



应用型本科院校“十三五”规划教材/生物类

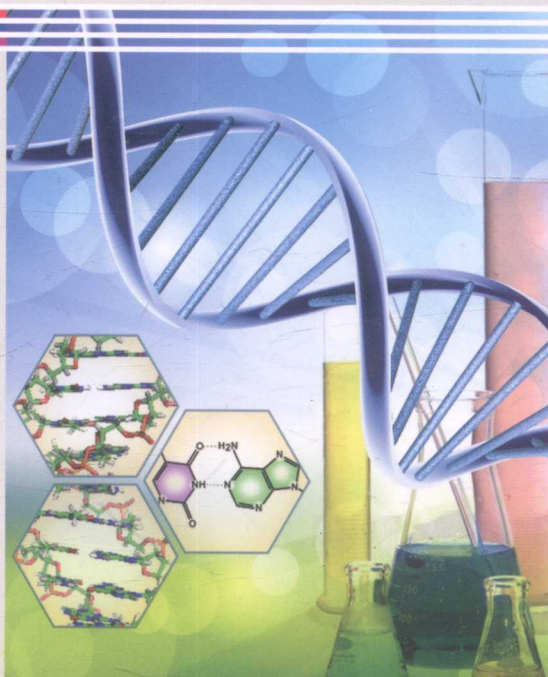
刘松梅 赵丹丹 李盛贤 主编

生物化学

(第2版)

Biochemistry

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



济南工业大学出版社



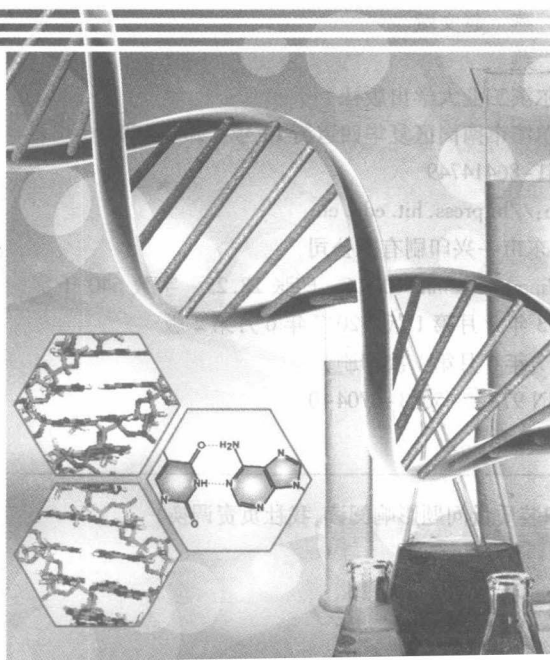
应用型本科院校“十三五”规划教材/生物类

刘松梅 赵丹丹 李盛贤 主编

生物化学

(第2版)

Biochemistry



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书是作者在十余年生物化学教学与科研工作经验基础上,结合国内外生物化学理论和实验的新发展、新技术撰写而成的。本书在内容上由浅入深、循序渐进,并适当扩展学生的应用视野,使学生掌握生物化学的发展趋势。

本书共 13 章,主要包括糖类、脂质和生物膜、蛋白质化学、核酸化学、酶学、维生素和辅酶、生物氧化、糖代谢、脂类代谢、蛋白质和氨基酸的代谢、核酸代谢、蛋白质的生物合成、细胞代谢和基因表达的调控。每章的章末均有内容小结和习题。为便于双语教学和读者掌握生物化学英文专业词汇,在全书的最后列出了英汉生化名词对照。

本书为生物化学课程教材,可供综合性大学、师范院校和农(林)院校生物类本科生、专科生教学使用,也可供研究生及相关专业的教师和科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/刘松梅,赵丹丹,李盛贤主编. —2 版. —哈尔滨:
哈尔滨工业大学出版社,2017.6

应用型本科院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5603-6704-0

I. 生… II. ①刘…②赵…③李… III. 生物化学-高等
学校-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 129979 号

策划编辑 杜 燕 赵文斌

责任编辑 杜 燕

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 肇东市一兴印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 28.25 字数 640 千字

版 次 2013 年 7 月第 1 版 2017 年 6 月第 2 版

2017 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-6704-0

定 价 46.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十三五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 王玉文 吕其诚 线恒录 李敬来

