



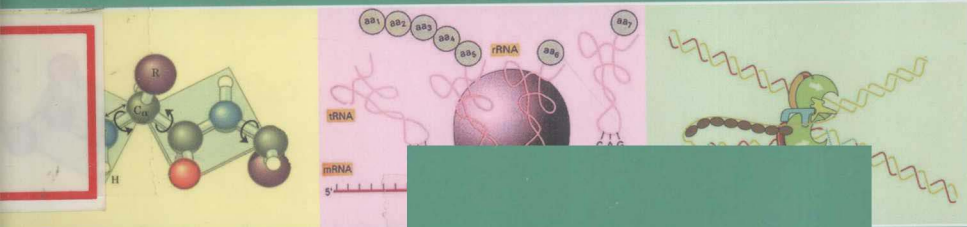
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

生物化学

(第三版)

SHENGWU HUAXUE

■ 主编 梅星元 袁均林 吴柏春



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

SHENGWUHUAXUE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

SHENGWU HUAXUE

生物化学

(第三版)

Q5-4
M463-3

主 编：梅星元 袁均林 吴柏春
副主编：汤文浩 何幼鸾
曾青兰 丁书茂

编 者：(以编写章节为序)

梅星元	何幼鸾	胡耀星
李 莉	陈其国	吴柏春
陈茂林	谢 芳	禹邦超
袁均林	熊元林	汤文浩
徐国丽	周念波	雷正玉
曾青兰	彭 玲	丁书茂
康 薇	李春民	

华中师范大学出版社

内 容 提 要

本书内容以生物化学基础知识为主体,同时紧密联系生物工程、制药工程、食品工程等相关专业的实际应用,并适当介绍生物化学的发展趋势和最新成就。在知识结构的构建上注重由浅入深、循序渐进、少而精;强调知识的连贯性和整体性。全书共分十三章,具体内容包括:糖类化学、脂类化学、蛋白质化学、核酸化学、酶化学、维生素和辅酶、生物氧化、糖代谢、脂代谢、含氮化合物代谢 I——氨基酸代谢、含氮化合物代谢 II——核苷酸代谢、基因信息的传递和代谢调节。每章还配有适量的复习思考题,供学生课后练习巩固。

本书是作者在长期教学经验积累和教学研究的基础上,精心编著而成,供高等院校生物工程、制药工程、食品工程等相关专业的生物化学课程作为教材使用,亦可供与生物化学相关的其他专业参考。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/梅星元,袁均林,吴柏春主编。—3 版。—武汉:华中师范大学出版社,2007.8

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-5622-3304-6

I. 生... II. ①梅... ②袁... ③吴... 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(2007)第 079542 号

书 名:生物化学(第三版)

主 编:梅星元 袁均林 吴柏春

选题策划:华中师范大学出版社第二编辑室 电话:027-67867362

出版发行:华中师范大学出版社©

地 址:武汉市武昌珞喻路 152 号 邮编:430079

销售电话:027-67863426 67863040 67867371 67861549 67867076

邮购电话:027-67861321 传真:027-67863291

网址:<http://www.ccnupress.com> 电子信箱:hschs@public.wh.hb.cn

责任编辑:严定友

责任校对:张 忠

封面设计:罗明波

印刷者:湖北恒泰印务有限公司

督 印:章光琼

开本/规格:787mm×960mm 1/16 印 张:16 字 数:285千字

版次/印次:2007年8月第3版 2007年8月第1次印刷

印 数:8 001—12 000

定 价:25.00 元

敬告读者:欢迎上网查询、购书;欢迎举报盗版,电话:027-67861321。



前 言

21世纪是生命科学世纪,生物化学在现代生命科学的研究中起着基础和领头学科的作用。近年来,随着生物化学及分子生物学领域的研究不断深入,人们对生命现象的认识已经拓展到了分子水平。随着我国科学技术和经济的飞速发展,需要更多的人才投身到生命科学的研究与应用中来,而生物化学是生命科学发展的支柱,它与许多学科交叉渗透,因此,具备坚实的生物化学基础知识已成为多种学科专业人才的共同需要。

