

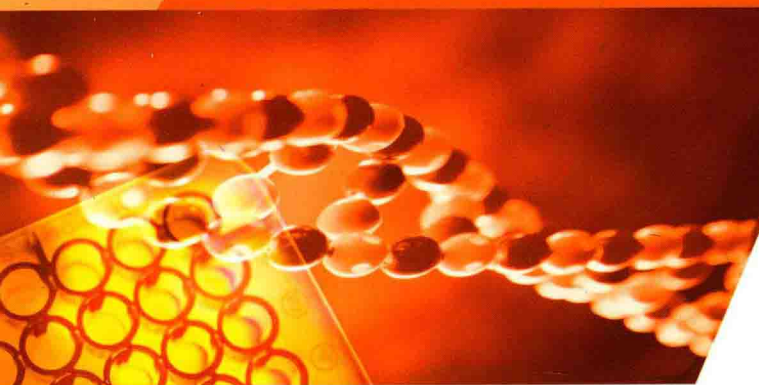


高职高专“十二五”工学结合精品教材

生物化学

SHENGWU HUAXUE

凌 浩 王明跃 主编



 中国质检出版社

高职高专“十二五”工学结合精品教材

生物化学

凌 浩 王明跃 主编

 中国质检出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/凌浩,王明跃主编. —北京:中国质检出版社,2011.8 (2012.1重印)

高职高专“十二五”工学结合精品教材/贡汉坤主编

ISBN 978-7-5026-3462-9

I. ①生… II. ①凌… ②王… III. ①生物化学—高等职业教育—教材

IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 154711 号

内 容 提 要

本书是根据教育部有关高职高专教材建设的文件精神,以高职高专生物类、食品类、生物制药类专业学生的培养目标为依据编写的。

全书共十六章,分别介绍糖类,脂类,蛋白质,核酸,酶,维生素与辅酶,矿物质与水,糖代谢,脂代谢,蛋白质降解和氨基酸的分解代谢,核酸的降解和核苷酸代谢,各类物质代谢的相互关系与代谢的调节控制,核酸、蛋白质的生物合成及基因工程,新鲜动植物组织的代谢,食品的色香味化学以及实验技术等内容。

本书可作为高职高专院校相关专业的教材,也可供从事生物工程、生物制药以及生物制品、食品、药品检验等工作的技术人员参考。

中国质检出版社出版发行

北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)

北京市西城区复外三里河北街16号(100045)

网址:www.spc.net.cn

电话:(010)64275360 68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 402 千字

2011年8月第一版 2012年1月第二次印刷

*

定价 30.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010) 68510107

本书编委会

主 编 凌 浩 (广东轻工职业技术学校)
王明跃 (阜阳职业技术学校)

副主编 阳元娥 (广东轻工职业技术学校)
朱晓立 (广东轻工职业技术学校)

参 编 何志海 (广东轻工职业技术学院)
冯爱娟 (广东轻工职业技术学院)
魏强华 (广东轻工职业技术学院)
赵 鑫 (广东轻工职业技术学院)
汪作琳 (阜阳职业技术学院)
曾佑炜 (广东轻工职业技术学院)
刘艳芳 (阜阳职业技术学院)

教材编委会

主 任 贡汉坤 刘国普

副主任 刘宝兰 蔡 健 赵晨霞 彭珊珊 邓毛程
罗红霞

委 员 (按姓氏笔画排序)

孔令明	王明跃	刘 静	刘兰泉	刘晓蓉
刘新华	林春艳	华景清	肖传英	李 芳
李玉崑	李平凡	李国名	李保忠	李海林
陈明之	陈维新	陈翠玲	宋德花	张德欣
郑 理	明 哲	金 鹏	周桃英	范 瑞
范建奇	范震宇	钟 萍	郭东方	贾 宁
凌 浩	徐 焱	顾宗珠	聂青玉	徐吉祥
徐清华	温兆清	解成骏	魏强华	

策 划 刘宝兰 杨庚生

编写说明

为适应高职高专学科建设、人才培养和教学改革的需要,更好地体现高职高专院校学生的教学体系特点,进一步提高我国高职高专教育水平,加强各高等职业技术学校之间的交流与合作,根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》等文件精神,为配合全国高职高专规划教材的建设,同时,针对当前高职高专教育所面临的形势与任务、学生择业与就业、专业设置、课程设置与教材建设,由中国计量出版社(现中国质检出版社)组织北京农业职业学院、苏州农业职业技术学院、天津开发区职业技术学院、重庆三峡职业学院、湖北轻工职业技术学院、广东轻工职业技术学院、广东新安职业技术学院、内蒙古商贸职业学院、新疆轻工职业技术学院、黑龙江科技职业学院等 60 多所全国食品类高职高专院校的骨干教师编写出版本套教材。