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

庾 莉 韩毓洁 蔡柏岩 臧玉英 霍 琳

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十三五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学

习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十三五”规划教材》,在选题设计思路上认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据前黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标

及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的 PPT 多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十三五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

马长利

第2版前言

生物化学历经 100 多年的发展,特别是近 50 多年的发展,已成为生物学科的主体框架课程。在生物化学、微生物学、遗传学和生物物理学等基础上发展起来的分子生物学中,生物化学的基础作用越来越明显。1943 年青霉素工业化的研发成功,1947 年前后出现的生物化学工程,显示了生物学、化学和工程学结合形成的技术科学对社会经济效益所产生的巨大作用。

本书共分 13 章,包括糖类、脂质和生物膜、蛋白质化学、核酸化学、酶学、维生素和辅酶、生物氧化、糖代谢、脂类代谢、蛋白质和氨基酸的代谢、核酸代谢、蛋白质的生物合成、细胞代谢和基因表达的调控。

本书参考了国内外近 20 年出版的主要生物化学教材和生物化学实验教材,旨在使本书能更好地满足生物技术、生物工程、食品工程等相关专业的人员需求。我们借鉴了我国生物化学的开拓学者留下的至今仍有影响力的吴宪、窦维廉、林国镐、侯祥川、梁之彦、李缙之、鲁宝重、周启源、张昌颖、沈昭文、王应睐、李亮、任邦哲、许鹏程、叶蕙兰、郑集、沈同、李建武等先生的生物化学教材和相关著作,特别是李盛贤等编著的生物化学教材为我们提供了蓝本,激励我们严谨于生物化学的教学与研究,使教材内容更加充实、准确,更适宜作为本科生教材及考研参考教材来使用。

本书力求在内容编排上由浅入深、循序渐进;在语言上通俗易懂、简明扼要;在知识体系上以近代生物化学和分子生物学的基础知识为主体,以应用生物工艺技术为实例,并适当扩展读者的应用视野,使其了解和掌握生物化学的发展趋势。

本书由多年从事生物化学和生物化学实验教学、具有丰富经验的主讲教师撰写,撰写分工为:刘松梅(第 1 章、第 2 章);赵丹丹(第 7 章、第 9 章、第 13 章);李盛贤(第 3 章、第 8 章、第 10 章、第 12 章);李秀凉(第 5 章);贾树彪(第 6 章);康宏(第 4 章、第 11 章),由刘松梅负责对全书内容进行组织、策划和修订,赵丹丹辅助修订。

本书在撰写过程中征求了多所高校同行们的意见,得到从事生物化学和分子生物学教学多年老先生们的指导和帮助,在此深表谢意。感谢黑龙江大学新世纪教育教学改革工程重点项目《高校生物化学课程教材建设的研究与实践》的鼎力支持。

希望本书能满足高等院校生物工程、生物技术、食品生物工程、生物制药等专业教学的需要。

尽管在撰写过程中对书稿做了多次审定,但由于水平有限,时间较仓促,不足和疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月

目 录

绪 论	1
第1章 糖 类	4
1.1 概 述	4
1.2 单糖的结构和性质	6
1.3 寡糖的结构和性质	20
1.4 多糖的结构和性质	23
1.5 复合糖	35
本章小结	37
习 题	39
第2章 脂质和生物膜	40
2.1 概 述	40
2.2 单脂的结构和性质	42
2.3 复脂的结构和性质	51
2.4 其他脂质的结构和性质	60
2.5 脂质的分离提取与鉴定	67
2.6 生物膜	68
本章小结	73
习 题	75
第3章 蛋白质化学	76
3.1 蛋白质概论	76
3.2 蛋白质的基本结构单位——氨基酸	80
3.3 肽	94
3.4 蛋白质的分子结构	99
3.5 蛋白质的性质	130
3.6 蛋白质及氨基酸的分离纯化与测定	139
本章小结	154
习 题	156
第4章 核酸化学	159
4.1 概 述	159
4.2 核苷酸	163
4.3 DNA 的结构	166
4.4 RNA 的结构	173

