

SHENGWU HUAXUE JIAOCHENG

生物化学

(第三版)

教程

张洪渊 主编

四川大学出版社



SHENGMU FENXUE JIAOCHENG

生物化学

教程

第二版

人民卫生出版社

高等学校教材

生物化学教程

(第三版)

主 编 张洪渊

副主编 刘克武

编 写 张洪渊 刘克武

魏 炜 龚由彬

四川大学出版社

2002年·成都

责任编辑:张春燕
责任校对:柏梅
封面设计:陈国弟
责任印制:杨丽贤

图书在版编目(CIP)数据

生物化学教程 / 张洪渊主编. —3版. —成都: 四川大学出版社, 2001.5 (2002.8重印)

ISBN 7-5614-0050-0

I. 生... II. 张... 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 (2002) 第 064444 号

内 容 提 要

本书在第二版的基础上,本着突出“三基”(基本理论、基础知识、基本技能)和“五性”(科学性、思想性、先进性、启发性、适用性)的原则,并注意了生物学、生物技术(或生物工程)等专业的教学特点来加以修改的。在本版的编写中内容取舍适中,文字通俗易懂,以基础知识为主,适当反映现代生化领域的新进展。本书可供综合性大学、师范及其他院校生命科学各相关专业作为教材使用,也可供医药院校、农林院校有关专业师生参考。本书共分十七章,第一至第七章为生命物质的化学结构、性质及功能,包括糖、脂、蛋白质、核酸、酶、维生素、激素;第八至第十二章为生命物质的代谢,包括生物氧化、糖代谢、光合作用、脂代谢、氨基酸代谢;第十三至十七章为细胞信号的转导,包括核酸的复制、转录和翻译,物质代谢的调控、胞外信号的传递;最后一章为基因工程和蛋白质工程。每章附有习题练习,以及中英文对照学习要点。全书最后附有常用生化名词缩写、索引(汉英对照)和参考资料。

书名 生物化学教程

主 编 张洪渊
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段24号(610065)
发 行 四川大学出版社
印 刷 郫县犀浦印刷厂
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 33.25
字 数 840千字
版 次 2002年8月第3版
印 次 2005年7月第4次印刷
印 数 12 001~13 000册
定 价 49.50元

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。电话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

第三版序言

生物化学及分子生物学的发展日新月异，对教材的编写和修改，需要不断充实新内容与新观念。在各学校专业调整，要求学生知识结构发生变化的前提下，本着突出“三基”（即基本理论、基础知识和基本技能）和“五性”（科学性、思想性、先进性、启发性和适用性）的特点，并参照使用过本教材（第二版）部分院校师生的意见，在原第二版的基础上做了以下几方面的修改。

首先，删繁就简。将那些内容比较陈旧、叙述繁杂或图文内容重复的部分删掉了，便于更加突出重点，突出“三基”和“五性”。另外，对于那些在基础课中可用可不用的内容一律省去。据我所知，有些内容在教师的“教”和学生的“学”之中很少用到，在深入学习或工作实践中又不够用，仍需查阅专业课教材的这部分内容也作有省略与修正。

其次，推陈出新。在去掉部分比较陈旧内容的同时，添加了一些最新的知识和概念。本版新增两章内容（第十六、十七章）：细胞信号转导和基因工程及蛋白质工程，以适应在新形势下生物学专业、生物工程（技术）专业学生的渴求。

再其次，为了便于读者学习和逐步向“双语”教学模式的过渡，每章均附有中英文对照的“本章学习要点”。此外，在正文中也加大了英文专业词汇的量。

本书第三版的出版，得到了四川大学教务处、四川大学生命科学学院和四川大学出版社的关怀和支持，我们表示由衷的谢意。希望读者在使用中继续提出宝贵意见，以便做得更好，谢谢！

张洪渊
2002年4月

绪 论

(第三版)

生物化学(Biochemistry)是研究生物机体的化学及其化学变化规律的科学,它是生物学(Biology)和化学(Chemistry)相互渗透、交叉而产生的一门边缘学科。从其研究内容和发展趋势而言,它是在分子水平上来研究生命现象和生命本质的科学,以阐明生物机体各种生理过程的分子机理。从这个角度看,生物化学和分子生物学(Molecular Biology)是不能截然分开的。这也正是“国际生物化学协会”(The International Union of Biochemistry)现更名为“国际生物化学与分子生物学协会”(The International Union of Biochemistry and Molecular Biology)和“中国生物化学学会”,而又更名为“中国生物化学与分子生物学学会”的理由。