本套教材结合了多年来的教学实践的改进和完善经验,吸取了近年来国内外教材的优点,力求做到语言简练,文字流畅,概念确切,思路清晰,重点突出,便于阅读,深度和广度适宜,注重理论联系实际,注重实用,突出反映新理论、新知识和新方法的应用,极力贯彻系统性、基础性、科学性、先进性、创新性和实践性原则。同时,针对高职高专学生的学习特点,注意“因材施教”,教材内容力求深入浅出,易教易学,有利于改进教学效果,体现人才培养的实用性。

在本套教材的编写过程中,按照当前高职高专院校教学改革,“工学结合”与“教学做一体化”的课程建设和强化职业能力培养的要求,设立专题项目,每个项目均明确了需要掌握的知识和能力目标,并以项目实施为载体加强了实践动手能力的强化培训,在编写的结构安排上,既注重了知识体系的完整性和系统性,同时也突出了相关生产岗位核心技能掌握的重要性,明确了相关工种的技能要求,并要求学生利用复习思考题做到活学活用,举一反三。

本套教材在编写结构上特色较为鲜明,通过设置“知识目标”、“技能目标”、“素质目标”、“案例分析”、“资料库”、“知识窗”、“本项目小结”和“复习思考题”等栏目,既方便教学,也便于学生把握学习目标,了解和掌握教学内容中的知识点和能力点。编写过程中也特别注意使用科学术语、法定计量单位、专用名词和名称及有关系统的规范用法,从而使本套教材更符合实际教学的需要。

相信本套教材的出版,对于促进我国高职高专教材体系的不断完善和发展,培养更多适应市场、素质全面、有创新能力的技术专门人才大有裨益。

教材编委会

2011 年 2 月

前 言

本教材根据教育部有关高职高专教材建设的文件精神,以高职高专生物类、食品类、生物制药类专业学生的培养目标为依据编写的。

《生物化学》是生物技术及应用、生物化工工艺、食品加工技术、食品生物技术、食品营养与检测、生物制药技术等专业的一门专业基础课程。根据食品与生物技术专业群中各专业的专业核心课程和职业能力要求,将食品与生物技术专业群中相关专业所需的共性知识和技能提炼出来,将生物化学确定为专业群平台课程。

本教材定位于高职和专业群各专业使用,因此,在教材内容的安排上,既考虑专业群各专业的共性要求,又考虑不同专业的教学需要。通过课程的学习,使学生能理解和掌握淀粉糖、氨基酸、酶制剂、蛋白质、生化药物等生产的生物化学原理;能从生物化学角度正确理解各种生物制品和食品在生产加工过程中发生的有关变化和工艺条件的选择。从而为以后的微生物工艺技术、酶制剂生产与应用技术、酒与酒精生产技术、生化药物生产技术、生物制药技术、食品生产技术以及生物制品、食品、药品检验技术等专业核心课程的学习打下理论基础。

本书共十六章,其中第十六章为实验技术,各专业可根据教学计划安排调整理论教学与实验学时。

教材编写分工如下:绪论、第十二章、第十四章由广东轻工职业技术学院凌浩编写,第一章由广东轻工职业技术学院何志海编写,第二章、第五章由广东轻工职业技术学院冯爱娟编写,第三章由阜阳职业技术学院王明跃编写,第四章、第十六章由广东轻工职业技术学院阳元娥编写,第七章由广东轻工职业技术学院魏强华编写,第六章由广东轻工职业技术学院赵鑫编写,第八章、第十一章由广东轻工职业技术学院朱晓立,第九章、第十章由阜阳职业技术学院汪作琳编写,第十三章由广东轻工职业技术学院曾佑炜编写,第十五章由阜阳职业技术学院刘艳芳编写。全书由广东轻工职业技术学院凌浩和阜阳职业技术学院王明跃任主编,广东轻工职业技术学院阳元娥和朱晓立任副主编。