本书第三版内容的修订,一方面按照教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的要求,适应教学改革和课程建设的发展,体现科学性、系统性和新颖性,反映生物化学学科教学改革和研究的新成果;另一方面根据教学实际的需要,调整知识体系,优化教材内容。因此本书在修订编写上强调以生物化学的基础知识为主体,联系生物工程、制药工程、食品工程等相关专业的实际应用,同时适当介绍生物化学发展趋势和最新成就,开拓学生视野;在知识结构上注重由浅入深、循序渐进、少而精;在编写体例上注意层次分明,强调知识的连贯性和整体性;在文字上力求简明扼要,语言流畅,以便于自学。

本书内容全部由具有丰富教学及研究经验的教师编写,共分十三章,编写分工为:前言及第六章,梅星元、何幼鸾编写;第一章,胡耀星、李莉编写;第二章,陈其国编写;第三章,吴柏春编写;第四章及第十一章,陈茂林、谢芳编写;第五章,禹邦超编写;第七章,袁均林、熊元林编写;第八章,汤文浩、徐国丽编写;第九章,周念波、雷正玉编写;第十章,曾青兰、彭玲编写;第十二章,袁均林编写;第十三章,丁书茂编写;康薇、李春民等老师参加了全书的编写及书稿整理工作。全书由梅星元、汤文浩、曾青兰统稿并审定。

本书在编写过程中得到武汉大学利容千教授、华中师范大学梅尚筠教授的指导,在此表示衷心的感谢。同时感谢华中师范大学出版社严定友副总编辑审定此书,并对错漏之处进行了修正。

由于生物化学与分子生物学发展很快,加之编者水平有限,书中肯定存在诸多不足,恳请同行专家与读者批评指正,以利于再版修订。

编 者

2007年6月



目 录

绪 论.....	1
第一章 糖类化学.....	5
第一节 糖类的概念和分类.....	5
一、糖类的概念	5
二、糖的分类与命名	6
三、糖类的生物学功能	6
第二节 单糖的结构和性质.....	7
一、单糖的构型和立体异构体	7
二、葡萄糖的环状结构	9
三、葡萄糖的构象.....	10
四、重要的单糖及其衍生物	10
五、单糖的性质	11
第三节 寡糖的结构和性质	12
一、二糖的结构	13
二、二糖的性质	13
第四节 多糖	14
一、均一多糖	14
二、不均一多糖	17
第五节 壳聚糖的制备与应用	18
一、壳聚糖的制备.....	18
二、壳聚糖的应用.....	19
复习思考题	20
第二章 脂类化学	21
第一节 脂类的概念、分类及功能.....	21
一、脂类的分类	21
二、脂类的功能	22
第二节 脂肪	22
一、脂肪的结构和组成	22
二、脂肪酸	23
三、脂肪的理化性质	25
第三节 磷脂	25
一、甘油磷脂	25
二、鞘氨醇磷脂	28
三、磷脂的性质	28
第四节 萜类和类固醇类	29
一、萜类	29
二、类固醇类	30
第五节 花生四烯酸与蛋黄卵磷脂的应用	32
一、花生四烯酸的应用	32