一、生物化学的研究内容

整个生物界从简单的病毒(virus)、细菌(bacteria)到复杂的高等动、植物和人,其化学组成及其变化尽管有相同之处,但更有着巨大的差别。因此,根据研究对象的不同,生物化学有多个分支:动物生化、植物生化和微生物生化,本书所涉及的对象是整个生物界,称为普通生物化学(Ordinary Biochemistry);从分子水平深入到生命科学的不同领域,探讨机体与免疫的关系,称为免疫生物化学(Immunobiochemistry);以生物不同进化阶段的化学特征为研究对象,称为进化生物化学(Evolutionary Biochemistry)或比较生物化学(Comparative Biochemistry);以细胞和组织器官分化的分子基础为研究内容,称为分化生物化学(Biochemistry of Development)。生物化学实际上也是一门应用科学,在生产实践中有着广泛的用途。按应用领域的不同,它又可分为工业生化(Industry Biochemistry)、农业生化(Agriculture Biochemistry)、医学生化(Medicine Biochemistry)、食品生化(Food Biochemistry)等。

本书内容属于普通生物化学范畴,主要涉及以下内容:

1. 构成生物机体的物质基础

研究构成生物机体各种物质(称为生命物质)的化学组成、分子结构和理化性质,以及它们在生物机体内的分布和所起的作用。这些物质包括糖、脂、蛋白质、核酸、酶、维生素、激素、抗生素等。

2. 生命物质在生物机体中的运动规律

构成生物体的各种生命物质在生命活动中是在不断变化的,即不断分解与合成,相互转换及相互影响。这种变化构成了生命的基本特征——新陈代谢(metabolism),包括物质代谢和能量代谢,并探讨机体与周围环境进行物质和能量交换的规律。

3. 生命物质的结构、功能与生命现象的关系

研究各种生命物质在生命活动中所起的作用,结构的变化对生命活动的影响,即探讨结构与功能的关系,从中探索生命的奥秘,以便在实践中进行模拟、创建和改造生物或生物的功能,以便更好为人类服务。

以上述三方面内容为核心的研究,将普通生物化学分成了有机生物化学(或静态生化)、代谢生物化学(动态生化)和功能生物化学(机能生化)三个部分。这几个部分既互相区别,又紧密联系,从而构成了生物化学研究的基本内容。

二、生物化学在生命科学中的作用和地位

生物学或称生命科学(Science of Life)发展到今天,已进入到分子水平。因此,生命科学中许多分支在其学科名称前常冠以“分子”二字,因而出现了分子分类学(Molecular Taxonomy)、分子遗传学(Molecular Genetics)、分子免疫学(Molecular Immunology)、分子病理学(Molecular Pathology)等。这些学科的研究有赖于生物化学的理论和技術,因此,生物化学是现代生物学的基础,是各学科的共同语言,即“通用货币”。另一方面,生物化学又是现代生命科学的前沿,因为众多生物学科的发展水平及其速度,在一定程度上依赖于生物化学研究的进展和所取得的成就。事实上,没有生物化学上对生物大分子(蛋白质和核酸)结构与功能的阐明,没有遗传密码(genetic code)以及遗传信息传递途径的发现,就没有今天的分子生物学与分子遗传学;没有生物化学上对限制性核酸内切酶(restriction endonuclease)的发现及纯化,就没有今天的生物工程(Biotechnology);没有DNA测序技术的发明及发展,就没有人类基因组计划(human genome project)等。可见生物化学与生命科学中其他各学科之间的关系是非常密切的,在生命科学中占有重要的地位。

在此,需要一提的是,生物化学同其他生物学科一样,对生命现象只是在一个层次或一个角度上进行研究的,仅仅是对生物机体进行“分析”。但是生物体毕竟是一个完整的、统一并协调的机体,要全面认识它,并认识生命现象的本质,仅仅有这种“分析”性研究也是不够的,在“分析”的基础上还得进行“综合”的研究。换言之,在学习生物化学的同时,也得重视对生物进行宏观研究的一些传统生物学科的学习和研究。