在本书的编写过程中,由广东轻工职业技术学院邓毛程教授担任主审并对本书提出了很好的修改意见,在此表示衷心的感谢。

编者

2011年5月

目 录

绪论	1
第一章 糖类	3
第一节 糖的定义及分类	3
第二节 单糖的分类、分子结构及理化性质	4
第三节 寡糖	9
第四节 多糖	11
第五节 糖类的工业应用	15
第二章 脂类	17
第一节 脂类的概念、分类及功能	17
第二节 脂肪的结构与性质	19
第三节 乳化及乳化剂	24
第四节 类脂	25
第三章 蛋白质化学	31
第一节 概述	31
第二节 氨基酸	32
第三节 蛋白质的分子结构和功能	38
第四节 蛋白质的理化性质	43
第五节 蛋白质的分离、纯化和测定	47
第四章 核酸	51
第一节 核酸概论	51
第二节 核苷酸	52
第三节 脱氧核糖核酸(DNA)	57
第四节 核糖核酸(RNA)	60
第五节 核酸的理化性质	62
第六节 核酸的分离、纯化和测定	66
第五章 酶	71
第一节 酶的概念、分类与命名、作用特点	71

第二节 酶活力的定义、测定	74
第三节 酶的作用机制和酶的调节	75
第四节 影响酶活力的因素	79
第五节 酶的分离、纯化	83
第六节 固定化酶	86
第七节 工业生产中常用酶介绍	88
第六章 维生素与辅酶	97
第一节 维生素的概念和分类	97
第二节 脂溶性维生素及其功能	98
第三节 水溶性维生素及其辅酶的功能	101
第七章 矿物质与水	109
第一节 矿物质	109
第二节 水	116
第八章 糖代谢	122
第一节 新陈代谢的有关概念	122
第二节 食物中糖的消化和吸收	123
第三节 糖酵解及相关发酵的生化机理	124
第四节 柠檬酸循环及柠檬酸发酵的生化机理	128
第五节 呼吸链及氧化磷酸化	135
第六节 糖的其他分解代谢途径	137
第七节 糖的合成代谢简介	140
第八节 血糖与血糖水平的调节	143
第九章 脂类代谢	147
第一节 脂类的消化和吸收	147
第二节 脂肪的分解代谢	147
第三节 脂肪的合成代谢	151
第四节 磷脂的代谢	153
第十章 蛋白质的降解和氨基酸代谢	156
第一节 蛋白质的消化与吸收	156
第二节 氨基酸的一般分解代谢	156
第三节 氨基酸的生物合成	162
第四节 发酵生产谷氨酸的生化机理	164
第十一章 核酸的降解和核苷酸代谢	168
第一节 核酸的酶促降解	168

第二节	核苷酸的降解	170
第三节	核苷酸的生物合成	172
第四节	核苷二磷酸与核苷三磷酸的合成	176
第十二章	几类物质代谢之间的关系及调控	178
第一节	代谢途径之间的联系	178
第二节	代谢的调控	179
第十三章	核酸、蛋白质的生物合成及基因工程	183
第一节	DNA 的生物合成	183
第二节	RNA 的生物合成	187
第三节	蛋白质的生物合成	189
第四节	基因突变	194
第五节	基因工程	197
第十四章	新鲜动植物组织的代谢	201
第一节	动物屠宰后组织中的代谢活动	201
第二节	新鲜水果、蔬菜组织中的代谢活动	203
第十五章	食品色香味化学	207
第一节	食品中的色素与褐变	207
第二节	味感及味感物质	212
第三节	嗅感及嗅感物质	220
第十六章	实验技术	226
实验一	糖类的颜色反应	226
实验二	糖类的还原作用	227
实验三	蛋白质的颜色反应	229
实验四	蛋白质的沉淀反应	232
实验五	蛋白质等电点测定	234
实验六	酪蛋白的制备——等电点沉淀法	236
实验七	氨基酸的纸层析	237
实验八	电泳技术——纸电泳分离氨基酸	239
实验九	酶的催化特性	243
实验十	糖化酶活力测定	246
实验十一	从酵母提取核糖核酸——稀碱法	247
实验十二	从酵母提取核糖核酸——浓盐法	249
参考文献		251

绪 论

一、生物化学的含义

生物化学是关于生命的化学。它是以研究生物的化学组成,生物物质的结构和功能,生命过程中物质变化和能量变化的规律,以及各种生命现象的生物化学原理为基本内容的科学。

生物化学涉及的内容很广,学科分支越来越多。以所研究的生物对象之不同,可分为动物生化、植物生化、微生物生化、食品生化、临床生化等。随着生化向纵深发展,学科本身的各个组成部分常常被作为独立的分科,如:蛋白质生化、糖的生化、核酸、酶学、能量代谢、代谢调控等。现代科学中非常引人注目的分子生物学,是以研究生物大分子的结构与功能为主要内容的现代生物化学的前沿学科。