二、蛋黄卵磷脂的应用	33
复习思考题	34
第三章 蛋白质化学	35
第一节 蛋白质概述	35
一、蛋白质的普遍存在	35
二、蛋白质的功能概述	35
三、蛋白质的分类及举例	37
第二节 蛋白质的化学组成	38
一、蛋白质的元素组成	38
二、氨基酸——蛋白质的基本结构单位	38
三、氨基酸的分类	38
四、氨基酸的理化特性	41
第三节 蛋白质的结构	46
一、蛋白质的一级结构	46
二、蛋白质的二级结构	48
三、蛋白质的三级结构	50
四、蛋白质的四级结构	51
五、维系蛋白质分子构象的化学键	52
第四节 蛋白质的结构与功能的关系	53
一、蛋白质一级结构与功能的关系	53
二、蛋白质高级结构与功能的关系	54
第五节 蛋白质的性质	55
一、蛋白质分子的大小及相对分子质量	55
二、蛋白质的两性解离及等电点	56
三、蛋白质的胶体性质	57
四、蛋白质的沉淀反应	57
五、蛋白质的变性作用	59
六、蛋白质的紫外吸收性质	59
七、蛋白质的颜色反应	59
第六节 氨基酸的制备、纯化及鉴定	60
一、蛋白质的水解	60
二、氨基酸的沉淀	61
三、离子交换法纯化氨基酸	61
四、氨基酸的鉴定及纯度	61
第七节 蛋白质的分离、纯化与纯度鉴定	62
一、蛋白质的抽提	62
二、蛋白质的纯化	62
三、蛋白质纯度的鉴定	63
复习思考题	64
第四章 核酸化学	65
第一节 核酸的化学组成	65
一、核酸的元素组成	65
二、核酸的组成成分	66



第二节 核酸的结构	69
一、核酸的一级结构	69
二、DNA 的空间结构	70
三、RNA 的空间结构	73
第三节 核酸的性质	75
一、溶解性	75
二、紫外吸收	76
三、核酸的变性与复性	77
复习思考题	79
第五章 酶化学	80
第一节 酶的概念及酶催化反应的特点	80
一、酶的概念	80
二、酶催化反应的特点	80
三、酶催化专一性的类型	81
第二节 酶的命名和分类	82
一、酶的习惯命名法	82
二、酶的国际系统命名法	83
三、酶的国际分类	83
四、工业酶制剂的命名和分类	84
第三节 酶分子的结构特征	85
一、酶蛋白的结构特征	85
二、酶的辅因子	86
三、酶的活性部位	87
四、酶原与酶原激活	89
五、多酶复合物	89
第四节 酶的作用机理	89
一、酶催化专一性的机理	89
二、酶催化高效性的机理	91
第五节 酶促反应动力学	93
一、酶促反应速度方程	93
二、温度对酶反应的影响	96
三、pH 对酶反应的影响	97
四、激活剂对酶反应的影响	98
五、抑制剂对酶的作用	98
第六节 酶的制备	101
一、酶活力及其测定	101
二、酶的制备	102
复习思考题	103
第六章 维生素和辅酶	105
第一节 概述	105
一、维生素的概念	105
二、维生素的命名和分类	105



第二节 辅酶与水溶性维生素	106
一、辅酶 I 和辅酶 II 与维生素 PP	106
二、脱羧辅酶与维生素 B ₁	107
三、黄素辅酶与维生素 B ₂	108
四、辅酶 A 和泛酸	109
五、磷酸吡哆醛与维生素 B ₆	110
六、叶酰辅酶与叶酸	111
七、维生素 B ₁₂ 辅酶与维生素 B ₁₂	112
八、生物素	113
九、维生素 C	113
第三节 脂溶性维生素	114
一、维生素 A	114
二、维生素 D	115
三、维生素 E	116
四、维生素 K	117
复习思考题	117
第七章 生物氧化	118
第一节 生物氧化的概念及特点	118
一、生物氧化的概念	118
二、生物氧化的特点	118
三、生物氧化中 CO ₂ 生成的方式	119
四、生物氧化中物质氧化的方式	120
五、生物氧化的酶类	121
第二节 线粒体氧化体系	122
一、呼吸链的概念	122
二、呼吸链的组成成分	123
三、呼吸链中传递体的排列顺序	126
第三节 生物氧化中能量转移与利用	126
一、高能化合物	126
二、ATP 的生成方式	128
三、电子传递磷酸化的偶联作用	129
四、氧化磷酸化的偶联机制	130
五、线粒体外产生的 NADH 进入线粒体的方式	131
六、影响氧化磷酸化的因素	132
复习思考题	133
第八章 糖代谢	134
第一节 多糖的酶促降解	134
一、多糖及寡糖的降解	134
二、糖的吸收和转运	137
第二节 葡萄糖的分解代谢	137
一、无氧分解	137
二、有氧分解	143