三、生物化学的发展

生物化学是较为年轻的学科,作为一门独立的学科仅仅是在20世纪初形成的。初期的研究是分析生物机体的一些化学组成,如糖、脂、氨基酸等,由于碱基和核苷酸的发现,对遗传变异的物质基础——核酸的研究逐步深入和系统化。在20世纪40年代末到50年代初,由于同位素示踪、X-射线衍射等技术用于对生物分子的研究,使生物化学有了较大的发展。Frederick Sanger提出了牛胰岛素的一级结构(1953),而在1951—1959年间,Linus Pauling和Robert Corey提出了角蛋白的 α -螺旋及 β -折叠结构,John Kendrew提出肌红蛋白的三级结构,Max Perutz提出了血红蛋白的四级结构。也就是在1953年,James Watson和Francis Crick提出了DNA双螺旋结构模型,开创了分子遗传学的新纪元,并诞生了分子生物学。在这之后,1965年我国科学家首次用人工方法合成了有生物活性的胰岛素,并对胰岛素的晶体结构进行了一系列研究。

自20世纪70年代初发现限制性核酸内切酶后,逐步发展形成了以基因工程为核心的生物工程,对整个生命科学的发展及生物产业的建立起了很大的推动作用。近20年来,几乎每年的诺贝尔医学和生理学奖以及部分化学奖都授予从事生物化学和分子生物学的科学家。在新的世纪里,从事生物化学及分子生物学的研究将有着广阔灿烂的前景。

当前在以下几方面将成为生物化学研究的重点和热点:

1. 大分子的结构与功能

蛋白质、核酸和糖这些重要生物大分子的结构与功能关系的研究,仍将是生物化学的首要任务。蛋白质重点在空间结构的研究,形成空间结构的密码,以及空间结构与其功能的关

系。在核酸特别是 DNA 研究中，由于大规模测序技术的建立，在完成人类基因组计划之后，将进行所谓后基因组计划 (post genome project)，包括功能基因组学 (functional genomics)、蛋白质组学 (proteomics)、生物信息学 (bioinformatics) 和生物芯片 (biochips) 技术等。

2. 机体自身调控的分子机理

生物体内各种物质代谢的调节控制，生物信息的传递及其对物质代谢的调控作用，遗传基因信息的传递及其调控，将是机体自身调控机制研究中的主题，这将对揭示遗传变异、分化与增殖、机体的高度统一性和协调性的本质方面起决定作用。

3. 生化新技术的建立与发展

生物化学技术与研究手段对发展生命科学也至关重要。新技术的建立与完善将加速生命科学的发展速度。在当前，要求在蛋白质的分离纯化、微量与超微量生命物质的检测与分析、酶的分子改造与模拟、大规模测序技术、各种生物信息数据库的建立等方面有新的突破，这是近期及若干年内技术发展上主攻的课题。

可以相信，在新世纪生物化学将比上世纪有无可比拟的发展和进步，在促进生命科学的发展中将起更大的作用。

目 录

第一篇 生命物质的化学

第一章 糖 类

第一节 概述	1	三、单糖衍生物	12
一、糖的定义	1	第四节 寡 糖	17
二、糖的分类	1	一、寡糖的命名	17
三、糖类物质的生物学功能	2	二、二 糖	17
第二节 单糖的化学结构	2	三、三 糖	19
一、定义及分类	2	第五节 多 糖	20
二、单糖的旋光性与开链结构	2	一、同聚多糖	20
三、单糖的环状结构	5	二、杂聚多糖	24
四、单糖的构象	8	三、细菌多糖	27
第三节 单糖的性质	9	本章学习要点	29
一、旋光性与变旋性	9	习 题	30
二、单糖的反应	10		

第二章 脂质和生物膜

第一节 油 脂	31	第四节 其他酯类	42
一、油脂的存在及其生物学意义	31	一、萜 类	42
二、油脂的结构	31	二、蜡	42
三、油脂的理化性质	33	三、糖 脂	42
四、油脂的鉴定	35	第五节 生物膜	44
第二节 磷 脂	36	一、生物膜的化学组成	44
一、甘油磷脂类	36	二、生物膜的结构模型	45
二、神经鞘磷脂	38	三、生物膜的功能	46
第三节 固醇和类固醇	39	本章学习要点	48
一、固醇类	39	习 题	48
二、类固醇	40		