4.5 核酸的性质	178
4.6 核酸的分离、纯化和鉴定	190
本章小结	194
习 题	195
第5章 酶学	196
5.1 概 述	196
5.2 酶的结构与功能的关系	202
5.3 酶催化反应的机制	208
5.4 酶促反应动力学	213
5.5 酶的制备	231
本章小结	237
习 题	238
第6章 维生素和辅酶	240
6.1 人体营养要素和维生素	240
6.2 水溶性维生素与辅酶	241
6.3 脂溶性维生素	249
6.4 体液平衡	253
本章小结	255
习 题	256
第7章 生物氧化	257
7.1 概 述	257
7.2 线粒体氧化体系	261
7.3 ATP 的生成、转移、储存和利用	266
7.4 非线粒体氧化体系	272
本章小结	274
习 题	275
第8章 糖代谢	276
8.1 概 述	276
8.2 糖的分解代谢	279
8.3 糖原的生物合成和葡萄糖异生作用	297
8.4 糖代谢在工业上的应用	302
本章小结	305
习 题	306
第9章 脂类代谢	308
9.1 概 述	308
9.2 脂肪的分解代谢	310
9.3 脂肪的合成代谢	317
9.4 磷脂代谢	323

9.5 胆固醇代谢	327
9.6 脂类代谢调控	329
9.7 脂质代谢在工业上的应用	330
本章小结	331
习 题	332
第 10 章 蛋白质和氨基酸的代谢	333
10.1 概 述	333
10.2 氨基酸的分解代谢	336
10.3 氨基酸的生物合成概论	346
本章小结	348
习 题	348
第 11 章 核酸代谢	349
11.1 核酸降解及核苷酸分解和合成代谢	349
11.2 DNA 复制	359
11.3 RNA 的生物合成	372
本章小结	380
习 题	381
第 12 章 蛋白质的生物合成	382
12.1 遗传密码与核糖体	382
12.2 蛋白质合成及转运	385
12.3 蛋白质生物合成的抑制物	395
本章小结	396
习 题	396
第 13 章 细胞代谢和基因表达的调控	398
13.1 概 述	398
13.2 细胞水平的调控	400
13.3 体液水平的调控	405
13.4 整体水平的调控	413
13.5 基因表达的调控	413
本章小结	420
习 题	421
英汉生化名词对照	423
参考文献	437

绪 论

(一) 生物化学的涵义和研究内容

生物化学(biochemistry)是用化学的理论和方法作为主要手段来研究生物的学科,因此又称生命的化学。

生物化学的涵义是应用物理、化学、生物学的理论和方法去研究生物体内各种物质的化学本质及其化学变化规律,通过对这些规律的了解,以期认识和阐明生命现象的本质,并将这些知识应用于工业、农业、医学等实践领域,为人类的物质文明和精神文明建设服务。

生物化学研究构成生物机体包括糖类、脂类、蛋白质、核酸、酶、维生素、激素、抗生素等各种物质的组成、结构、性质及生物学功能;研究生物体内各种物质的化学变化及与外界进行物质和能量交换的规律,即物质代谢与能量代谢;研究重要生命物质的结构与功能的关系,以及环境对机体代谢的影响,从分子水平来阐明生命现象的机制和规律。

(二) 生物化学与其他生命科学的关系

1. 生物化学是分子水平的生物学

生物化学的起源虽然可以追溯到一个多世纪前,但生物化学的真正发展始于20世纪40年代末、50年代初。由于对构成生物体的基础物质——蛋白质和核酸的分子结构得到初步探明,便促进了生物化学的快速发展,产生了一门崭新的生命学科——分子生物学,从而使人们对生命的本质和生物进化的认识向前迈进了一大步。一个新品种的产生,用经典遗传学的方法选育,需要几年、几十年,而应用现代分子遗传学方法可以在几天、几小时产生一个新品种。可见,生命科学深入到分子水平,使人们无论对生命的认识,还是在实践上的应用,其深度和广度都是前所未有的。

2. 生物化学是现代生物学科的基础和前沿

生物化学既是现代各门生物学科的基础,又是其发展的前沿。说其是基础,是因为生物学已发展到分子水平,必须借助于生物化学的理论和方法来探讨各种生命现象,包括生长、繁殖、遗传、变异、生理、病理、生命起源和进化等,因此它是各学科的共同语言;说其是前沿,是因为各生物学科的进一步发展要取得更大的进展或突破,在很大的程度上有赖于生物化学研究进展和所取得的成就。事实上,没有生物化学对核酸和蛋白质结构与功能的阐明,就不会有遗传密码、信息传递途径的发现以及今天的分子生物学和分子遗传学。没有生物化学对限制性核酸内切酶的发现及提取分离纯化,也就没有今天的生物工程。由此可见,生物化学与各门生物学科的关系是非常密切的,在生物学科中占有重要的地位。