三、磷酸戊糖途径	148
第三节 糖的合成代谢	153
一、蔗糖的合成	153
二、淀粉的合成	153
三、糖原合成和糖异生作用	154
第四节 糖代谢在工业上的应用	156
一、酒精发酵	156
二、柠檬酸发酵	158
复习思考题	159
第九章 脂代谢	160
第一节 脂类的酶促降解	160
第二节 脂肪的分解代谢	160
一、甘油的去路	161
二、脂肪酸的 β -氧化	161
三、酮体的生成和利用	165
第三节 脂肪的合成代谢	167
一、磷酸甘油的来源	167
二、脂肪酸的合成	167
三、脂肪的合成	171
第四节 脂质代谢在工业上的应用	171
一、脂肪酶在食品工业中的应用	172
二、脂肪酸发酵	172
三、石油开采和处理石油污染	172
复习思考题	173
第十章 含氮化合物代谢 I——氨基酸代谢	174
第一节 蛋白质的营养作用	174
一、蛋白质的主要生理功能	174
二、氮平衡	174
三、必需氨基酸	175
第二节 蛋白质的酶促降解	175
第三节 氨基酸分解代谢的共同途径	176
一、氨基酸的脱氨基作用	177
二、氨基酸的脱羧基作用	181
第四节 氨的代谢转变	182
一、尿素的生成	182
二、谷氨酰胺的运氨作用	184
第五节 α-酮酸的代谢转变	185
一、氨基酸碳链的氧化途径	185
二、生糖氨基酸和生酮氨基酸	186
第六节 氨基酸的合成代谢	186
第七节 谷氨酸的发酵	188
一、谷氨酸生产菌种的生物学特征	188



二、谷氨酸生物合成途径	189
复习思考题	189
第十一章 含氮化合物代谢 II——核苷酸代谢	190
第一节 核苷酸的分解代谢	190
一、核酸的酶促降解	190
二、碱基的分解	191
第二节 核苷酸的合成	194
一、核苷酸的从头合成途径	194
二、核苷酸的补救合成途径	198
三、脱氧核糖核苷酸的合成	201
复习思考题	202
第十二章 基因信息的传递	203
第一节 DNA 的生物合成	204
一、DNA 指导的 DNA 的生物合成——DNA 复制	204
二、RNA 指导的 DNA 的生物合成——逆转录	211
三、DNA 的损伤与修复	211
第二节 RNA 的转录	212
一、催化 RNA 合成的酶	213
二、转录的过程	214
三、RNA 转录后的加工修饰	216
第三节 翻译——蛋白质的生物合成	219
一、参与蛋白质生物合成的物质	219
二、蛋白质生物合成的机制	222
复习思考题	230
第十三章 代谢调节	231
第一节 概述	231
一、细胞水平的调节	231
二、激素水平的调节	232
三、神经水平的调节	235
第二节 酶活性的调节	235
一、反馈抑制的调节	236
二、前馈激活	239
三、酶促化学修饰的调节	240
第三节 酶数量的调节	241
一、诱导酶合成的机制	241
二、阻遏酶合成的机制	242
第四节 代谢调节在生产实践中的应用	243
一、降低最终产物的浓度	243
二、添加诱导物类似物以增加酶的产量	244
三、选育抗代谢产物类似物的变异株,提高代谢产物的产量	244
复习思考题	245
参考文献	246



绪 论

【本章学习要点】 通过绪论的学习,了解生物化学的基本概念、研究内容、发展简史、应用与发展前景,以及我国在生物化学研究领域的地位与重要贡献。

一、生物化学的概念和研究内容

生物化学(biochemistry)是运用化学、生物学、物理学的理论和方法,从分子水平研究生物体的化学组成及其在生命活动中化学变化规律的科学。简言之,生物化学就是研究生命的化学。

