413)
二、色氨酸操纵子 ·····	(415)
第四节 真核生物 RNA 的合成及其调控 ·····	(417)
一、真核生物的 RNA 聚合酶 ·····	(418)
二、真核生物的启动子 ·····	(418)
三、真核生物的转录过程·····	(419)
四、真核生物的转录调控·····	(419)
第五节 RNA 的转录后加工 ·····	(421)
一、原核生物 RNA 转录后加工 ·····	(421)
二、真核生物 RNA 的加工 ·····	(422)
第十五章 蛋白质合成·····	(427)
第一节 中心法则·····	(427)
第二节 蛋白质合成体系·····	(428)
一、mRNA ·····	(428)
二、tRNA ·····	(431)
三、rRNA 和核糖体·····	(434)
四、辅助因子·····	(436)
第三节 蛋白质合成的过程·····	(437)
一、氨基酸的活化和转移·····	(437)
二、肽链合成的起始·····	(440)
三、肽链合成的延长·····	(442)
四、肽链合成的终止·····	(443)
五、真核细胞蛋白质的合成·····	(445)
六、多核糖体·····	(446)
七、蛋白质合成后的修饰与折叠·····	(447)

八、蛋白质合成后的定位·····	(448)
第十六章 重组 DNA 技术 ·····	(451)
一、重组 DNA 技术需要的工具酶 ·····	(452)
二、获得目的基因·····	(455)
三、目的基因的载体·····	(457)
四、目的 DNA 片段与载体连接 ·····	(459)
五、转化·····	(459)
六、筛选·····	(459)
七、目的基因的表达与应用·····	(460)
思考题参考答案 ·····	(462)

第一章

绪 论

一、什么是生物化学?

生物化学(biochemistry)是研究生物的化学组成和生命过程中各种化学变化的科学,是研究生命的化学本质的科学。

地球上具有种类繁多的生物,如:微生物、植物、动物,包括人类。所有的生物都具有相似的基本化学组成,这些元素合成各种各样的含碳有机化合物。这些化合物进一步合成各种大分子。大分子执行各种功能,维持着生物的生长和繁衍。所有这些生命现象都遵循化学变化的原则和规律。于是,我们就可以遵循化学的原理,利用化学的研究方法,来探索生命现象的化学本质,这就是我们所要学习的生物化学。

生物化学因此成为研究生命现象的重要手段。它使我们不但可以在生物体内(*in vivo*, 细胞内)研究各种生命现象,还可以在试管中(*in vitro*, 体外)研究生命现象的某个过程。使我们可以将复杂的生命现象分解开,逐一对各种现象进行探讨。

基础生物化学强调的是本质内容。所谓基础,并不等于削减内容或简单化。基础是事物发展的根本和起点,是事物发展的基本原理。对于生物化学而言,基础是生物化学中最重要的原理和基本概念。这些原理和概念对于大多数物种都适用。在必要时,我们也会指出某些生物的特殊性质,以及它们与其他生物的区别。

二、生物化学研究什么?

(一)研究生命的化学组成

一些基本的化学元素组成了生物体中的含碳化合物。这些含碳化合物的相对分子质量很大,所以叫做生物大分子(biological macromolecules)。这些大分子中最重要的是蛋白质、核酸、多糖和脂类,也包括一些有机酸、生物碱、维生素和激素等。关于蛋白质和核酸的内容将在第二、三章中介绍。细胞中复杂的膜系统与许多生物化学过程有关,在体内的物质代谢、能量代谢和信息传递等方面起重要作用。有关脂类和细胞膜的知识在第六章中讨论。

(二)研究生命的新陈代谢

新陈代谢是生命的显著特征之一。可以把新陈代谢分为物质代谢和能量代谢。物质代谢可以分为合成代谢与分解代谢。合成代谢(anabolism)指细胞合成维持生存、生长和生殖所需