二、生物化学发展简史

生物化学是一门新兴学科,是 20 世纪早期在有机化学、生物学、医学等学科的基础上形成的一门边缘学科。

早在史前,人类就已经在生产、生活和医疗等方面积累了许多与生化有关的实践经验。我们的祖先在公元前 22 世纪就用谷物酿酒;公元前 12 世纪就会制酱、制饴糖;公元 7 世纪,孙思邈就用车前子、杏仁等中草药治疗脚气病,用猪肝治疗夜盲症等。然而,人们对生命的化学本质的认识直到 18 世纪中后期才有所发现。18 世纪 70 年代, Scheele 从动、植物材料中分离出甘油及柠檬酸、苹果酸、乳酸、尿酸等有机物。18 世纪 80 年代, Lavoisier 发现呼吸作用吸入氧气(O_2),呼出 CO_2 ,证明了呼吸就是氧化作用。他还证明了酒精发酵本质上是一系列的化学反应过程。

19 世纪,对生命现象开展了比较广泛的研究,对生命的化学本质的认识有了许多重大进展,为生物化学学科的形成奠定了基础。1810 年 Gay-lussac 推导出了酒精发酵的反应式;1833 年 Payen 分离出麦芽淀粉酶。19 世纪 50 年代巴斯德证明了酒精发酵是微生物引起的,排除了发酵自生论。19 世纪 60 年代,德国生理化学家 Hoppe-seyler 得到了蛋白质结晶——血红蛋白;Miescher 发现核酸等。1877 年, Hoppe-Seyler 首次提出“生物化学”一词。从此,随着生产和研究工作的发展,以及教学工作的需要,生物化学的有关内容才从有机化学、生理学、医学等学科中独立出来,形成了一门独立的边缘学科。

1897 年 Buchner 兄弟利用无细胞酵母汁液发酵蔗糖产生酒精的研究成果,是生化发展早期的一个重要里程碑。它不仅结束了关于酒精发酵机理持续了半个世纪的大论战,而且将酶学和代谢等现代生化研究引入了一个快速发展的新时期。

20 世纪 30 年代以来,生物化学进入了快速发展的历史时期。脂肪酸氧化降解途径、糖酵解途径、三羧酸循环途径的基本化学过程都是在 30 年代提出来的。1926 年 Sumner 获得脲酶

结晶,证明了酶的化学本质是蛋白质,1955年 Sanger 首次完成了牛胰岛素分子的一级结构分析。由于放射性同位素标记追踪实验用于代谢研究,以及酶抑制剂的使用和微量分析技术的进步,在 50 年代,关于氨基酸、嘌呤、嘧啶、脂肪酸、萜类化合物等许多物质的生物合成和酶促降解途径也被阐明了。

1944 年 Avery 用肺炎球菌转化实验证明了核酸是遗传物质,1953 年 Watson 和 Crick 提出 DNA 双螺旋结构模型,奠定了分子遗传学的理论基础。1967 年 Weiss 发现了 T40 菌体 DNA 连接酶,R. Yuan 发现了 DNA 限制性内切酶。这些发现为研究核酸大分子结构和功能找到了自由切割和重组的工具。这些成果和方法,为基因工程奠定了坚实的基础。

吴宪(1893—1959 年)是我国著名生物化学家,是中国生物化学研究的主要奠基者,他的研究领域主要包括临床生物化学(主要是血液成分分析)、气体与电解质的平衡、蛋白质化学(蛋白质变性的研究)、免疫化学、营养学以及氨基酸代谢等方面;此外,还涉及性激素、抗生育等方面。吴宪对于国际生物化学和中国科学事业的贡献卓著,由此赢得了他在国际学术界的声望和在中国科学界的地位。

1965 年,我国生物化学家率先完成了结晶牛胰岛素分子的人工合成。1981 年人工合成酵母丙氨酸转移核糖核酸,是世界上首次用人工方法合成具有与天然分子相同的化学结构和完整生物活性的核糖核酸,为推动蛋白质、核酸等生物大分子的人工合成作出了重大贡献。