生物化学研究的主要内容包括三方面。

(一) 生物体的化学组成及生物大分子的结构和功能

组成生物体的化学元素主要是 C, H, O, N, P 和其他一些元素。这些元素以无机化合物和各种有机化合物的形式存在于机体体内。

生物化学所研究的生物体各种物质(即生命物质)包括糖、脂、蛋白质、核酸、酶、维生素、激素等,我们把研究这些物质的结构、功能及性质的内容称为静态生物化学(static biochemistry)。

(二) 物质代谢及其调节

组成生物体的物质不断地进行着多种有规律的化学变化,即新陈代谢(metabolism)。新陈代谢是生命的基本特征,生物体一方面需要与外界环境进行物质交换,同时在机体内进行各种代谢变化,以维持其内环境的相对稳定,通过代谢变化将摄入的营养物中储存的能量释放出来,供机体活动所需。要维持机体体内错综复杂代谢途径有序地进行,需要有严格的调节机制,否则代谢的紊乱可影响正常的生命活动,从而发生疾病。研究物质代谢、能量代谢及代谢调节规律的内容称为动态生物化学(dynamic biochemistry)。

(三) 基因表达及其调控

基因(gene)表达是指按照某特定结构基因所携带的遗传信息经转录、翻译等一系列不同阶段,合成具有一定氨基酸序列的蛋白质分子,从而发挥特定生物学功能的过程。基因表达调控可在多阶段、多水平上进行,是一个十分复杂而协调有序的过程,这一过程与细胞的正常生长、发育和分化以及机体生理功能的完成密切相关。对基因表达调控的研究是生物化学极为重要的课题,这将为解开生命之谜奠定坚实的基础。



二、生物化学的发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的科学。我国古代劳动人民很早就将生物化学的知识应用于生产、生活及医疗。但生物化学的研究始于 18 世纪,作为一门独立的学科是建立于 20 世纪初。1903 年纽伯格(Neuberg C)首先提出了生物化学这一名词。

生物化学的发展过程大致分为三个阶段,开始主要是对生命物质的组成成分、性质以及含量的研究。例如,谢利(Scheele K)研究了生物体(植物及动物)各种组织的化学组成,奠定了生物化学基础工作。因为这属于静止性的,故这一阶段被称为“叙述生物化学”或“静态生物化学”。在了解生物体的物质组成之后,自然就深入到弄清维持生命活动的化学反应,就是研究这些物质在体内的代谢变化,以及酶、维生素、激素等在代谢中的作用。由于代谢过程处于动态平衡之中,生物化学发展到这个阶段,就称为“动态生物化学”。随着研究的深入,人们对生命现象和本质有了深入的认识,并懂得了体内物质代谢主要在细胞内进行。不同类别的细胞构成了不同的组织和器官,并赋予它们不同的生理功能。研究生物分子、亚细胞、细胞、组织和器官的结构与功能的关系,从一个完整的生物机体的角度来研究其体内的化学及其化学变化称为“机能生物化学(functional biochemistry)”。生物化学发展的三个阶段是合乎发展规律的,如果没有对生物体物质组成的了解,物质代谢的研究就无从着手。如果没有物质代谢的知识,机能生物化学也就难以发展。

20 世纪下半叶以来,生物化学发展的显著特征是分子生物学的崛起。1953 年沃森(Watson J D)和克里克(Crick F H C)提出了 DNA 双螺旋结构模型,是生物化学发展进入分子生物学时代的重要标志。

以后随着遗传信息传递的中心法则的提出,限制性核酸内切酶的发现和 DNA 重组技术以及 PCR 技术的建立,极大地推动了基因工程学的发展。1990 年开始的人类基因组计划(human genome project, HGP) 已完成了对人类基因组的测序工作,这一工程的完成标志人类生命科学的发展进入了一个新的纪元,继之而来的后基因组计划将进一步深入研究各种基因的功能与调节,为人类破解生命之谜奠定基础。