第三章 蛋白质化学

第一节 蛋白质分子组成成分	50	三、蛋白质的基本结构单位——氨基酸	51
一、蛋白质的元素组成	50	第二节 氨基酸的性质	55
二、蛋白质的水解	50		

一、氨基酸的光学活性和光吸收性质	55	七、蛋白质一级结构对高级结构的影响	88
二、氨基酸的解离和两性性质	57	第八节 几种典型蛋白质的结构与功能	89
三、氨基酸的化学反应	59	一、纤维状蛋白质	89
第三节 氨基酸的分离与测定	64	二、球状蛋白	90
一、层析法	64	三、糖蛋白	93
二、电泳法	67	四、脂蛋白	93
三、氨基酸的显色反应	67	第九节 蛋白质结构与功能的关系	95
第四节 肽	68	一、一级结构与功能的关系	95
一、肽的结构	68	二、高级结构与功能的关系	97
二、天然活性肽	69	第十节 蛋白质的性质	98
第五节 蛋白质的分类	71	一、蛋白质的两性解离和等电点	98
一、单纯蛋白质	71	二、蛋白质分子的大小	100
二、结合蛋白质	72	三、蛋白质的胶体性质	102
第六节 蛋白质的一级结构	72	四、蛋白质的沉淀作用	102
一、蛋白质的氨基酸组成	72	五、蛋白质的变性作用	103
二、蛋白质分子结构中的化学键	73	六、蛋白质的颜色反应	103
三、蛋白质一级结构的测定	75	第十一节 蛋白质的分离、纯化与测定	104
四、几种蛋白质的一级结构	80	一、蛋白质分离纯化的一般原则	104
第七节 蛋白质的高级结构	81	二、蛋白质分离纯化的方法	105
一、蛋白质各级结构的基本概念	81	三、蛋白质的分析测定	108
二、构型与构象	82	本章学习要点	112
三、蛋白质的二级结构	82	习题	113
四、超二级结构和结构域	85		
五、蛋白质的三级结构	86		
六、蛋白质的四级结构	86		

第四章 核酸化学

第一节 核酸的组成成分	115	六、RNA的高级结构	126
一、糖组分	115	第三节 DNA的结构	130
二、碱基	116	一、DNA的一级结构	130
三、核苷	117	二、DNA的二级结构	133
四、核苷酸	118	三、DNA的三级结构	138
五、修饰成分	120	第四节 核酸及核苷酸的性质	139
第二节 RNA的结构	120	一、溶解性	139
一、RNA的类别及分布	120	二、核酸及其组分的两性性质	139
二、RNA一级结构的概念	122	三、紫外吸收	142
三、核酸的降解	122	四、核酸的变性与复性	143
四、RNA一级结构的测定	125	第五节 核酸及其组分的分离纯化	144
五、RNA一级结构的特点	126	一、分离核酸的一般原则	144

二、DNA 的分离纯化	144	三、DNA 的凝胶电泳	147
三、RNA 的分离纯化	145	四、核酸分子杂交	148
四、核酸组分的分离纯化	145	五、印迹技术	149
第六节 核酸的分析测定及研究方法	146	六、PCR 技术	149
一、核酸及其组分含量的测定	146	本章学习要点	151
二、核酸纯度的测定	147	习 题	152

