

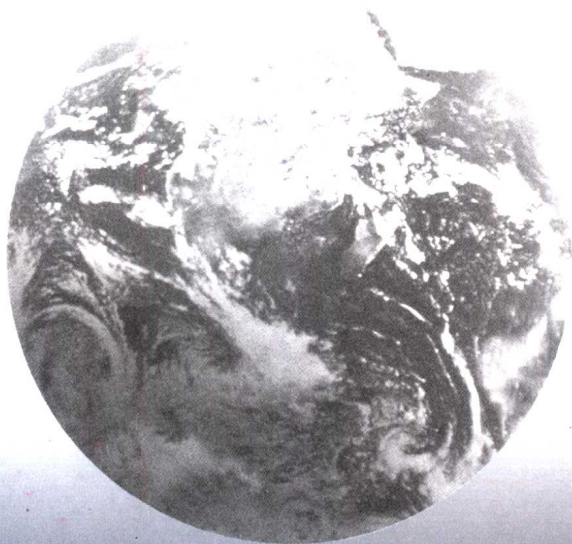


生物化学

主编 张子健

Xinshiji Gaodeng Shifan Yuanxiao Jiaocai

新
世
纪
高
等
师
范
院
校
教
材



Jiaocai

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/张子健主编.-上海:华东师范大学出版社,1990.5
(2001.6重印)

新世纪高等师范院校教材

ISBN 7-5617-0496-8

I. 生… II. 张… III. 生物化学-师范大学-教材 IV. Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 64351 号

生 物 化 学

张子健 主编

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行 江苏句容市排印厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:10.75 字数:270 千字

1990 年 5 月第一版 2003 年 7 月第 9 次印刷

印数:27 401—30 500 本

ISBN 7-5617-0496-8/N·024

定价:15.00 元

出版说明

1986年,我社受国家教委有关部门的委托,根据国家教委师范司制订的《二年制师范专科学校八个专业教学计划》的要求,与全国各省、市、自治区教委合作,共同组织编写了全国高等师范专科学校教材20余种;同时与华东六省教委密切协作,编写了能反映华东地区师专教学和科研水平的、适应经济建设较为发达地区的师专教学需要的教材40余种。从此,师专拥有了比较符合自己培养规格、规律和教学要求而自成系统的教材。实践证明,师专教材建设对于提高师专教学水平,保证师专教学质量起到了重要作用。

近几年来,在邓小平同志建设有中国特色社会主义理论的指引下,我国的教育事业取得了很大发展。国家教委根据《中国教育改革发展纲要》的要求,针对高等师范专科学校的教育特点,颁发了《高等师范专科教育二、三年制教学方案》,进一步明确了高等师范教育面向21世纪的发展目标和战略任务,以及教学内容和教学结构的改革要求。

自出版第一本师专教材以来,我社多年来分阶段地对师专教材的使用情况进行了跟踪分析,又于1995年开展了较为系统的全面调查。调查中,教师普遍反映,现有师专教材尚不同程度存在着与当前师专教学实际相脱节的现象;对各学科中的新发现、新理论、新成果,未能加以必要的反映,已跟不上当前社会、经济、科技等发展的新形势。考虑到师专从二年制向三年制发展的现状和趋势,我社于1996年初与华东六省教委有关部门一起,邀集全国48所师专代表专门研讨了师专教材建设问题,随即开展了部分教材的修订和新编工作。

1999年,我社又进行了更大范围的实地调查,发现不少地区

已将对中学教师的培养提高到了本科水平,在专业设置、课程计划、教学要求等方面都有变化。为此,我们对部分教材作了进一步的修订,使其能够适应新世纪的高等师范教学需要,同时也可用于中学教师的职后培训。

师范院校教材建设并不是一个孤立的系统,它必须服务于师范教育的总体规划。它已经历了从“无”到“有”的过程,并将逐步实现从“有”到“优”的目标。我们相信,通过各方面的努力,修订和新编的师范院校教材将充分体现基础与能力相结合,理论与实践相结合,当前与未来相结合的特色,日臻完善和成熟。

这次编写和修订工作得到了有关省市教委的大力支持,我们谨在此深表谢忱,并向为师范院校教材建设付出辛勤劳动的各地师范院校领导和所有参加编写、修订和审稿的专家、学者等致以衷心的感谢。