近 20 年来,大多数的诺贝尔医学与生理学奖以及诺贝尔化学奖都授予了从事生物化学和分子生物学研究的科学家,这就足以说明生物化学及分子生物学在生命科学中的重要地位和作用。

我国对生物化学的发展也做出了重大贡献,许多生物化学工作者在血液生化、免疫化学、蛋白质变性理论、血红蛋白变异、生物膜结构与功能等方面取得了国际水平的研究成果。如 1965 年,我国首先人工合成具有生物活性的结晶牛胰岛素。1972 年,用 X 射线衍射法精确测定了猪胰岛素分子的空间结构,分辨率为 0.18 nm。1979 年,又成功合成了酵母丙氨酰转运核糖核酸。我国也是人类基因

组计划国际大协作的成员国。

三、生物化学的应用与发展前景

生物化学的产生和发展源于人们的生产实践,它的迅速进步随即又有力地推动着生产实践的发展。生物化学的理论知识、实验技术以及生化产品广泛应用于农业、工业、医药、食品加工生产等重要经济领域,已经和正在为社会经济发展与人们生活水平的提高做出重要贡献。

在农业生产上,作物栽培、作物品种鉴定、遗传育种、土壤农业化学、豆科作物的共生固氮、植物的抗逆性、植物病虫害防治等学科都越来越多地应用生物化学作为理论基础。例如,遗传育种就是应用生物化学的理论和技术的,有目的地控制作物品种的优良性状在世代间传递。利用植物基因克隆和转化研究的理论和实践,可以不受亲缘关系的限制,进行作物品种改良,甚至创造出新物种。这就是整个生物技术的核心内容——基因工程。

在工业生产上,如食品工业、发酵工业、制药工业、生物制品工业、皮革工业等都需要广泛地应用生物化学的理论及技术。尤其是在发酵工业中,人们可以根据微生物合成某种产物的代谢规律,特别是它的代谢调节规律,通过控制反应条件,或者利用基因工程来改造微生物,构建新的工程菌种,以突破其限制步骤的调控,大量生产所需要的生物产品。此外,发酵产物的分离提纯也必须依据和利用生物化学的基本理论和技术手段。利用发酵法已经成功地实现工业化生产维生素 C、许多氨基酸和酶制剂等生物化学产品。而生产出的酶制剂又有相当部分应用于工农业产品的加工、工艺流程的改造以及医药行业,如淀粉酶和葡萄糖异构酶用来生产高果糖糖浆;纤维素酶用作添加剂以提高饲料有效利用率;某些蛋白酶制剂被用作助消化和溶解血栓的药物,以及用于皮革脱毛和洗涤剂的添加剂等。

在医学领域,生物化学的应用非常广泛。机体的病理状态往往是由于细胞的化学成分的改变,从而引起代谢及功能的紊乱。按照人体生长发育的不同需要,配制合理的饮食,供给适当的营养以增进人体健康;运用生物化学方法进行疾病的临床诊断;根据疾病的发病原因以及病原体与人体在代谢上和调控上的差异,设计或筛选出各种高效低毒的药物来防治疾病等,这些问题的研究都需要应用生物化学的理论和技术的。而生化药物是从生物细胞提取的有治疗作用的生化物质,如一些激素、维生素、核苷酸类物质和某些酶。

20 世纪 70 年代,由于生物化学的迅速发展,形成了一门独立的新学科——分子生物学。该学科被看成是生命科学以崭新的面目进入 21 世纪的带头学科,是从生物大分子和生物膜的结构、性质和功能的关系来阐明生物体繁殖、遗传等生命过程中的一些基本生化机理问题,如生物进化,遗传变异,细胞增殖、分化、转化,个体发育,衰老等。

