

生物化学

★ 钟洪枢 关基石 主编



高等教育出版社

GAODENG JIAOYU CHUBANSHE

生物化学

钟洪枢 关基石 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

文字六〇三厂印装

*

开本850×1168 1/32 印张13.25 字数330 000

1988年10月第1版 1988年10月第1次印刷

印数0 001—7 640

ISBN 7-04-000765-7/O·682

定价3.20元

前 言

本书是根据教育学院、卫星电视教育和师专的需要而编写，力求起点适中，文字简明易懂，每章有思考题，便于复习和自学。本书由钟洪枢、关基石同志任主编。全书共分十二章，其中绪论、蛋白质代谢、物质代谢的相互联系和调节控制由广州教育学院(广州师专)钟洪枢同志编写；糖类化学、脂类化学由广州师范学院关基石同志和武汉教育学院胡乾镇同志编写；蛋白质化学、核酸化学、酶学由广东教育学院刘聪生同志编写；维生素和辅酶由广州教育学院(广州师专)许毅玲同志编写；物质代谢和生物氧化、糖代谢、脂类代谢由肇庆师专(西江大学)古汉珠同志编写；核酸代谢由关基石同志和郑州教育学院马亚光同志编写。实验部分由关基石同志编写。

一九八六年七月，在广东教育学院召开本书的审稿会议，由华南师范大学程双奇教授任主审，参加审稿的同志有广西师范大学杨继华同志、华中师范大学梅尚筠同志、北京师范大学谢安琪同志、华东师范大学罗纪盛同志、广州师范学院关基石同志、长春教育学院郭玉勤同志、上海教育学院孙蕴璋同志、福建教育学院陈敏同志、高等教育出版社谭丽霞同志。会议期间，代表们认真细致地审阅全稿，提出中肯详细的修改意见。会议后，各编者根据审稿会议提出的修改意见进行修改，然后由审稿的同志分章进行再审。再由关基石同志对全书统改定稿。最后，程双奇教授又审阅全稿。对审稿同志的帮助指正，编者表示衷心感谢。

本书的编写工作得到高等教育出版社、广东教育学院和各审稿、编写同志所在院校的热情关怀和大力支持，在此一并致谢。

本书可供教育学院生物专业学员和卫星电视教育生物专业的学员使用，也可供师专作为教材和中学生物教师参考。

由于编者水平所限，本书肯定会有缺点和不足，请读者批评指正。

编者

1987年10月

目 录

绪论	1
第一章 糖类化学	4
第一节 糖类的概念	4
一、糖类的生物学意义	4
二、糖类的概念	5
三、糖的分类和命名	5
第二节 单糖的结构和性质	6
一、单糖的结构	6
二、单糖的性质	14
第三节 二糖的结构和性质	20
一、还原性二糖的结构和性质	20
二、非还原性二糖的结构和性质	21
第四节 多糖的结构和性质	23
一、同多糖	23
二、杂多糖	29
第二章 脂类化学	36
第一节 脂类的概念	36
第二节 脂肪的结构和性质	37
一、脂肪的结构	37
二、脂肪的性质	39
第三节 蜡	42
第四节 复合脂类的结构和性质	43
一、磷脂	43
二、糖脂	47
第五节 固醇	49

一、胆固醇(胆甾醇)	50
二、麦角固醇	50
第三章 蛋白质化学	52
第一节 蛋白质的概念	52
一、蛋白质的生物学意义	52
二、蛋白质的概念	52
三、蛋白质的分类	53
第二节 氨基酸的结构和性质	55
一、氨基酸的结构	55
二、氨基酸的分类	56
三、氨基酸的性质	61
第三节 肽	67
第四节 蛋白质的结构	69
一、蛋白质的一级结构	70
二、蛋白质分子的空间结构	71
三、蛋白质的结构与功能的关系	82
第五节 蛋白质的重要性质	87
一、胶体性质	87
二、蛋白质的两性解离及等电点	88
三、蛋白质的沉淀作用	90
四、蛋白质的变性	90
五、颜色反应	92
第四章 核酸化学	95
第一节 核酸的概念	95
一、核酸的生物学意义	95
二、核酸的种类和分布	96
第二节 核酸的组成成分	98
一、核糖及脱氧核糖	99
二、含氮碱	99