华东师范大学出版社
2000年1月

序 言

生物化学是生命科学中的一门重要学科,是学习生物学专业学生的必修基础课。目前全国高等师范院校的生物系都在开设这门课程,但均苦于没有一本适合教学用的教科书。在这种情况下,教育部决定,在制定生物化学教学大纲的基础上,组织教师编写教材。

这本教材是由四位多年来从事生物化学教学工作的教师合作编写的。编写过程中,四位同志付出了辛勤的劳动。他们参考了大量中外有关教材,并结合我国的具体情况,拟定编写大纲,选定教材内容,还多次召开会议对文稿进行反复审查修改,最后才由张子健老师定稿,交华东师大出版社出版。

我相信本书的出版对提高我国师范院校生物化学教学质量将起到良好作用,也将为今后培养合格的中学生物学教师作出应有的贡献。

吴国利

于北京师大生物系生化教研室

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 生物化学的概念和内容.....	(1)
第二节 生物化学发展简史.....	(3)
第三节 生物化学与有关学科的关系.....	(5)
第四节 生物化学在国民经济中的重要意义.....	(6)
第二章 蛋白质化学	(8)
第一节 概述.....	(8)
第二节 蛋白质的组成单位——氨基酸.....	(9)
一、氨基酸的结构	(9)
二、氨基酸的分类	(10)
三、氨基酸的理化性质	(12)
四、氨基酸的分离和分析	(20)
第三节 肽.....	(23)
一、肽、肽键和肽链	(23)
二、重要的活性肽	(25)
第四节 蛋白质的结构.....	(26)
一、蛋白质的一级结构	(27)
二、蛋白质的空间结构	(29)
第五节 蛋白质的结构与功能.....	(35)
一、蛋白质的一级结构与功能的关系	(35)
二、蛋白质的空间结构与功能的关系	(36)
第六节 蛋白质的性质.....	(37)
一、蛋白质的两性电离和等电点	(37)
二、蛋白质的胶体性质	(38)

三、蛋白质的沉淀反应	(39)
四、蛋白质的变性	(40)
五、蛋白质的颜色反应	(41)
第七节 蛋白质的分类	(42)
一、简单蛋白质	(43)
二、结合蛋白质	(43)
第三章 核酸的化学	(45)
第一节 核酸的组成及分布	(45)
一、元素组成	(45)
二、核酸的组成	(46)
三、核酸的种类及分布	(51)
第二节 核酸的结构	(53)
一、核酸的一级结构	(54)
二、DNA 双螺旋的空间结构	(56)
三、RNA 的空间结构	(63)
第三节 核酸的理化性质	(68)
一、细胞中核酸分子的大小及测定	(68)
二、一般性质	(69)
三、核酸的紫外吸收	(70)
四、核酸的变性与复性	(70)
第四节 核酸的衍生物	(73)
一、cAMP	(76)
二、cGMP	(76)
第四章 酶	(78)
第一节 概述	(78)
一、酶是生物催化剂	(78)
二、酶与一般催化剂的异同	(79)
第二节 酶的化学组成和结构	(80)
一、酶的分子组成	(80)

二、酶蛋白的结构	(80)
三、辅助因子	(82)
四、酶的活性部位和必需基团	(84)
五、酶原和酶原的激活	(84)
第三节 酶的作用特点和作用机理	(86)
一、酶具有高度的专一性	(86)
二、酶的作用机理	(87)
第四节 酶促反应速度和影响酶促反应速度 的因素	(93)
一、酶促反应速度的测定	(93)
二、酶浓度对酶促反应速度的影响	(94)
三、底物浓度对酶促反应速度的影响	(94)
四、pH 对酶促反应速度的影响	(100)
五、温度对酶促反应速度的影响	(101)
六、激活剂对酶促反应速度的影响	(101)
七、抑制剂对酶促反应速度的影响	(102)
第五节 酶活力的测定	(105)
第六节 酶的分类和命名	(106)
一、酶的分类	(106)
二、酶的命名	(107)
第七节 酶的分离提纯和保存	(108)
一、破碎细胞和抽提	(108)
二、纯化	(109)
三、酶的保存	(109)
第八节 酶的应用	(110)
第五章 维生素和辅酶	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 水溶性维生素	(112)
一、维生素 B ₁ 和羧化辅酶	(113)