在分子生物学基础上又发展起来新兴的技术学科——生物工程,包括基因工



程、酶工程、细胞工程、发酵工程、生化工程、蛋白质工程、海洋生物工程、生物计算机及生物传感器等八大主要工程。其中的基因工程是生物工程的核心。人们试图像设计机器或建筑物一样,定向设计并构建具有特定优良性状的新物种、新品系,结合发酵和生化工程的原理和技术,生产出新的生物产品。尽管仍处于起步阶段,但目前用生物工程技术已经大规模生产出动、植物体内含量少而为人类所需的蛋白质,如干扰素、生长素、胰岛素、肝炎疫苗等珍贵药物,展示出广阔的应用前景,对人类的生产和生活将产生巨大而深远的影响,并成为 21 世纪新兴技术产业之一。

复习思考题

1. 什么是生物化学?
2. 生物化学研究的主要内容包括哪些方面?
3. 简述生物化学在社会经济发展中的主要应用。



第一章 糖类化学

【本章学习要点】 本章介绍了糖类物质的概念和类型,各类糖的结构、性质和作用,以及多糖的应用。通过本章学习,掌握单糖的结构和性质、寡糖的结构和典型性质、多糖的结构和典型性质。并要求了解单糖的开链和环状结构及其表达方法、异构体和异构体的表达方法。

第一节 糖类的概念和分类

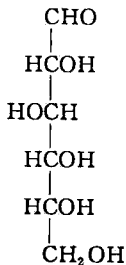
一、糖类的概念

1. 糖类是生物体的组成物质

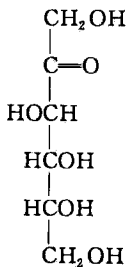
糖类(carbohydrate)是生物界最重要的有机化合物之一,是生物体的组成物质,广泛分布于动物、植物和微生物中。植物体中糖类含量最为丰富,约占其干重的85%~90%。在人和动物体中糖含量较少,占人和动物体干重的2%以下。糖类与蛋白质、脂类共同构成生命活动必需的能源物质。

2. 糖类的定义

从化学结构上看,糖类物质是一类多元醇的醛衍生物或酮衍生物,包括了多羟基醛、多羟基酮和它们的缩聚物及其衍生物。如常见的葡萄糖(glucose)和果糖(fructose)分别是多羟基醛和多羟基酮。



葡萄糖



果糖

3. 元素组成——糖含有碳、氢、氧三种元素

糖类化合物是由碳、氢、氧三种元素构成的,最初用通式 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ 来表示,统称为“碳水化合物”,后来人们发现这种叫法并不准确,如甲醛(HCHO)、醋酸(CH_3COOH)、乳酸($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$)等符合上述通式,但它们并不是糖类,而



鼠李糖($C_6H_{12}O_5$)和岩藻糖($C_6H_{12}O_5$)是糖类,却又不符合上述通式。此外,有些糖类化合物中除含有C,H,O元素之外,还含有N,S,P等元素,因此将糖定义为多羟基醛、多羟基酮或其衍生物更准确。

二、糖的分类与命名

1. 分类

根据糖类物质能否水解和水解后的产物,将糖类分为单糖、寡糖和多糖三类。

(1) 单糖(monosaccharides): 单糖是指自身不能水解成更小分子的多羟基醛或多羟基酮,它是构成寡糖和多糖的基本单位。重要的单糖有葡萄糖、果糖、核糖和半乳糖等。

(2) 寡糖(oligosaccharides): 寡糖由2个~6个相同或不同的单糖分子缩合而成,水解后可获得相应数目和种类的单糖分子。最常见的寡糖为二糖,它是由两个单糖分子脱水缩合而成的糖,如蔗糖、麦芽糖和乳糖均为二糖。此外,还有三糖、四糖等,如棉子糖和龙胆三糖均为三糖。