以生物化学、生物物理学、微生物学和遗传学为基础发展起来的分子生物学,其主要

任务是从分子水平更深入阐明生命现象和生物学规律。因此广义而言,生物化学研究的蛋白质和核酸等生物大分子的结构和功能,也纳入了分子生物学的研究范畴,这就很难将生物化学与分子生物学分开。正因为如此,国际生物化学协会(The International Union of Biochemistry)现已改名为国际生物化学与分子生物学协会(The International Union of Biochemistry and Molecular Biology),中国生物化学学会也已更名为中国生物化学与分子生物学学会。

(三) 生物化学与现代工业

1. 生物化学对现代化工、轻工、食品、医药工业的渗透

生物化学理论的发展和应用上的验证,不仅在生命现象及生物进化等理论问题上成就卓著,而且随着研究生物化学技术和设备的进步,不断地应用于工业、农业、医学等实践领域,在现代发酵工业、现代农业和现代医学中起着越来越重要的作用。

由于许多酶的分离纯化,它们正逐步应用于皮革、纺织、日化、酿造等轻化工工业。蛋白质(酶)、糖类、脂类、核酸等生命物质的研究成就及应用,已使传统食品、医药工业发生了根本性的变化。例如,基因工程和蛋白质工程可以利用细菌来生产胰岛素、生长素、干扰素等重要药物,利用生物化学的手段可以不断研制具有高效性、长效性的新药,或者改造现有药物的疗效,减少毒副作用;食品生物化学作为开发食品资源、研究食品工艺、质量管理和贮藏技术的理论基础,必将促进新型食品生产的大发展,以满足人们对营养的需要,适应人们的生理特点和感官要求。

2. 酶工程与自动化

早在 4000 多年前,人类已开始掌握酿酒、制酱、制饴技术,所用的曲(酵母)又称“媒”,这就是最早将“酶”用于生产食品。所谓酶工程就是起源于酶的生产与应用。酶作为生物催化剂,因其具有专一性强、催化效率高、作用条件温和等特点,已在食品、轻工、化工、医药、环保、能源等领域广泛应用。

酶在工业上的应用将会导致工业上某些领域的革命。根据酶作用条件温和的特点,酶反应所要求的设备不需要一般化工设备所要求的耐温、耐压、耐酸碱,加上酶反应的专一性和高效性,所设计的酶反应器较易做到生产的程序化和自动化,较易得到高产量和高纯度的产品。

(四) 21 世纪的生物化学发展趋势

20 世纪后半叶生物学的发展迅速,生物化学与分子生物学的发展使整个生命科学进入分子时代,开创了从分子水平阐明生命活动的本质。19 世纪中期细胞学说的建立从细胞水平证明生物界的统一性;20 世纪中期后生物化学与分子生物学则在分子水平上揭示了生命世界的基本结构和基础生命活动方面的高度一致性。

1. 大分子结构与功能的关系

蛋白质分子结构与功能的研究除了要继续阐明由氨基酸形成的一定顺序的肽链结构(称为一级结构)外,21 世纪的前 30 年将特别重视肽链折叠成的三维空间结构(高级结构),因为蛋白质的生物功能与它空间结构的关系更为密切。

核酸是遗传信息的携带者和传递者,研究核酸的结构和功能,特别是 DNA 及基因的结构,包括人体全套基因的结构,将会给整个生命科学、医学、农业带来崭新的面貌。糖类

不仅作为能源,而且在细胞识别、免疫、信息接收与传递方面具有重要作用。因此,糖的结构与功能的研究,也将受到重视。

2. 生物膜的结构与功能

细胞质和细胞内的细胞器膜构成生命活动本质的许多基本问题,如物质转运、能量转换、细胞识别、神经传导、免疫、激素和药物的作用都离不开生物膜的作用,此外,新陈代谢的调节控制,甚至遗传变异、生长发育、细胞癌变等也与生物膜息息相关。21 世纪对生物膜的结构、功能、人工模拟与人工合成的研究将是生物化学的课题之一。