三、课程性质与内容

生物化学是生物技术及应用、生物化工工艺、食品加工技术、食品生物技术、生物制药技术、食品营养与检测等专业的基础课,本教材的内容以生物体和食品中普遍存在的化学物质和生物体共同遵循的基本代谢规律为主,介绍基本理论知识,兼顾不同专业的应用性。教材内容主要由四部分组成:①生物体的化学组成、结构、性质和功能。这部分内容也就是我们通常讲的静态生化的内容。②新陈代谢。这部分内容也就是我们通常讲的动态生化的内容。③核酸和蛋白质的生物合成。这部分属于生物化学基础上发展起来的分子生物学的重要内容。④食品的色香味化学。这部分内容主要是食品类专业所需的知识,生物制药类专业可不学。⑤生化实验技术。生化实验是生化课程的重要组成部分。

四、学习生物化学的方法

学习生物化学时,要与生活、生产实际联系起来,一方面可提高学习兴趣;另一方面可加深对理论知识的理解。同时注意下面一些方法:

- ①随学随消化,善于归纳总结;
- ②深入钻研,前挂后联,在理解的基础上加强记忆;
- ③代谢部分的学习中,在对物质的来龙去脉有总的认识的基础上,深入理解掌握;
- ④要充分利用实验课的机会,学习生化实验技术,加深对理论知识的理解,提高分析问题、解决问题能力和动手的能力。

第一章 糖 类

【学习目标】

1. 掌握单糖的分类和重要单糖的环状结构;
2. 掌握单糖的化学性质;
3. 掌握一些重要糖的鉴别方法;
4. 熟悉寡糖和多糖的分类、结构特点与主要性质;
5. 了解糖类的工业应用。

第一节 糖的定义及分类

一、糖的定义

糖类是自然界存在的一大类具有广谱化学结构和生物功能的有机化合物。它由碳、氢、氧三种元素组成,其分子式通常以 $C_n(H_2O)_m$ 表示。一般把糖类看作是多羟基醛或多羟基酮及其聚合物和衍生物的总称。

由于一些糖分子中,氢原子和氧原子的比例为 2:1,刚好与水分子中氢、氧原子数的比例相同,过去误认为此类物质是碳与水形成的化合物,因此曾将糖叫做碳水化合物。但实际上,有些糖如鼠李糖($C_6H_{12}O_5$)和脱氧核糖($C_5H_{10}O_4$)等,它们的结构和性质虽属于碳水化合物,但其分子式并不符合上述的结构通式。而有些化合物如乙酸($C_2H_4O_2$)、甲醛(CH_2O)等,虽然分子式符合上述通式,但其结构和性质却与碳水化合物完全不同。由此可见,称糖类物质为碳水化合物并不十分恰当,只是沿用已久,所以至今仍在使用。

糖是生物界中分布极广、含量较多的一类有机物质,几乎所有的动物、植物、微生物体内都含有它,其中以植物界最多,约占其干重的 80%。生物细胞内、血液中也有葡萄糖或由葡萄糖等单糖组成的多糖(如肝糖原、肌糖原)存在。人和动物的器官组织中含糖量不超过组织干重的 2%。微生物体内含糖量约占菌体干重的 10%~30%。它们或以糖或与蛋白质、脂类结合成复合糖存在。

糖类化合物的生物学作用主要有:①作为生物能源;②作为其他物质如蛋白质、核酸、脂类等生物合成的碳源;③作为生物体的结构物质。如纤维素是植物茎秆等支撑组织的结构成分,甲壳质是虾、蟹等动物硬壳组织的结构成分;④糖蛋白、糖脂等具有细胞识别、免疫活性等多种生理性能。

二、糖的分类

根据糖的结构特点和水解情况,可将糖分为单糖、寡糖和多糖三大类。

1. 单糖

凡是不能被水解成更小分子的糖称为单糖。葡萄糖和果糖都是常见的单糖。生物界存在的单糖及其衍生物近 200 种,而人体所需的单糖不过 10 种,其中最重要的是葡萄糖。人体内葡萄糖以游离型和结合型两种方式存在。游离型葡萄糖存在于体液中,是糖在体内的运输形式。下面简要叙述和人体营养及代谢有关的重要单糖。

(1) 丙糖:只有两种,即甘油醛和二羟丙酮,它们是糖代谢的中间产物。

(2) 丁糖:在自然界常见的也有两种,即 D-赤藓糖和 D-赤藓酮糖,它们的磷酸酯是糖代谢的重要中间产物。

(3) 戊糖:在自然界存在的戊醛糖主要有 D-核糖、D-木糖。它们大多以聚戊糖或糖苷的形式存在。在核酸中还有 D-2-脱氧核糖。戊酮糖有 D-核酮糖和 D-木酮糖,都是糖代谢的中间产物。