(3) 多糖(polysaccharides): 多糖由多个单糖分子缩合而成,如淀粉、糖原、纤维素等。

2. 命名

(1) 通俗命名: 单糖的通俗命名常与它的来源有关。例如葡萄糖曾是从葡萄中提取出来的,果糖在水果中含量较高,所以分别称为葡萄糖和果糖。

(2) 根据所含碳原子数目命名: 根据分子中所含有碳原子的数目可分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖等,又称为三碳糖、四碳糖等。如上面提到的核糖、脱氧核糖均含有5个碳原子,故可称为五碳糖或戊糖。

(3) 根据羰基特点命名: 根据糖分子羰基位置的不同,分为醛糖和酮糖。

三、糖类的生物学功能

1. 能源——糖类是重要的生物能源物质

一切生物的生存活动都需要消耗能量,这些能量主要是糖类物质在有机体内通过分解代谢而释放的。植物体内重要的贮存多糖是淀粉,动物体内重要的贮存能源物质是糖原。

2. 结构组成成分——纤维素和细菌多糖是细胞组成成分

有些糖类物质在生物体内充当结构性物质,如植物细胞壁的主要成分是纤维素和半纤维素,细菌细胞壁的主要成分是细菌多糖。

3. 其他——复合糖类和寡聚糖具有重要的生物功能

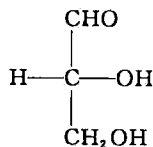
人类的ABO血型是由血型物质决定的,这类血型物质是一种糖蛋白,即蛋白质与寡聚糖共价结合而成的复合多糖。又如壳聚糖在农业、医药、化妆品等方面有着很重要的作用。



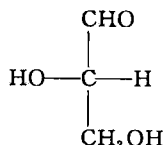
第二节 单糖的结构和性质

一、单糖的构型和立体异构体

1. 构型(configuration): 绝大多数单糖分子是不对称分子,以甘油醛为例,分子中的 α -碳原子是不对称碳原子,也称手性碳原子,与 α -碳原子连接的4个原子或基团分别是 H, CH_2OH , OH, CHO。按照有机化学的规律,含有一个手性碳原子的化合物,应有2种立体异构体 D-甘油醛和 L-甘油醛。



D-甘油醛



L-甘油醛

在平面甘油醛的分子结构中书写 D 型结构式时把羟基放在右边,书写 L 型结构式时把羟基放在左边。这两种结构不能重合,如同我们的左右手,因此又称其为手性结构,手性结构的化合物互称对映体,也称为对映异构体。

2. 旋光性(optical rotation): 凡是带有手性碳原子的化合物都有旋光性,可使偏振光旋转。单糖的旋光用 d 或 $(+)$ 表示右旋,用 l 或 $(-)$ 表示左旋。旋光物质的构型(D 和 L)与其旋光性(d 和 l)是不同的概念。构型是人为规定的,旋光是用旋光仪测定时偏振面偏转的实际方向。具有 D 构型的物质可能具有右旋性,也可能具有左旋性。在一定条件下,测定一定浓度糖溶液的旋光度(specific rotation),称为比旋光度(也称旋光率)。其公式如下:

$$[\alpha]_D^t = \frac{\alpha \times 100}{l \times c}$$

式中: $[\alpha]_D^t$ ——比旋光度;

D——钠光 D 线波长为 589 nm;

t ——测定温度,一般为 20°C;

l ——旋光管的长度,单位: dm;

c ——糖液浓度,以 100 mL 溶液中溶质的克数表示。

旋光性是鉴定糖的一个重要指标,每种糖都有特征性的比旋光度。

3. 单糖的立体异构体: 凡在理论上可由 D-甘油醛衍生出来的单糖皆为 D 构型糖,由 L-甘油醛衍生出来的单糖皆为 L 构型糖。醛糖与酮糖的构型是由分子中离羰基最远的不对称碳原子上的羟基方向来决定的。葡萄糖和果糖的构型,是以不对称碳原子 C_5 上的—OH 在空间上的排布与甘油醛不对称碳原子 C_2 上的—OH 在空间上的排布相比较而确定的。