二、维生素 B ₂ 和黄素辅酶	(115)
三、泛酸和辅酶 A	(117)
四、维生素 PP 和辅酶 I、辅酶 II	(117)
五、维生素 B ₆ 和磷酸吡哆醛	(120)
六、生物素	(122)
七、叶酸和叶酸辅酶	(123)
八、维生素 B ₁₂ 和维生素 B ₁₂ 辅酶	(125)
九、维生素 C(抗坏血酸)	(126)
第三节 脂溶性维生素	(128)
一、维生素 A	(128)
二、维生素 D	(130)
三、维生素 E	(131)
四、维生素 K	(132)
第六章 糖代谢	(134)
第一节 糖的酶促降解	(134)
一、淀粉的酶促水解	(135)
二、纤维素的酶促水解	(137)
三、双糖的酶促水解	(137)
四、淀粉的消化	(137)
第二节 糖的分解代谢	(138)
一、糖的无氧分解	(138)
二、糖的有氧氧化	(147)
三、磷酸戊糖途径	(155)
四、乙醛酸循环	(160)
第三节 糖的合成代谢	(162)
一、蔗糖的合成	(162)
二、淀粉的合成	(163)
三、糖元的生物合成	(164)
四、糖的异生作用	(165)

第七章 生物氧化	(169)
第一节 生物氧化的概念和特点	(169)
一、生物氧化	(169)
二、生物氧化的特点	(169)
三、生物氧化的部位	(170)
第二节 生物氧化的类型和二氧化碳的生成	(170)
一、生物氧化的类型	(170)
二、生物氧化中二氧化碳的生成	(171)
第三节 生物氧化中水的生成	(172)
一、呼吸链的概念	(172)
二、呼吸链的种类	(173)
三、呼吸链中传递体的顺序	(173)
四、呼吸链的组成	(173)
五、电子传递的抑制剂	(178)
六、呼吸链的其它类型	(178)
第四节 氧化磷酸化作用	(179)
一、自由能和高能化合物	(179)
二、ATP 的形成	(180)
三、线粒体外 NADH 的氧化磷酸化	(182)
四、合成 ATP 的酶系	(185)
五、氧化磷酸化机理	(185)
第五节 ATP 的作用	(186)
第八章 脂类代谢	(188)
第一节 脂类的酶促降解	(188)
一、脂肪(甘油三酯)的水解	(188)
二、类脂的水解	(189)
第二节 脂肪分解代谢	(190)
一、脂肪酸的 β -氧化	(190)
二、甘油氧化	(195)

三、酮体生成和利用	(196)
第三节 脂肪合成代谢	(199)
一、胞浆中饱和脂肪酸合成	(199)
二、线粒体(或内质网)中脂肪酸合成——脂 肪酸碳链伸长	(202)
三、不饱和脂肪酸合成	(203)
四、 α -磷酸甘油生成	(203)
五、脂肪合成	(204)
第四节 磷脂代谢	(205)
一、甘油磷脂合成代谢	(205)
二、甘油磷脂分解代谢	(207)
第五节 胆固醇代谢	(208)
一、胆固醇合成代谢	(208)
二、胆固醇的转变与排泄	(209)
第九章 蛋白质及氨基酸代谢	(217)
第一节 蛋白质的酶促降解	(217)
第二节 氨基酸的分解代谢	(219)
一、脱氨基作用	(219)
二、脱羧基作用	(223)
三、氨基酸碳骨架的氧化途径	(225)
四、氨的代谢转变	(226)
五、 α -酮酸的代谢转变	(231)
第三节 氨基酸的合成代谢	(232)
一、还原氨基化	(234)
二、转氨基作用	(235)
三、氨基酸之间的转化	(236)
第十章 核酸的代谢	(238)
第一节 核酸的分解代谢	(238)
一、核酸的酶促降解	(238)