3. 机体自身调控的分子机理

生物体内的新陈代谢是以高度协调、统一、自动化的方式进行的,一个正常机体体内各种生命物质既不会缺乏,又不会过多积累,它们间互相制约、彼此协调,这是机体高度精密调节控制机制实现的,这一调节控制系统是任何非生物系统或现代机器所不能比拟的。阐明生物体内新陈代谢调节的分子基础,揭示其自我调节的规律,不仅有助于揭开生命之谜,而且可以用于工业体系,使其高效率、自动化生产某些产品。生物反馈调节原理已初步用于抗生素、氨基酸和核苷酸等生产中。

4. 生化技术的创新与发明

生命科学的很多领域的发展还受到技术的限制,例如,基因工程受到产品分离纯化技术的限制。有的基因工程技术实现了基因筛选、分离、转移,并得以表达,但其产品得不到分离纯化,因此尚未达到目的。21 世纪初的首要任务是使生物化学在产品的分离纯化技术上有新突破。在蛋白质等物质的分离纯化、微量及微量生命物质的检测与分析、酶功能基团的修饰、酶的新型抑制剂的筛选、酶的分子改造与模拟酶、生物膜的分离与人工膜制造等方面要有较大的发展,才能适应科学发展的需要,也才能促进生物化学理论和技术在工农业生产中的进一步应用。

第 1 章

糖 类

1.1 概 述

糖类是自然界中含量最多的有机化合物,它广泛分布于生物体中,在植物体中的分布最为广泛,如谷类和薯类中的淀粉,木材、稻草、棉花、麻类中的纤维素和半纤维素,甘蔗和甜菜中的蔗糖,水果中的葡萄糖等。存在于植物体中的糖类以干物质计,其质量分数可高达 80% 以上;菌体中糖类的质量分数可达 10% ~ 30%;动物体中糖类的质量分数虽然小于 2%,但其生命活动所需能量却主要来源于糖类。动物体内的糖最初由植物提供,植物通过光合作用将二氧化碳和水合成为糖类。

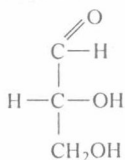
1.1.1 糖类的组成与定义

1. 组成

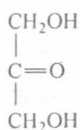
糖类主要由 C、H、O 三种元素组成,大多数糖类可用通式 $(\text{CH}_2\text{O})_n$ 表示,因其氢氧比与水的组成比例相同,过去有些教材常将糖类物质称为碳水化合物(carbohydrate),现在看,这种定义并不十分准确,因为有些符合上述通式的物质,例如甲醛(HCHO)、乙酸(CH_3COOH)等,并不是糖类;而有些物质虽不符合上述通式,如脱氧核糖($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$)、鼠李糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_5$)等,却属于糖类;还有一些糖类除了含有 C、H、O 三种元素外,还含有 N、P、S,如氨基葡萄糖(glucosamine),又称葡萄糖胺($\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_5\text{N}$)等。

2. 定义

从化学结构上看,糖是一类多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和衍生物。最简单的糖是甘油醛和二羟丙酮,它们都含有 3 个碳原子和 2 个羟基。



甘油醛(醛糖)
(Glyceraldehyde)



二羟丙酮(酮糖)
(Dihydroxyacetone)

1.1.2 糖的命名与分类

1. 命名

糖的命名方法主要有以下几种。

① 多数根据来源命名,如核糖(ribose)、葡萄糖(glucose)、果糖(fructose)、麦芽糖(maltose)、蔗糖(sucrose)和乳糖(lactose)等。

② 根据碳原子数命名,如丙糖(triose,又称三碳糖)、丁糖(tetrose,又称四碳糖)、戊糖(pentose,又称五碳糖)、己糖(hexose,又称六碳糖)和庚糖(heptose,又称七碳糖)等,它们都属于单糖。

③ 根据羰基位置命名,分为醛糖(aldose),如甘油醛等;酮糖(ketose),如二羟丙酮等。

④ 根据糖分子数命名,如二糖(disaccharide,又称双糖)、三糖(trisaccharide)、四糖(tetrasaccharide)、五糖(pentasaccharide)和六糖(hexasaccharide)等,它们都属于寡糖。