第五章 酶 学 ✓

第一节 酶促反应特点及酶的分类	153	三、米氏常数 (K_m) 的意义	173
一、酶的催化特性	153	四、米氏常数的求法	175
二、酶专一性的类别	154	第五节 影响酶作用的因素	176
三、酶的命名	155	一、温度对酶作用的影响	176
四、酶的分类	155	二、pH 对酶作用的影响	177
五、酶的系统编号	156	三、酶浓度对酶作用的影响	178
第二节 酶的结构与功能的关系	158	四、激活剂对酶作用的影响	178
一、酶的分子组成	158	五、抑制剂对酶作用的影响	178
二、酶的活性中心	159	第六节 酶活力的测定	183
三、酶的活性与其高级结构的关系	162	一、酶活力及其测定	183
四、酶原的激活	163	二、酶活力单位及比活力	184
第三节 酶作用的机制	165	三、酶活性中心转换数	184
一、酶为什么能催化化学反应	165	四、酶活力的测定方法	184
二、酶催化化学反应的中间产物学说	165	第七节 酶的多样性	186
三、决定酶作用高效率的机制	166	一、核酶和蛋白质的自我剪接	186
四、决定酶作用专一性的机制	168	二、调节酶	187
第四节 酶促反应的动力学	171	三、同工酶	190
一、米-曼氏方程	171	四、多功能酶	191
二、米氏方程的推导	171	五、人工酶	191
		本章学习要点	193
		习 题	194

第六章 维生素和辅酶 ✓

第一节 维生素的概念和类别	196	五、泛酸和辅酶 A	201
一、维生素的概念	196	六、叶酸和叶酸辅酶	201
二、维生素的命名及分类	196	七、生物素和羧化辅酶	202
第二节 水溶性维生素及辅酶	197	八、维生素 B_{12} 和辅酶 B_{12}	203
一、硫胺素和脱羧辅酶	197	九、维生素 C	204
二、核黄素和黄素辅酶	198	第三节 脂溶性维生素	204
三、维生素 PP 和脱氢辅酶	199	一、维生素 A	205
四、吡哆素和转氨辅酶	200	二、维生素 D	206

三、维生素 E	208	二、金属辅基	209
四、维生素 K	208	本章学习要点	211
第四节 卟啉及金属辅基	209	习 题	212
一、铁卟啉辅基	209		

第七章 激素化学

第一节 激素的概念和分类	213	二、生理功能	224
一、激素的一般概念	213	第五节 昆虫激素	226
二、动物激素的一般介绍	213	一、昆虫激素的类别	226
三、激素的类别	214	二、在农业生产上的应用	227
第二节 含氮激素	214	第六节 植物激素	228
一、氨基酸衍生物激素	214	一、生长素	228
二、多肽及蛋白质激素	216	二、赤霉素	228
第三节 类固醇激素	221	三、细胞激动素	229
一、肾上腺皮质激素	221	四、脱落酸	229
二、性激素	222	五、乙烯	230
第四节 前列腺素	223	本章学习要点	231
一、分泌部位及化学结构	223	习 题	232

第二篇 生命物质的化学变化

第八章 生物氧化

第一节 生物氧化的方式、特点和酶类	233	三、植物细胞中的生物氧化体系	244
一、生物氧化中 CO ₂ 生成的方式	233	第四节 生物氧化中能量的转移和利用	245
二、生物氧化中物质氧化的方式	234	一、生化反应中的自由能变化	246
三、生物氧化的特点	234	二、氧化还原电位与自由能变化	247
四、参与生物氧化的酶类	234	三、线粒体膜结构的特点	249
第二节 线粒体氧化体系	237	四、高能磷酸键的生成机制	251
一、呼吸链的概念	237	五、氧化磷酸化的机制	254
二、呼吸链的组成成分	237	六、线粒体外的氧化磷酸化	255
三、呼吸链中各组分的排列顺序	240	七、高能磷酸键的储存和转移利用	257
第三节 非线粒体氧化体系	242	八、氧化磷酸化解偶联作用和抑制作用	259
一、微粒体氧化体系	242	本章学习要点	261
二、过氧化体氧化体系	243	习 题	262

第九章

糖代谢

第一节 概 述	263	一、多糖及寡糖的降解	264
---------	-----	------------	-----

二、糖的吸收和运转	265	二、三羧酸循环的调节	281
三、糖的中间代谢概况	266	三、糖需氧分解的生理意义	281
第二节 糖的无氧分解	267	四、磷酸己糖旁路	284
一、糖分解代谢的共同阶段	267	五、乙醛酸循环	288
二、酵解作用	272	六、其他单糖的分解	289
三、发酵	273	第四节 糖原的合成代谢	290
四、糖酵解的调节	274	一、糖原生成作用	290
五、糖无氧分解的生理意义	275	二、糖异生作用	292
第三节 糖的需氧分解	276	三、糖原代谢的调节	293
一、糖有氧氧化的反应历程 (TCA)	276	本章学习要点	296
		习 题	297