二、碱基的分解代谢	(239)
第二节 核苷酸的合成	(242)
一、嘌呤核苷酸的合成	(243)
二、嘧啶核苷酸的合成	(245)
三、脱氧核苷酸的生成	(248)
四、胸苷酸的合成	(250)
第三节 DNA 的合成	(252)
一、DNA 复制是半保留式复制	(252)
二、DNA 复制的机制	(254)
第四节 DNA 损伤的修复	(265)
一、DNA 修复机制	(265)
二、DNA 损伤的修复与皮肤癌	(268)
第五节 RNA 的合成	(268)
一、基因转录产生 RNA	(268)
二、无序的类似 RNA 聚合物的形成	(278)
第六节 逆向转录	(280)
一、逆向转录的概念	(281)
二、逆向转录酶	(282)
三、原核生物中 RNA 病毒的复制	(282)
第十一章 蛋白质的生物合成	(284)
第一节 蛋白质的合成体系	(284)
一、mRNA 的作用原理	(284)
二、tRNA 的作用原理	(290)
三、核糖体	(292)
四、蛋白质生物合成中有关的酶和因子	(294)
第二节 蛋白质的生物合成过程	(296)
一、氨基酸的活化	(296)
二、核糖体循环	(297)
三、肽链合成后的加工与处理	(301)

四、新生蛋白质的去向	(303)
第十二章 物质代谢的相互联系和调节控制	(304)
第一节 物质代谢的相互联系	(304)
一、糖代谢与脂类代谢的相互联系	(304)
二、糖代谢与蛋白质代谢的相互联系	(305)
三、脂类代谢与蛋白质代谢的相互联系	(306)
四、核酸代谢与糖、脂类、蛋白质代谢的 相互联系	(307)
第二节 物质代谢的调节和控制	(309)
一、酶水平的调节	(309)
二、激素水平的调节	(317)
三、神经水平的调节	(320)
主要参考文献	(322)
编后语	(323)

第一章 绪 论

第一节 生物化学的概念和内容

生物化学是主要用化学的理论和方法,从分子水平来研究生物体的化学组成和生命过程中的化学变化规律的科学。所以,生物化学就是生命的化学。

生物化学的研究内容主要有以下几方面:

一、生物体的化学成分及组成

大自然中约有生物 200 多万种,它们是什么物质组成的呢?经过科学家们的不懈努力,现在已基本知道了。例如人体的组成物质:水约占 55~67%,蛋白质 15~18%,脂类 10~15%,无机盐 3~4%,糖类 1~2%以及核酸、维生素、激素等。其中蛋白质、核酸、脂类及糖类因其分子大、结构复杂、种类繁多,故被称为生物大分子。

对这些生物大分子进行水解,可得到组成它们的基本单位,如蛋白质的氨基酸,核酸的核苷酸,脂类的脂肪酸及糖类的单糖等,人们称这些基本单位为构件分子。

由构件分子通过共价键而构成生物大分子,再逐步形成细胞器、细胞、组织、器官及完整的生物体。研究生物体的组成成分及其理化性质,是本学科的主要内容之一。

二、结构与功能的关系

欲要研究生物体某一生理功能,就必须先要了解其相应的结构,这是因为有了特定的结构,才能有特定的功能。所以,研究生物体的某一器官、组织、细胞、细胞器、生物大分子、构件分子的结构,

为研究生理功能打下必要基础。

现在已能应用最先进的科学技术,从分子水平来研究生物体的结构与功能关系。例如:研究某一酶的分子结构,以此来了解其相应的催化活性和功能。又例如:脱氧核糖核酸(DNA)的分子结构,它具有遗传信息载体的功能。

三、物质代谢

新陈代谢是生命的主要特征之一。生物体不断与外界进行物质交换,从外界吸取营养物,又不断排出废物,这是生物体不断地进行同化和异化的化学反应过程的结果。

因为整个生命活动如生长、发育、繁殖、遗传、变异、运动等,都要经过新陈代谢才能实现,所以,研究物质代谢是很重要的。最明显的例子,如发酵制酒就是微生物新陈代谢的结果,使原料发生一系列的化学变化,变成人们所需要的产品,以满足人们生活需要。

四、能量代谢

在生物体内发生物质代谢的同时,也伴有发生一系列的能量变化。例如:生物体内进行物质分解反应时释放能量;而合成反应时需要能量。又例如:高能化合物 ATP 的生成及其利用过程。其它如体内的机械能、化学能、热能等之间的相互转化、相互联系以及相互制约等。所以,研究能量的产生、转化及其规律,是生物化学的任务之一。

五、新陈代谢的调控

不论物质代谢或能量代谢,都是在酶的催化下进行的。它们是有条不紊,又相互密切配合,恰到好处,这显然有一套非常精密的自动调控机构。例如:在一个活细胞内,有近两千种酶在同一时间内催化各种不同代谢的化学反应。又例如:在活细胞内,只要几秒钟,就有千百个不同的蛋白质合成。