2. 分类

根据糖类物质能否水解以及水解后的产物,把糖类分为单糖、寡糖和多糖。

(1) 单糖(monosaccharide)

单糖是不能再水解的简单的糖类物质。其中,丙糖和丁糖常见于糖代谢中间产物中,丁糖和庚糖多存在于植物光合作用中。自然界中最常见的单糖是戊糖和己糖,含量较多的戊糖和己糖有以下几种。

① 戊糖。如核糖、脱氧核糖(deoxyribose)、阿拉伯糖(arabinose),它们都是戊醛糖。

② 己糖。如葡萄糖、果糖、半乳糖(galactose)。葡萄糖和半乳糖是己醛糖,果糖是己酮糖。

(2) 寡糖(oligosaccharide)

寡糖是由2~20个单糖分子缩合而成,水解后产生单糖。寡糖中最重要的是二糖,如蔗糖、麦芽糖和乳糖,其次是三糖,如棉子糖(raffinose)、龙胆三糖(gentianose)等。

(3) 多糖(polysaccharide)

多糖是由许多单糖分子失水缩合而成的,完全水解后能生成20个以上的单糖分子。根据水解后的单糖分子是否相同,多糖可分为以下两类。

① 同聚多糖(homopolysaccharide)。同聚多糖指水解产物为同一种单糖或单糖衍生物的多糖,如淀粉(starch)、糖原(glycogen)、纤维素(cellulose)和壳多糖(chitin)等。

② 杂聚多糖(heteropolysaccharide)。杂聚多糖指水解产物为一种以上单糖或单糖衍生物的多糖,如琼脂(agar)、果胶物质(pectic substance)、半纤维素(hemicellulose)、透明质酸(hyaluronic acid)、硫酸软骨素(chondroitin sulfate)和肝素(heparin)等。

根据糖类物质的组成成分不同,糖类又可分为单纯糖和复合糖(结合糖)。

① 单纯糖。单纯糖成分单一,均为糖物质,包括单糖、寡糖、同聚多糖和部分杂聚多糖。

② 复合糖。复合糖由糖和非糖类物质共价结合而成,如糖脂(glycolipid)、糖蛋白(glycoprotein)等。

1.1.3 糖的生物学功能

(1) 重要的能源物质

一切生命活动都需要消耗能量,而这些能量主要来自糖类物质在机体内的分解代谢。植物体内重要的贮存能量的多糖是淀粉,在种子萌芽或生长发育时,植物细胞将它所贮藏的淀粉降解为小分子糖类物质以提供能量;糖原是贮存于动物体中的重要能源物质,肝脏和肌肉中糖原含量最高,分别满足机体不同部位的能量需要。

(2) 起支持作用的结构物质

有些糖类物质在生物体内充当结构物质,如构成细菌细胞壁的主要成分是一类特殊多糖,称为细菌多糖;昆虫和甲壳类动物的外骨骼也是一种糖类物质,即壳多糖;植物细胞壁的主要成分是纤维素和半纤维素,纤维素分子可聚集成束,形成纤维,为植物细胞壁提供一定的抗张强度。

(3) 特殊生理功能物质

一些特殊的复合糖和寡糖在动植物及微生物体内具有重要的生物学功能。人类的ABO血型是由所谓的血型物质决定的,这类血型物质实际上是一种糖蛋白,大多数情况下,糖所占的比例较小,却起着非常重要的生物学作用,血型的特异性往往由它们决定。此外,机体免疫、细胞识别、信息传递、器官移植等都与糖蛋白中的寡糖链密切相关,由此还出现了一门新的分支学科——糖生物学(glycobiology)。

1.2 单糖的结构和性质

1.2.1 单糖的物理性质

1. 旋光性(optical activity)

用一束光照射尼科尔棱镜(Nicol prism)时,光波只能沿一个平面振动通过,这种光称为平面偏振光,与平面偏振光垂直的面称为偏振面(polarization plane)。当平面偏振光通过溶有某些物质的溶液时,光的偏振面就会发生旋转,我们把这些物质称为旋光物质。旋光物质使平面偏振光的偏振面发生旋转的能力,称为旋光性、光学活性或旋光度。使其向右(顺时针方向或正向)旋转的物质,称为右旋光物质,这种能力称为右旋性(符号为“ d ”或“+”);使其向左(逆时针方向或负向)旋转的物质,称为左旋光物质,这种能力称为左旋性(符号为“ l ”或“-”)。