第十章 光合作用

第一节 概 述	298	第三节 光合作用的碳素途径	306
一、光合作用的概念	298	一、卡尔文循环	306
二、叶绿体及光合色素	299	二、C ₄ 循环	310
三、光合作用的一般过程	301	第四节 蔗糖及淀粉的合成	314
第二节 光合作用中的能量转换	301	一、蔗糖的合成	314
一、光合作用的两类反应	301	二、淀粉的合成	316
二、反应中心及光合单位	301	本章学习要点	318
三、叶绿体的光反应	302	习 题	319
四、光合磷酸化	303		

第十一章 脂质代谢

第一节 脂肪的消化、吸收及转运	320	三、脂肪酸合成的调节	336
一、脂类的消化	320	四、三酰甘油的合成	337
二、脂质的吸收	320	第四节 磷脂代谢	337
三、血 脂	320	一、磷脂的分解代谢	337
第二节 脂肪的分解代谢	322	二、磷脂的合成代谢	339
一、甘油的分解与合成代谢	322	第五节 胆固醇代谢	341
二、脂肪酸的分解代谢	322	一、胆固醇的合成代谢	341
三、酮体代谢	328	二、胆固醇的转化	343
第三节 脂肪的合成代谢	330	本章学习要点	346
一、 α -磷酸甘油的生成	330	习 题	347
二、脂肪酸的合成代谢	331		

第十二章 蛋白质和氨基酸的代谢

第一节 蛋白质的营养作用	348	第二节 蛋白质的消化吸收、腐败与解毒	349
一、氮平衡	348	一、蛋白质的消化	349
二、必需氨基酸和非必需氨基酸	348		

二、吸 收	350	三、含硫氨基酸的分解代谢	364
三、氨基酸的转化	350	四、芳香族氨基酸的分解代谢	367
四、蛋白质的腐败作用	351	五、其他氨基酸的分解代谢	370
五、生理解毒作用	351	第六节 氨基酸的合成代谢	372
第三节 氨基酸代谢的共同途径	352	一、概 述	372
一、氨基酸的脱氨基作用	352	二、谷氨酸族	372
二、氨基酸的脱羧基作用	356	三、天门冬氨酸族和丙酮酸族	373
第四节 氨基酸脱氨产物的代谢	357	四、磷酸甘油酸族	375
一、氨的代谢	357	五、芳香族	375
二、 α -酮酸的代谢	360	六、组氨酸的合成代谢	378
第五节 氨基酸的分解代谢	362	本章学习要点	379
一、一碳基团代谢	362	习 题	380
二、甘氨酸及丝氨酸的分解代谢 ..	363		

第三篇 细胞信息转导

第十三章 核酸代谢

第一节 核苷酸代谢	381	五、原核生物与真核生物 DNA 的复制特点	398
一、核苷酸的分解代谢	381	六、RNA 指导的 DNA 合成	402
二、核苷酸的合成代谢	383	七、DNA 的损伤与修复	403
三、脱氧核糖核苷酸的合成	388	第三节 RNA 的生物合成	404
第二节 DNA 的生物合成	389	一、催化 RNA 合成的酶	404
一、参与 DNA 复制的酶及蛋白因子 ..	389	二、RNA 的合成过程	408
二、半保留复制	393	三、RNA 的转录后修饰加工	412
三、DNA 半不连续复制	395	本章学习要点	415
四、DNA 的复制过程	396	习 题	416

第十四章 蛋白质的生物合成

第一节 蛋白质合成体系	418	二、密码子的识别	426
一、中心法则	418	三、蛋白质合成的步骤	427
二、核糖体	419	四、多聚核糖体	432
三、tRNA 和氨基酰 tRNA	420	五、翻译后的修饰作用	432
四、mRNA	422	第四节 蛋白质合成的抑制作用	433
第二节 遗传密码	422	一、抗菌素	433
一、三联体密码的确立	422	二、毒 素	434
二、密码破译	423	三、抗代谢物	434
三、密码的性质	425	本章学习要点	436
第三节 蛋白质的合成机制	426	习 题	437
一、蛋白质合成的方向	426		