(4) 己糖:在自然界分布最广,数量也最多,和机体的营养代谢也最密切。重要的己醛糖有 D-葡萄糖、D-半乳糖和 D-甘露糖;己酮糖则有 D-果糖和 D-山梨糖。

葡萄糖可以单糖存在,但绝大多数以多糖形式存在,也可以组成糖苷。果糖是糖类中最甜的糖,分布很广,在甘蔗和甜菜中含量最为丰富,它以组成二糖的形式为多见,如与葡萄糖结合成蔗糖。蔗糖是食品的主要甜味剂。D-山梨糖是生物合成抗坏血酸的前体物质。半乳糖亦以乳糖、棉子糖或琼胶等二糖、三糖或多糖形式为常见。这三种己糖对人体的营养最重要,是人体获得能量的最主要来源。

(5) 庚糖:单糖中还有一种庚酮糖,又称 D-景天庚酮糖,它并不游离存在,而以磷酸酯的形式为糖代谢的重要中间产物。

2. 寡糖

一般由 2~6 个单糖分子缩聚而成的糖称为寡糖,也称为低聚糖。其中,二糖是寡糖中存在于最为广泛的一类,蔗糖、麦芽糖和乳糖是其重要代表。单糖和寡糖能溶于水,多有甜味。

(1) 二糖:又称双糖,为两分子单糖以糖苷键连接而成,水解后生成两分子单糖,有的有还原性,有的没有,但都有旋光性。最常见的为食物中的蔗糖、麦芽糖和乳糖。

(2) 三糖:以棉子糖为常见,存在于棉子和桉树的糖蜜中,甜菜中也有棉子糖,它是半乳糖、葡萄糖和果糖以糖苷键连接的三糖。

3. 多糖

由许多单糖分子缩聚而成的糖称为多糖。多糖相对分子质量都很大,有的能与水形成胶体溶液,有的不溶于水,均无甜味,也无还原性。多糖有旋光性,但无变旋现象。多糖与人类生活关系极为密切,其中最重要的多糖是淀粉、糖原和纤维素等。多糖中有一些与非糖物质结合的糖称为复合糖,如糖蛋白和糖脂。

第二节 单糖的分类、分子结构及理化性质

单糖是不能再水解成更小分子的多羟基醛或多羟基酮。如葡萄糖、果糖等。但单糖可以被进一步降解为其他物质,在体内最后通过生物氧化,生成二氧化碳和水并放出生物能量(ATP)和热。

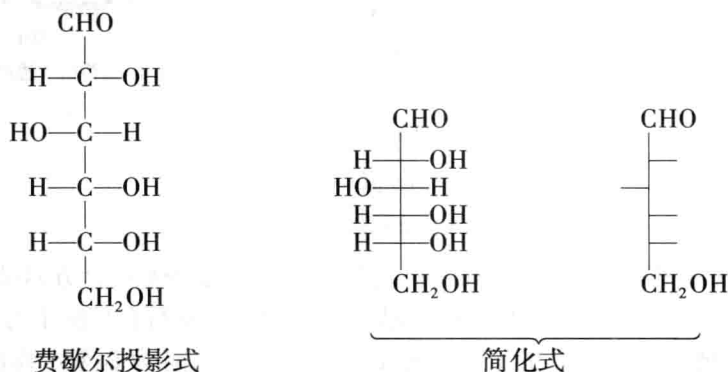
一、单糖的分类

单糖是糖类中最简单的一种,是组成糖类物质的基本结构单位。根据分子中羰基位置的不同,单糖可分为醛糖和酮糖,如葡萄糖为醛糖,果糖为酮糖。碳原子数相同的醛糖和酮糖互为同分异构体。根据分子中碳原子数目的不同,单糖可分为丙糖、丁糖、戊糖、己糖和庚糖,如甘油醛和二羟丙酮为丙糖,赤鲜糖为丁糖,核糖和脱氧核糖为戊糖,葡萄糖、甘露糖、半乳糖、果糖为己糖。其中,最重要的是戊醛糖、己醛糖和己酮糖。