凡具有旋光性的物质,其分子都是不对称分子,这种分子与它的镜像不能重叠,如同左右手一样,因而又称为手性分子。手性分子最基本的特征就是含有手性碳原子(不对称碳原子),手性碳原子是指4个共价键与4个不同的原子或原子团相连接的碳原子,用“ C^* ”表示。除二羟丙酮无手性碳原子外,其他单糖都有手性碳原子,因而都具有旋光性。

一定条件下旋光度与偏振光通过待测液的路径长度 L 和待测液浓度 c 的积成正比,即

$$\alpha_D^t = [\alpha]_D^t c L$$

则

$$c = \frac{\alpha_D^t}{[\alpha]_D^t L} \times 100\%$$

式中, α_D^t 代表实际测得的旋光度; t 代表测定时的温度; D 代表以钠光灯(称为 D 线, 波长为 589 nm) 为光源; L 为光程, 即旋光管的长度, 旋光管长度一般以 10 cm 为一个单位; c 为质量浓度, 即 100 mL 溶液中所含溶质的质量(g); $[\alpha]_D^t$ 是比例常数, 称为比旋度或旋光率(specific rotation), 表示单位浓度和单位长度下的旋光度, 是旋光物质特征性的物理常数, 可借此对糖作定性和定量的测定, 具体数值前用“+”号或“-”号表示旋光方向, 一些重要单糖和寡糖的比旋度列于表 1.1。

表 1.1 一些重要单糖和寡糖的比旋度*

名 称	$[\alpha]_D^{20}(\text{H}_2\text{O})$	名 称	$[\alpha]_D^{20}(\text{H}_2\text{O})$
<i>D</i> -甘油醛	+9.4°	α - <i>D</i> -吡喃半乳糖	+150.7°→+80.2°
<i>D</i> -赤藓糖	-9.3°	β - <i>D</i> -吡喃半乳糖	+52.8°→+80.2°
<i>D</i> -赤藓酮糖	-11°	蔗糖	+66.5°
<i>D</i> -核糖	-19.7°	转化糖	-19.8°
2-脱氧- <i>D</i> -核糖	-59°	α -乳糖(1H ₂ O)	+85°→+52.6°
<i>D</i> -核酮糖	-16.3°	β -乳糖	+34°→+52.3°
<i>D</i> -木糖	+18.8°	β -麦芽糖(1H ₂ O)	+112°→+130°
<i>D</i> -木酮糖	-26°	β -麦芽糖(2H ₂ O)	+179.9°
<i>D</i> -果糖	-92.4°	α -纤维二糖	+68.7°→+35°
<i>D</i> -景天庚酮糖	+2.5°	β -纤维二糖	+16.2°→+35°
<i>L</i> -阿拉伯糖	+104.5°	α -龙胆二糖	+31°→+9.6°
<i>L</i> -山梨糖	-43.1°	β -龙胆二糖	-0.8°→+10°
<i>L</i> -岩藻糖	-75°	α -蜜二糖(2H ₂ O)	+134°
<i>L</i> -鼠李糖	+8.2°	α -蜜二糖(1H ₂ O)	+134.3°
α - <i>D</i> -吡喃葡萄糖	+112.2°→+52.5°	棉子糖(5H ₂ O)	+130°
β - <i>D</i> -吡喃葡萄糖	+18.7°→+52.5°	松三糖(2H ₂ O)	+88.2°
α - <i>D</i> -吡喃甘露糖	+29.3°→+14.5°	龙胆糖	+30.8°
β - <i>D</i> -吡喃甘露糖	-17°→+14.5°	水苏糖(4H ₂ O)	+133°

* 异头物的比旋度由起始值→平衡值, 其余均指互变平衡时的比旋度。

2. 甜度 (sweetness)

严格地说, 甜度不属于物理特性, 它只是人的一种感觉。为比较方便, 通常以蔗糖为参照物, 规定它的甜度为 100, 目前常见天然糖类中最甜的是果糖, 最不甜的是乳糖。一些糖、糖醇及其他增甜剂(sweetener)的相对甜度见表 1.2。