三、核苷	100
四、核苷酸	101
第三节 核酸的结构	103
一、核酸的一级结构	103
二、DNA 的二级结构	106
三、DNA 的三级结构	111
四、RNA 的构象(RNA 的二级结构和三级结构)	111
第四节 核酸的性质	114
一、一般性质	114
二、紫外吸收	116
三、变性、复性与分子杂交	117
四、核酸的制备和测定	120
第五节 核苷酸的衍生物	122
一、核苷 5'-多磷酸化合物	122
二、3',5'-环化的核苷酸	124
第五章 酶学	126
第一节 酶的概念	126
一、酶的生物学意义	126
二、酶的化学本质及其催化特点	127
三、酶的命名	128
四、酶的分类	129
第二节 酶的组成和结构	130
一、酶的组成	130
二、酶的结构	131
第三节 酶的特异性(专一性)	135
一、相对专一性	135
二、绝对专一性	136
三、立体异构专一性	136
第四节 酶的作用原理	137

一、酶的催化作用与分子活化能的关系	137
二、中间产物学说	138
三、诱导契合假说	139
四、酶原激活	140
第五节 影响酶促反应的因素	142
一、酶浓度对酶促反应的影响	142
二、底物浓度对酶促反应的影响	142
三、温度对酶促反应的影响	144
四、pH 对酶促反应的影响	145
五、激活剂对酶促反应的影响	147
六、抑制剂对酶促反应的影响	148
第六节 酶的制备和应用	150
一、酶的制备	150
二、酶的活力测定	152
三、酶的应用	153
第六章 维生素和辅酶	156
第一节 水溶性维生素与辅酶	156
一、维生素B ₁ 与焦磷酸硫胺素	156
二、维生素B ₂ 与黄素辅酶	158
三、维生素PP与辅酶I、辅酶II	160
四、泛酸和辅酶A	162
五、叶酸和叶酸辅酶	164
六、维生素B ₆ 和磷酸吡哆醛	165
七、生物素和羧化辅酶	167
八、维生素B ₁₂ 和B ₁₂ 辅酶	169
九、维生素C(抗坏血酸)	172
十、硫辛酸	173
第二节 脂溶性维生素	174
一、维生素A	174
二、维生素D	176

三、维生素E	178
四、维生素K	179
第七章 新陈代谢和生物氧化	182
第一节 新陈代谢的概念	182
一、新陈代谢的一般概念	182
二、分解代谢和合成代谢	182
三、新陈代谢的特点	183
第二节 生物氧化的涵义	183
一、生物氧化的概念	183
二、生物氧化的特点	184
三、生物氧化的生物学意义	184
第三节 生物氧化中水的生成	185
一、呼吸链的组成	185
二、呼吸链的类型和递体的顺序	189
第四节 生物氧化中二氧化碳的生成	190
一、直接脱羧反应	190
二、氧化脱羧反应	191
第五节 氧化磷酸化作用	191
一、氧化磷酸化概念	191
二、ATP的生成、转移、贮存和利用	191
三、氧化磷酸化作用机理——化学渗透学说	196
第八章 糖代谢	199
第一节 糖的分解代谢	199
一、糖的酶促降解	199
二、糖酵解途径	200
三、糖的有氧分解	205
四、磷酸戊糖途径	213
第二节 糖的生物合成	217
一、糖的异生作用	217