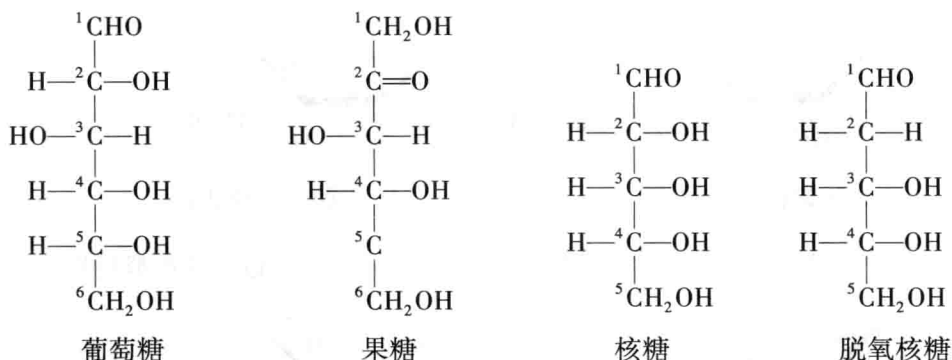
二、单糖的分子结构

1. 单糖的开链式结构

单糖的骨架采用链式结构表示时就称为开链式。为了能够正确表示单糖分子中氢原子和羟基的空间排布情况,开链式一般采用费歇尔(Fischer)投影式或其简化式表示。如己醛糖中的D-葡萄糖,分子组成为 $C_6H_{12}O_6$,其开链式结构的费歇尔投影式如下所示:



单糖分子中碳原子的编号方法为:醛糖从醛基碳开始编号,第1个碳原子用 ^1C 表示,其他碳原子依次用 ^2C , ^3C , ^4C , ^5C , ^6C 等表示;酮糖从距酮基最近的碳的一端开始编号。



2. 单糖的环状结构与变旋现象

(1) 单糖的环状结构 单糖的链状结构不稳定,在结晶状态和生物体内主要以环状结构形式存在。单糖的环状结构是其羟基与羟基发生半缩醛反应而形成的五元或六元含氧碳环,有 α 型和 β 型两种结构。其中,反应形成的羟基成为半缩醛羟基。半缩醛羟基在环状结构右边的为 α 型,在左边的为 β 型;单糖的 α 型和 β 型环状结构之间可以通过链状结构相互转化。

葡萄糖的环状结构如图 1—1 所示。

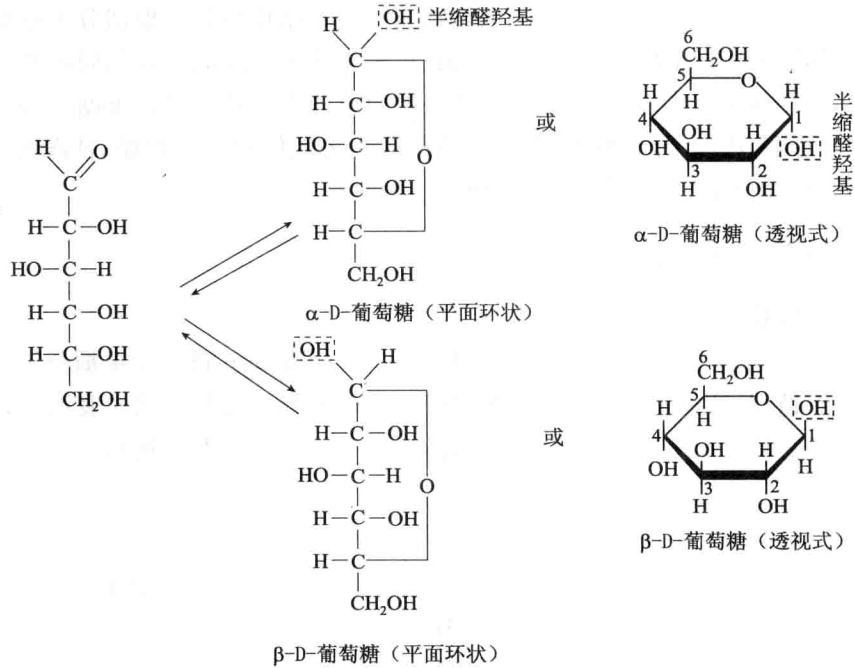
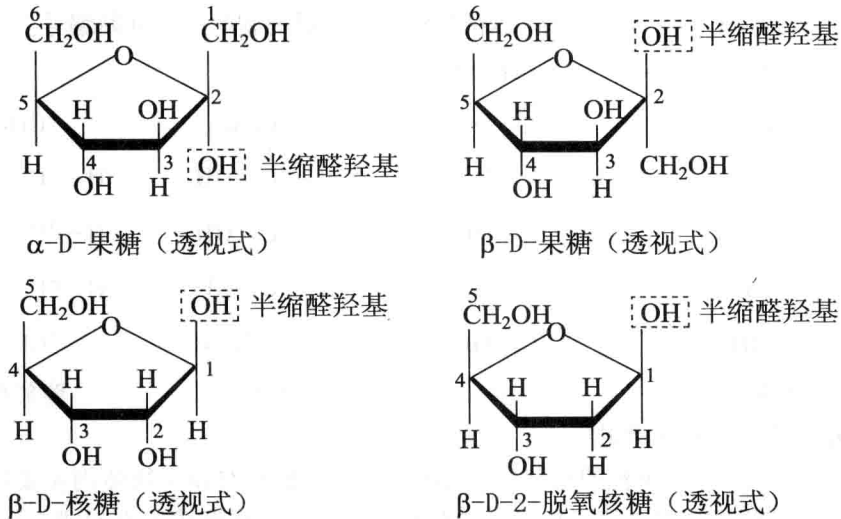