第十五章 物质代谢的调节控制

第一节 代谢调节的类型	439	一、原核生物基因表达的调控	449
一、神经系统对代谢的调节作用	439	二、真核生物基因表达的调控	451
二、激素对代谢的调节作用	440	第四节 细胞水平的诱导与阻遏调节机制	454
三、细胞水平的调节作用	441	一、组成酶与适应酶	454
第二节 反馈调节	444	二、诱导机制	454
一、前馈与反馈的概念	444	三、阻遏机制	456
二、反馈抑制的类型	444	本章学习要点	460
三、反馈调节的机制	447	习 题	461
第三节 基因表达的调节控制	448		

第十六章 细胞信号转导

第一节 细胞信号的类别及特点	462	第三节 信号转导途径	469
一、细胞间化学信号	462	一、cAMP-蛋白激酶 A 途径	469
二、细胞内化学信号	463	二、cGMP-蛋白激酶 G 途径	472
第二节 细胞信号受体	464	三、IP ₃ 及二脂酰甘油转导途径	473
一、膜受体	464	四、钙离子转导途径	474
二、胞内受体	465	五、酪氨酸蛋白激酶途径	476
三、受体的性质	465	本章学习要点	477
四、受体的调节作用	466	习 题	478
五、G 蛋白与信号转导	467		

第十七章 基因工程和蛋白质工程

第一节 基因工程的概念	479	四、重组体的筛选	487
一、基因工程的含义	479	五、克隆基因的表达	488
二、限制酶	479	第三节 蛋白质工程	489
三、基因载体	481	一、蛋白质工程的概念	489
第二节 基因工程的基本步骤	484	二、蛋白质工程的一般技术	490
一、目的基因的获得	484	三、蛋白质工程的应用示例	493
二、外源 DNA 与载体连接	486	本章学习要点	495
三、重组 DNA 导入宿主细胞	486	习 题	496

常用生化名词缩写	497
索引 (汉英对照)	505
主要参考资料	515

第一篇 生命物质的化学

第一章 糖类的化学

第一节 概 述

糖类是自然界最丰富的有机物质，其量大约比其他有机化合物加在一起还要多。地球上有一半以上的有机碳都贮存于两种糖分子里——淀粉和纤维素，它们是植物中的主要糖类，在动物和人体中则具有其结构相似于淀粉的糖原。此外，在动、植物和微生物中还存在着结构更为复杂的少量其他糖类。各种糖类都有着不同的生理功能。

一、糖的定义

糖类是由碳、氢、氧三种元素组成的有机化合物，它们可由实验式 $C_n(H_2O)_m$ 来表示。由此式可以看出，式中所含氢和氧之比，通常是2:1，与水的组成比例相同，故过去将糖类物质称为“碳水化合物”(carbohydrates)。这种按照所含元素比例来给糖类物质下定义是不恰当的，其原因是甲醛($H\cdot CHO$)、醋酸($CH_3\cdot COOH$)、乳酸($CH_3\cdot CHOH\cdot COOH$)等物质从其理化性质看，它们显然不属于糖类，但其氢和氧之比也是2:1；其次，按其理化性质，某些应属于糖类的物质，如鼠李糖(rhamnose)($C_6H_{12}O_5$)、脱氧核糖(deoxyribose)($C_5H_{10}O_4$)等，其氢与氧之比又不是2:1，故“碳水化合物”一词用于给糖类下定义是不确切的。有的教科书和文献仍称糖为碳水化合物，只是一种习惯称呼而已。

从化学结构的观点出发，现在对糖类物质作如下定义：

糖类物质是一类多元醇的醛衍生物或酮衍生物，或者称为多羟醛或多羟酮的聚合物。实际上糖类包括多羟醛、多羟酮、它们的缩聚物及其衍生物。

二、糖的分类

糖类物质是一大类物质的总称。根据其能否水解和水解后的产物，将糖类分为下列几类：

(一) 单糖 (monosaccharides)