六、遗传信息的贮存、传递和表达

对这些生命现象的化学本质,在过去有些是不清楚的。现在随

着科学技术的发展,也能深入地进行研究,并得到可靠的证据。例如:基因是遗传信息的载体,而基因是 DNA 链上的一个有效片段。不同的基因就是核苷酸链上各种不同碱基的不同排列结果。

七、蛋白质、核酸与生命现象的关系

近代科学的研究,证实了核酸是遗传物质的基础。它是蛋白质生物合成的模板。而蛋白质与生命现象密切相关,故形成了以蛋白质、核酸为中心的现代生物化学的基本理论,从而促进分子生物学、遗传工程学等的创立,有着重大的意义。

第二节 生物化学发展简史

一、我国古代人民的贡献

我国古代人民在长期的生产和生活中,积累很多的知识和经验,对生物化学的发展作出了很大的贡献。

在公元前 15 世纪,从殷墟出土的青铜器、酒具来看,已能造酒。在《尚书》中记有“若作酒醴,尔惟曲蘖。”已知酿酒用曲,曲即现在所知的酶。公元前 12 世纪,《周礼》中已有作酱的记载。

《黄帝内经·素问》中曾记载:“五谷为养,五畜为益,五果为助,五菜为充。”知道从营养的观点来搭配膳食。又如唐朝的《食疗本草》等著作中提出饮食治疗的思想。

在《左传》一书中记载用“曲”来治肠胃病。公元前 4 世纪,在《庄子》书中记载瘰病。后人用含有碘的海带、紫菜等来治甲状腺肿,用猪肝治雀目(即夜盲症)。

到了明朝,伟大学者李时珍著有《本草纲目》,记载药物 1800 多种,对药物生化的发展做出杰出贡献。

二、外国近代学者的贡献

从 18 世纪开始,主要在欧洲有许多著名学者:德国谢利(Karl Scheele)从植物和动物中分离出乳酸、柠檬酸、甘油等,开创了对各种生物组成成分的化学分析研究。法国拉瓦锡(A. L. Lavoisier)

在氧化呼吸方面亦有很大的贡献。

到了 19 世纪,有德国魏乐(F. Wohler)合成尿素,伯纳(C. Bernard)对消化、巴斯德(L. Pasteur)对发酵、李比希(J. Liebig)对生物物质定量、布霍奈兄弟(H. Buchner 及 E. Buchner)对生物催化剂、费歇(Emil Fischer)对多肽等研究都作出了杰出贡献。

20 世纪,一些新兴的科学技术和手段被广泛地应用于生化的研究。如:同位素示踪,超速离心,氨基酸自动分析仪,X-射线衍射,层析技术,电泳,红外、紫外分光光度法,质谱仪,核磁共振等,使生化研究取得突飞猛进的发展。如著名学者克雷布斯(Krebs)提出了三羧酸循环假说、美国鲍林(Pauling)对蛋白质结构的研究、英国桑格(F. Sanger)对蛋白质的氨基酸顺序测定、霍莱那(Khorana)对人工合成酵母丙氨酸 tRNA 的基因等方面研究,特别要提到沃森(Watson)和克里克(Crick)创立 DNA 双螺旋结构模型学说是一次重大突破,使生化研究工作提高到分子水平。

三、我国近代学者的贡献

解放前,我国学者对血液分析、制备无蛋白血滤液、血糖定量、蛋白质变性、免疫化学、食品分析等研究工作均做出很大成绩。由于过去因种种原因,发展甚慢。解放后,由于党和人民政府的重视和关怀,社会主义制度优越,在短期内有了飞跃的发展,我国生化工作者作出了巨大的成绩。其中最突出的有:1965 年人工合成有活性的结晶牛胰岛素,1972 年 X-射线衍射法测定猪胰岛素分子空间结构,分辨率达到 $1.8 \text{ \AA}$,1979 年人工合成有 41 个核苷酸组成的酵母丙氨酸转运核糖核酸半分子及 1982 年完成含有 81 个核苷酸的酵母丙氨酸转运核糖核酸等研究,标志着我国生化研究的某些领域已达到世界先进水平。

四、生物化学发展的三个阶段

第一,叙述生物化学阶段:在生物化学发展的萌芽时期,学