二、二糖的生物合成	219
三、糖原的生物合成	220
四、淀粉的生物合成	221
第九章 脂类代谢	224
第一节 脂肪的分解代谢	224
一、脂肪的酶促水解	224
二、甘油的分解代谢	225
三、脂肪酸的分解代谢—— β -氧化	225
四、酮体的生成和分解	230
第二节 三酰基甘油的生物合成	232
一、 α -磷酸甘油的生物合成	233
二、饱和脂肪酸的生物合成	233
三、三酰基甘油的生物合成	237
第三节 磷脂代谢	238
一、磷脂的酶促水解	240
二、磷脂的生物合成	240
第四节 胆固醇代谢	241
一、胆固醇的合成	241
二、胆固醇的转化和排泄	242
第十章 核酸代谢	244
第一节 核酸和核苷酸的分解代谢	245
一、核酸的酶促降解(解聚)	245
二、核苷酸的水解	246
三、嘌呤和嘧啶的分解	246
第二节 核苷酸的生物合成	249
一、嘌呤核糖核苷酸的生物合成	250
二、嘧啶核糖核苷酸的生物合成	254
三、单核苷酸转化成核苷三磷酸	256
四、脱氧核苷酸的生物合成	257
五、核苷酸合成的补救途径	259

第三节	DNA的合成	261
一、	DNA的半保留复制	261
二、	逆转录作用(RNA指导下的DNA合成)	278
三、	DNA的损伤与修复	279
第四节	RNA的合成	282
一、	转录(DNA指导的RNA合成)	283
二、	RNA复制(RNA指导的RNA合成)	291
第十一章	蛋白质代谢	294
第一节	蛋白质的分解代谢	294
一、	蛋白质的酶促降解	294
二、	氨基酸的分解代谢	295
第二节	蛋白质合成代谢	308
一、	氨基酸的生物合成	308
二、	蛋白质的生物合成	310
第十二章	物质代谢的相互联系和调节控制	324
第一节	物质代谢的相互联系	324
一、	糖代谢和脂肪代谢的相互联系	324
二、	糖代谢和蛋白质代谢的相互联系	325
三、	蛋白质代谢和脂肪代谢的相互联系	325
四、	核酸代谢与糖、脂肪和蛋白质代谢的相互联系	326
第二节	代谢的调节	326
一、	酶水平的调节	328
二、	激素水平的调节	336
三、	神经水平的调节	337
附录		339
实验		350
实验须知		350
实验一	蛋白质及氨基酸的呈色反应	351
实验二	蛋白质的沉淀反应及等电点的测定	359

实验三	福林(Folin)-酚试剂法测定蛋白质的含量	364
实验四	总氮量的测定	366
实验五	纸层析法分离氨基酸	374
实验六	醋酸纤维薄膜电泳法分离血清蛋白质	380
实验七	酵母RNA的分离及组分鉴定	384
实验八	酶的特性	386
实验九	维生素C的定量测定(2,6-二氯酚靛酚滴定法)	392
实验十	底物浓度对酶活性的影响(K_m 值测定)	396
实验十一	氨基移换反应——血清转氨酶活力的测定 ...	402
实验十二	肌糖原的酵解作用	407
主要参考书		411

绪 论

生物化学是研究生命现象的化学本质的科学。它主要是运用化学、物理学和生物学的理论和方法研究生物体的化学组成和生命过程中化学变化的规律。

生命物质主要有糖类、脂类、蛋白质、核酸以及调节控制机体代谢的酶、激素、维生素和辅酶等。生物化学主要是研究这些物质的组成、结构、性质以及这些物质在有机体内发生的化学变化过程和能量转变方式;研究这些变化和复杂生命现象之间的关系,利用这些知识为社会主义建设和人类的健康服务。

由于研究的对象和目的不同,生物化学又有许多分支学科。研究物质的化学组成、结构和性质的称静态生物化学;研究生命物质的分解和合成代谢的称动态生物化学。根据研究的对象,可分为动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学、医学生物化学、农业生物化学、细胞生物化学、组织生物化学等。为了弄清遗传变异、机体的病变等生命现象、要从分子水平来解开生命之谜,生物化学进一步发展,便产生了新的学科——分子生物学。本书主要是介绍生物化学基本知识,可作为培训初中生物学教师的普通生物化学教材。

虽然生物化学是在生物学和化学基础上发展起来的一门科学,但生物化学又是各门生物科学的基础,特别是生理学、微生物学、遗传学和细胞学等各学科的基础。随着现代化学和其他学科如物理学、数学的不断渗入,新技术如X-光衍射、同位素示踪法、分光光度法、色谱法、电子显微镜、蛋白质和DNA自动分析仪和顺序分析仪的应用,使生物化学飞跃地发展。在生物化学基础上

形成了许多新兴的学科如酶工程和基因工程等。生物化学已成为推动生物科学发展的前沿学科之一。

生物化学是一门年轻的学科,在 19 世纪末和 20 世纪初,生物化学才成为一门独立的学科。“生物化学”这个名词是在 1903 年,由纽伯格(Neuberg)提出来的。从发展过程来看,生物化学起源于西欧,首先在德国,继而在法国、英国得到发展。北欧、北美、日本的生物化学最初都是从德国引入的。20 世纪 30 年代初期,我国生物化学的先驱吴宪教授(1893—1959)在生物化学的科学研究和教学方面做了大量工作,推动了我国生物化学的发展。

生物化学在我国有悠久的历史,在古代我国劳动人民便在饮食、酿酒、制饴、做酱、医药卫生等方面积累了丰富的生物化学知识,例如用麦曲酿酒制醋和治腹疾;用海藻治甲状腺肿;用猪肝治夜盲等。但由于漫长的封建制度的束缚和帝国主义的侵略,曾经在世界上处于领先地位的我国科学,反而落后于欧美日。解放后,我国生物化学在科学研究、教育和生产应用上都有蓬勃的发展,在研究蛋白质、酶、核酸、代谢、生物膜、激素等基础理论方面,以及在临床生化、维生素、营养、食品化学、血浆及其代用品、工业发酵、抗菌素、药理等生化应用方面都取得可喜的成绩。1965 年,我国人工合成具有生物活性的结晶牛胰岛素,是世界公认的第一个人工合成的具有全部生物活性的蛋白质;1981 年,人工合成具有天然活性的酵母丙氨酸转移核糖核酸,这些成果都已达到国际先进水平,通过生物化学工作者的努力,我国与先进国家的生物化学水平的差距正在缩短。

生物化学在医药卫生中的作用非常明显,它是医药卫生的重要理论基础。合理的营养,对增进人体的健康和延缓人体的衰老都有重要的作用。灵敏的生化诊断已成为确诊病因的一种有效手段。生物化学技术在生物制品和新药制备方面的应用,对防治某些严重危害人民健康的疾病起到关键性的作用。

生物化学和农、林、畜牧、渔业的关系是很密切的。植物营养要素的需求、光合作用机制、植物新陈代谢过程的调控。生物固氮等的研究，都要依靠生物化学；畜牧渔业方面，如何提高肉类蛋白质的含量和肉类加工等，也需要生物化学。因此，生物化学对农牧渔业的发展也都起着重要的作用。

生物化学在工业上主要应用于食品工业、发酵工业、制药工业、生物制品工业和皮革工业。生物化学不但是这些工业生产过程的理论基础，而且为改进这些工业的生产技术创造条件。生物化学与资源的开发利用也有密切的关系。

由于生物化学在生物学中的地位和在社会主义建设中的作用，所以生物化学是生物专业学生必修的一门重要基础课。学习生物化学时，应对教材内容作全面的了解，从各类化学物质的组成结构出发，掌握它们的性质和功能，进而学习它们在生物体内的化学变化。学习生物化学要充分运用已学过的有机化学知识，并与生物学其他课程如生理学等联系，以促进理解，加强记忆。学习生物化学要理论联系实际，不仅要重视实验，多做实验，提高动手的能力，而且要与生物机体各种正常和异常的生命现象联系。学习生物化学还要与中学生物学教材中提到的各种生命现象相联系，这样才能学得深、记得牢，用得上，为提高中学生物课的教学质量服务。

第一章 糖类化学

糖类在自然界分布极广，特别是在植物中，糖类占其干重的85—90%。植物细胞壁的主要结构物质是纤维素；木材的主要成分也是纤维素；棉花几乎是纯纤维素。而淀粉则是植物储存的多糖；甘蔗和甜菜储存有丰富的蔗糖；水果含有葡萄糖和果糖等。

动物血液中含有葡萄糖(称为血糖)，肝脏和肌肉中含有糖原，乳汁中含有乳糖。

核糖和脱氧核糖是核糖核酸和脱氧核糖核酸的组成成分，存在于所有生物体中。

第一节 糖类的概念

一、糖类的生物学意义

糖类对于人类、动植物和微生物都很重要，它的主要生物学功能如下：

1. 糖类通过氧化反应为生物体的生命活动提供能量，是重要的生物能源。

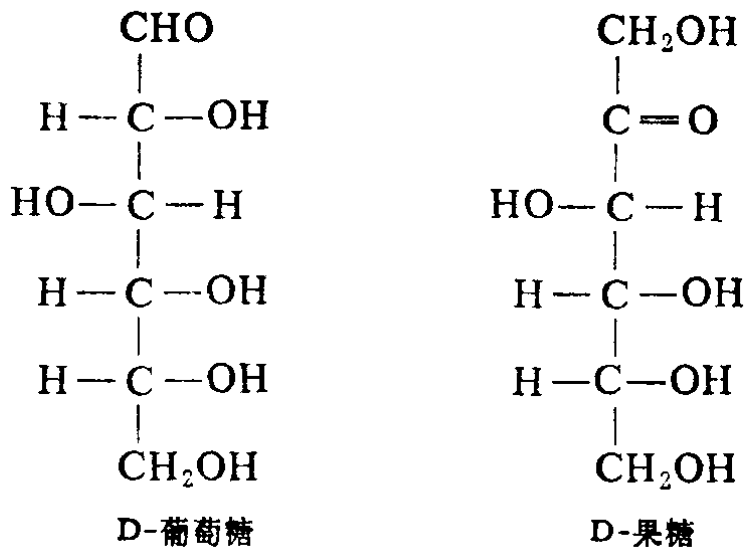
2. 糖类是生物体的重要结构成分。例如植物细胞壁的纤维素；昆虫甲壳的壳多糖；细菌细胞壁的肽聚糖。含氮的粘多糖存在于软骨、腱等结缔组织中，构成组织间质，也存在于关节液、眼球玻璃体和皮肤等组织中，具有组织润滑剂和阻滞微生物侵袭的作用。

3. 糖类在体内可提供合成脂肪、蛋白质和核酸的碳骨架。糖类是生物体合成脂肪、蛋白质和核酸等物质的基本原料。

4. 细胞表面的糖蛋白不但是生物膜的重要组分，而且是细胞识别功能的分子基础。

二、糖类的概念

糖类是多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。例如葡萄糖和果糖的链状结构式是：



由上述结构式可见，葡萄糖是六个碳原子的多羟基醛，称为己醛糖；果糖是六个碳原子的多羟基酮，称为己酮糖。

糖类主要是由碳、氢和氧三种元素组成，其分子式通常以 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ 表示， n 与 m 相等或不等。由于许多糖分子中氢和氧原子数之比是 2:1，刚好与水分子中氢氧原子数的比例相同，所以曾经把这类物质称为“碳水化合物”。后来发现有些化合物，如鼠李糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$)和脱氧核糖($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$)等，它们的结构和性质属于“碳水化合物”，但分子中氢氧原子数之比并不是 2:1；而有些化合物，如乙酸($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$)、乳酸($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)等，它们的分子式虽然符合上述通式，但却不具有糖的结构和性质。因此把糖类称为“碳水化合物”并不恰当，但因沿用已久，所以至今仍然使用。

三、糖的分类和命名

根据糖类物质水解的情况，可分为三类：单糖、低聚糖和多糖。

(一) 单糖 不能被水解为更小分子的糖属于单糖。根据单糖所含的羰基的位置分为醛糖和酮糖两类。按分子所含碳原子数