单糖是糖类物质中最简单的一种，它不能再被水解为更简单的糖类物质。根据所含碳原子数的多少，单糖又分为丙糖(triose, 含3个碳原子)、丁糖(butose, 含4个碳原子)、戊糖(pentose, 含5个碳原子)、己糖(hexose, 含6个碳原子)和庚糖(heptose, 含7个碳原子)等。其中丙糖和丁糖常见于糖代谢的中间物，丁糖和庚糖也存在于植物的光合作用中。自然界最常见的单糖是戊糖和己糖，存在量较大的有：

戊糖——阿拉伯糖(arabinose)、核糖(ribose)、脱氧核糖(deoxyribose)。

己糖——葡萄糖(glucose)、果糖(fructose)、半乳糖(galactose)。

(二) 寡糖 (oligosaccharides)

寡糖由2~6个单糖分子缩合而成。其中最重要的是二糖(disaccharides)，二糖可以做是由两个分子单糖缩合失水而成的糖，因此，它们在水解时可生成两分子单糖。常见的二糖有蔗糖(sucrose)、麦芽糖(maltose)和乳糖(lactose)。

(三) 多糖 (polysaccharides)

多糖是由许多单糖分子缩合、失水而成,加水分解后又生成许多分子单糖。若构成多糖的单糖分子都相同就称为同聚多糖或均一多糖 (homopolysaccharides)。由几种不同的单糖构成的多糖,则称为杂多糖或不均一多糖 (heteropolysaccharides)。常见的多糖有淀粉 (starch)、糖原 (glycogen)、纤维素 (cellulose)、琼脂 (agar)、果胶 (pectin) 等。

三、糖类物质的生物学功能

糖类物质在自然界中分布广泛,特别是大量存在于植物体中,以干物质计可达 80% 以上。如谷类和薯类的淀粉,木材、稻草、棉花、麻类中的纤维素和半纤维素,甘蔗、甜菜中的蔗糖,水果中的葡萄糖等,都是存在于植物中的糖类。

糖类是生物获取能量的主要来源,是某些生物(特别是植物)支撑组织的重要物质。

某些糖类物质在机体内有着特殊的生理功能,尤其是糖与其他物质构成的结合糖类。如糖与蛋白质结合的糖蛋白 (glycoproteins),在免疫、细胞识别、血型区分、细胞间的联系等多种生理功能中起着重要的作用。近年来,由于糖的特殊生理功能,使对糖类物质的研究越来越受到生物学家的重视。

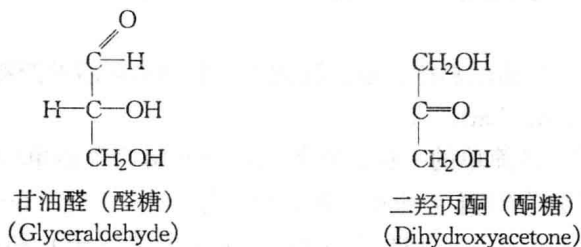
第二节 单糖的化学结构

一、定义及分类

具有 1 个自由醛基 (aldehyde group) 或酮基 (ketone group),以及有两个以上羟基 (hydroxyl group) 的糖类物质称为单糖 (monosaccharides)。含有醛基的单糖叫醛糖 (aldoses),含有酮基的单糖叫酮糖 (ketoses)。醛基和酮基是单糖的重要功能基。

根据所含碳原子的多少,单糖可分为三碳糖(丙糖)、四碳糖(丁糖)、五碳糖(戊糖)、六碳糖(己糖)等,自然界中最重要单糖是戊糖和己糖。

最简单的单糖含 3 个碳原子,有两个:甘油醛和二羟丙酮。



二、单糖的旋光性与开链结构

旋光性 (optical rotation) 是指物质能使平面偏振光 (简称偏振光 (polarized light), 即普通光通过尼科尔棱镜后只能在一个平面上振动的光波) 的偏振面 (与平面偏振光振动的平面相垂直的平面) 发生旋转的性质。能使平面偏振光的偏振面发生旋转的物质称为旋光物质,或称旋光体 (optically active forms)。许多单糖就是具有旋光性的物质。

单糖为什么具有旋光性? 经研究发现,凡是具有旋光性的物质,其分子都是不对称分子,而不对称分子最基本的特征就是含有不对称碳原子 (asymmetric carbon atoms) 或称手性碳原子 (chirality carbon atoms)。不对称碳原子是指 4 个价键与 4 个不同的原子或原子团