图 1—1 葡萄糖的链状结构、环状结构、透视式

环状单糖一般常用透视式表示。在透视式中,环架碳原子按顺时针方向排列,氧原子在六元环的上角;末位羟甲基($-\text{CH}_2\text{OH}$)和链状结构中左侧的羟基写在环的上方,右侧的羟基写在环的下方。半缩醛羟基写在环的下方者为 α 型,在环的上方者为 β 型。葡萄糖的透视式如图 1-1 所示。果糖、 β -D-核糖和 BD-2-脱氧核糖的透视式为:



(2) 变旋现象 变旋现象能很好地说明葡萄糖同分异构体之间的变化。由于半缩醛形式并不稳定,在水溶液中,互为 C1 差向异构体的 α -D-葡萄糖(比旋光度 $+1120$) 和 β -D-葡萄糖

(比旋光度 +18.70) 可以通过开链式互相转化, 直至达到动态平衡, 参见图 1-1。因此, 将任何一种结晶的葡萄糖溶于水, 最终会形成这样的平衡, 平衡时 β -D-吡喃葡萄糖占 63%, 而 α -D-吡喃葡萄糖占 37%, 开链结构很少, 仅占不到 0.1%, 平衡时混合溶液的比旋光度 $[\alpha]_D = +52.20$ 。这就葡萄糖 α 型、 β 型和开链式结构三者达到平衡之前发生变旋现象的原因。

三、单糖的理化性质

1. 单糖的物理性质

单糖都是无色晶体, 有甜味, 吸湿性强。易溶于水, 在热水中溶解度大。部分单糖可溶于乙醇、乙醚、丙酮等有机溶剂。单糖有旋光性, 其溶液有变旋现象。

葡萄糖是无色晶体或白色结晶性粉末, 熔点 146°C , 易溶于水, 难溶于酒精, 有甜味。天然的葡萄糖具有右旋性, 故又称右旋糖。

半乳糖是无色晶体, 熔点为 $165 \sim 166^{\circ}\text{C}$ 。半乳糖有还原性, 也有变旋现象, 平衡时的比旋光度为 $+83.3^{\circ}$ 。

果糖为无色晶体, 易溶于水, 熔点为 105°C 。D-果糖为左旋糖, 也有变旋现象, 平衡时的比旋光度为 -92° 。这种平衡体系是开链式和环式果糖的混合物。

表 1-1 单糖的相对甜度

单位: %

名称	相对甜度	名称	相对甜度
蔗糖	100	木糖	40
果糖	173	麦芽糖	32
转化糖	130	半乳糖	32
葡萄糖	74	乳糖	16

2. 单糖的化学性质

单糖是多羟基醛或多羟基酮, 它具有醇羟基及羰基的性质, 同时又具有糖的一些特性。其主要化学性质如下。

(1) 氧化作用 醛糖的醛基具有还原性。酮糖的酮基由于受相邻羟基的影响, 也具有还原性。环状结构的半缩醛羟基具有与醛或酮基等同的还原性。因此, 所有的单糖都是还原糖, 易被氧化成酸。

以葡萄糖为例, 因反应条件不同, 可有三种方式氧化, 生成不同的酸: ①在弱氧化剂(如溴水)作用下, 醛基被氧化生成葡萄糖酸。②较强氧化剂(如稀硝酸)作用下, 醛基和伯醇基同时被氧化, 生成葡萄糖二酸。③生物体内, 在专一性酶的作用下, 伯醇基被氧化, 生成葡萄糖醛酸。例如:

