



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品类专业教材系列



食品生物化学 实训教程

张邦建 主编
崔雨荣



科学出版社
www.sciencep.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高职高专食品类专业教材系列

食品生物化学实训教程

张邦建 崔雨荣 主编

韩文清 副主编

侯建平 主审

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书按照食品类、生物类专业对生物化学实训课程教学的基本要求,充分考虑高职教育人才培养目标、规格和特点编写而成。主要内容有糖类化学、脂类化学、蛋白质化学、酶化学、核酸化学、维生素化学、物质代谢七个实训模块,每一模块又包括背景知识、拓展知识及实训项目三项内容。

本书经教育部高等学校高职高专食品类专业教学指导委员会审定通过,推荐作为全国高等职业院校食品类、生物类专业的专业基础课教材。考虑到教材的通用性,内容选取上涉及了生物化学的全部基础知识,故可作为轻化工类、粮油类、服务类等专业的教材使用,也可作为相关科研人员的参考资料和相关企业该类技术工种的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学实训教程/张邦建,崔雨荣主编. —北京:科学出版社,2010.2

ISBN 978-7-03-026639-2

I. ①食… II. ①张… ②崔… III. ①食品化学:生物化学-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TS201.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第020768号

责任编辑:沈力匀 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:李 亮

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年1月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—3 000 字数:368 000

定价:23.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

**普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专食品类专业教材系列
专家委员会**

主 任

贡汉坤 江苏食品职业技术学院

副主任

逯家富 长春职业技术学院

毕 阳 甘肃农业大学

陈莎莎 中国轻工职业技能鉴定指导中心

委 员

侯建平 包头轻工职业技术学院

王尔茂 广东食品药品职业学院

江建军 四川工商职业技术学院

莫慧平 广东轻工职业技术学院

朱维军 河南农业职业技术学院

刘 冬 深圳职业技术学院

林 洪 中国海洋大学

于 雷 沈阳师范大学

徐忠传 常熟理工学院

郑桂富 安徽蚌埠学院

康 健 山西杏花村汾酒集团有限公司

陆 绮 香格里拉饭店管理集团

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高职高专食品类专业教材系列
编写委员会

主 任

贡汉坤 王尔茂

副主任

江建军 逯家富 侯建平 莫慧平

委 员(按姓氏笔画排列)

丁立孝	于 雷	万 萍	马兆瑞	王传荣	王林山	王俊山
贝慧玲	付三桥	朱克永	朱维军	刘长春	刘江汉	刘 靖
苏新国	杨天英	杨昌鹏	李惠东	吴晓彤	张邦建	陈月英
武建新	罗丽萍	赵金海	赵晨霞	赵 晴	胡继强	姜旭德
祝战斌	徐兆伯	徐清华	徐 静	黄卫萍	黄亚东	覃 文
蔡 健	廖湘萍	翟玮玮				

前 言

为认真贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中提出“加大课程建设与改革的力度，增强学生的职业能力”的要求，适应我国职业教育课程改革的趋势，我们根据食品行业各技术领域和职业岗位（群）的任职要求，以“工学结合”为切入点，以真实生产任务或/和工作过程为导向，以相关职业资格标准基本工作要求为依据，重新构建了职业技术/技能和职业素质基础知识培养两个课程系统。在不断总结近年来课程建设与改革经验的基础上，组织开发、编写了高等职业教育食品类专业教材系列，以满足各院校食品类专业建设和相关课程改革的需要，提高课程教学质量。

能承担普通高等教育“十一五”国家级规划教材《生物化学实训教程》的编写任务，是我们的光荣，同时也深感责任重大。针对当前生物化学及生物化学实训教材版本繁多，教材内容与高等职业教育实践教学脱离的现状，为了能编写出一本与实际教学紧密结合的教材，我们博采各家所长，特组织来自全国各高校长期从事教学、生产第一线，具有深厚理论基础和丰富实践经验的教师参与本书的编写工作。

本书突破原生物化学实验的固有体系，以实训项目作引导，按知识点、线循序渐进，将理论知识融入实训原理之中，实训内容按模块设置，彻底改变理论、实训相分立的局面，推进课程改革、教法改革，增强了理论联系实际的功能。

生物化学课作为应用专业技术基础课程，多年的教学经验使我们对传统的课堂教学模型产生了质疑，即使教师在课堂上将生物化学知识与生活、生产实际紧密联系，学生依旧茫然。为了便于学生的理解，调动学生主动学习的积极性，我们希望通过本书的引导，可以将课堂教学搬到实验室，以实现“教、学、做”一体化的模式。

考虑到全国举办食品类专业的高职院校较多，专业方向和定位上总有差别，一门课程在教学内容选取与课时安排上或有出入，我们采取了广泛取材、整体融合的技术处理，旨在兼容各家所需，也为轻化工类、生物技术类、粮油类、服务类专业选用教材提供了方便。

本书编写分工为：包头轻工职业技术学院崔雨荣编写蛋白质化学实训模块，魏小雁编写维生素化学实训模块，韩文清、张记霞编写核酸化学实训模块，张邦建、张文华编写物质代谢实训模块，张邦建、沈弘编写附录一、二、三，包头轻工职业技术学院崔雨荣和湖北生物科技职业学院向金梅编写酶化学实训模块，湖北生物科技职业学院吴芬编写脂类化学实训模块，广州轻工职业技术学院黄敏编写糖类化学实训模块。张邦建、崔雨荣任主编，韩文清任副主编，包头轻工职业技术学院教授侯建平任主审。

本书经教育部高职高专食品类专业教学指导委员会组织审定。在编写过程中，得到教育部高职高专食品类专业教学指导委员会、中国轻工职业技能鉴定指导中心的悉心指导、科学出版社的大力支持，谨此表示感谢。在编写过程中，参考了许多文献、资料，包括大量网上资料，难以一一鸣谢，在此一并感谢。

限于作者水平，试图改革创新，书中不妥和疏漏之处在所难免，欢迎使用者批评指正。

目 录

实训模块一 糖类化学	1
背景知识.....	1
一、复习与回忆	1
二、基础知识	4
拓展知识	13
一、糖的甜度	13
二、食品中总糖的测定方法	14
三、褐变.....	15
四、紫外-可见分光光度技术	16
实训项目	19
实训一 还原糖与总糖的测定	19
实训二 焦糖的制作及食品非酶褐变程度的测定	22
实训三 淀粉糖浆的制备及其葡萄糖值的测定	24
实训四 食品中蔗糖含量的测定	26
实训五 粗纤维含量的测定	29
实训六 果胶质含量测定（重量法）	31
实训模块二 脂类化学	34
背景知识	34
一、复习与回忆	34
二、基础知识	34
拓展知识	36
一、常见的类脂	36
二、脂类的有机溶剂提取.....	37
三、气相色谱层析	38
四、高效液相色谱法	41
实训项目	45
实训一 油脂酸价的测定.....	45
实训二 油脂皂化价的测定	46
实训三 食品中粗脂肪含量的测定	48
实训模块三 蛋白质化学	51
背景知识	51
一、复习与回忆	51

二、基础知识	51
拓展知识	68
一、电泳技术	68
二、层析技术	74
实训项目	78
实训一 氨基酸的纸层析技术	78
实训二 蛋白质及氨基酸的呈色反应	80
实训三 蛋白质的等电点测定和沉淀反应	84
实训四 蛋白质的透析	87
实训五 牛乳中水解蛋白类物质的测定	89
实训六 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳法测定蛋白质分子质量	90
实训模块四 酶化学	95
背景知识	95
一、复习与回忆	95
二、基础知识	95
拓展知识	111
一、酶的调节	111
二、酶的分离、提纯及保存	112
三、酶的固定化技术	119
实训项目	121
实训一 酶的特性实验	121
实训二 血清碱性磷酸酶的测定	124
实训三 过氧化氢酶 (CAT) 活力的测定	127
实训四 过氧化氢酶、过氧化物酶的作用	129
实训五 碱性磷酸酶的反应动力学性质	131
实训六 淀粉酶活力的测定	139
实训模块五 核酸化学	143
背景知识	143
一、复习与回忆	143
二、基础知识	143
拓展知识	154
一、生物大分子的提取	154
二、核酸的提取和沉淀分离	159
三、离心技术	160
实训项目	165
实训一 酵母蛋白质和 RNA 的制备 (稀碱法)	165
实训二 质粒 DNA 的提取、酶切与鉴定	167

实训模块六 维生素化学	171
背景知识.....	171
一、复习与回忆	171
二、基础知识	172
拓展知识.....	180
一、滴定分析法的基本原理	180
二、标准溶液与基准物质	181
三、滴定分析的计算	182
实训项目.....	183
实训一 维生素 C 的定量测定	183
实训二 维生素 A 的定量测定	185
实训三 食品中维生素 D 的测定	189
实训模块七 物质代谢	192
背景知识.....	192
一、复习与回忆	192
二、基础知识	192
拓展知识.....	203
一、生物氧化	203
二、物质代谢的调控	209
实训项目.....	213
实训一 糖代谢实训（乳酸发酵）	213
实训二 发酵过程中中间产物的鉴定	215
实训三 转氨基作用实训	218
实训四 脂肪转化成糖的定性实验	221
附录一 实训室工作管理条例	224
附录二 生物化学实训试剂的管理	228
附录三 容量仪器的使用方法	229
主要参考文献	233

实训模块一 糖类化学

背景知识



一、复习与回忆

有机化合物遍布自然界，人们的衣、食、住、行都和有机化合物密切相关，人体及其他生物体中存在的蛋白质、核酸等都是有机物。生物化学研究的基本物质也多为有机化合物，因此，在这里对相关的有机物的特点和性质进行复习与回忆。

(一) 有机化合物的定义和一般特点

有机化合物是指含碳的化合物，或者碳氢化合物及其衍生物。多数有机化合物主要含有碳、氢两种化学元素，此外也常含有氧、氮、硫、卤素、磷等。

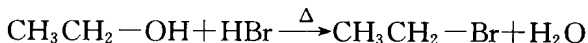
有机化合物一般容易燃烧， CO_2 和 H_2O 是主要燃烧产物；多以共价键结合，它的结构单元往往是分子，其分子间的作用力较弱，固体有机物的熔点低，通常小于 400°C ；根据相似相溶原理，多数有机物难溶于水，易溶于有机溶剂；有机反应一般是非离子反应，反应复杂，转化速度慢，副产物多，反应物转化率和产物的选择性很少达到100%，采用加热、加催化剂或用光照射等手段能加速反应；构成有机物的化学元素不多，但数量很多，结构复杂。

(二) 有机化合物反应的基本类型

有机反应是指涉及分子中化学键的断裂；新的化学键的形成；同时生成新的分子的过程，分为自由基反应、离子型反应和协同反应。除此之外，若从反应物和产物之间的相互关系看，有机反应又可以分为以下几类。

1. 取代反应

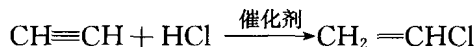
取代反应是反应物的一个原子（团）被另一个原子（团）取代的反应。可细分为亲核取代反应、亲电取代反应、自由基取代反应等，如



2. 加成反应

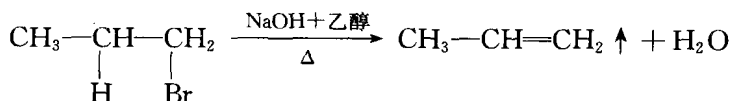
加成反应是反应物的不饱和键破裂的反应。加成反应涵盖卤化反应、水合反应、氢化反应和卤化氢加成等反应，主要的类型包括亲电加成反应、亲核加成反应和自由基加

成反应等，如



3. 消去反应

消去反应是从反应物分子中除去两个或几个原子（团）的反应。有机分子（醇/卤代烃）相邻两碳原子上脱去水/卤代氢分子后，两个 C 原子均有多余价电子而形成新的共价键，如

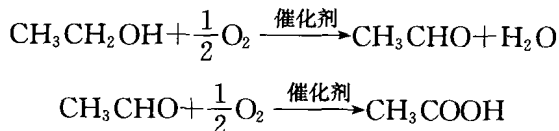


4. 重排反应

重排反应是反应物分子的碳骨架结构发生重新组合的反应。

5. 氧化还原反应

氧化还原反应是反应物被氧化或还原的反应。常见的官能团氧化还原反应包括炔烃到烯烃、烯烃再到烷烃的还原，醇到醛、醛再到羧酸的氧化等，如



（三）有机化合物的分类

有机化合物数目近 2000 万种，每年还在不断增加。对这样庞大数目的有机化合物必须进行系统的科学分类，才能更好地认识有机化合物。

有机化合物的分类方法很多。目前，使用较普遍的方法是以碳架（碳原子的连接方式）为基础的分类和以官能团为基础的分类，它们都是以含碳化合物的结构作为分类基础的。

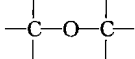
1. 按基本骨架分类

- （1）脂肪族化合物：分子中碳原子相互结合成碳链或碳环。
- （2）芳香族化合物：碳原子连接成特殊的芳香环。
- （3）杂环化合物：这类化合物具有环状结构，但是组成环的原子除碳外，还有氧、硫、氮等其他元素的原子。

2. 按官能团分类

官能团是决定某类化合物的主要性质的原子、原子团或特殊结构，含有相同官能团的有机化合物具有相似的化学性质，常见官能团的类别见表 1-1。

表 1-1 常见的官能团及相应化合物的类别

官 能 团	结 构	化 合 物
碳碳双键		烯烃
碳碳叁键	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	炔烃
羟基	$-\text{OH}$	醇、酚
醚基		醚
醛基		醛
羰基		酮等
羧基		羧酸
酰基		酰基化合物
氨基	$-\text{NH}_2$	胺
硝基	$-\text{NO}_2$	硝基化合物
巯基	$-\text{SH}$	硫醇、硫酚

(四) 有机化合物结构的相关概念

1. 同系物

结构相似，在分子组成上相差一个或若干个 $-\text{CH}_2$ 原子团的物质，互称为同系物。

2. 同分异构现象

化合物具有相同的分子式，但具有不同的结构式的现象，叫做同分异构现象，具有同分异构现象的化合物互称为同分异构体。同分异构的类型可归纳为构造异构和立体异构。

(1) 构造异构：是指分子式相同，但分子中原子的连接顺序或结合方式不同的现象，主要包括碳架异构、位置异构、官能团异构、互变异构四种。

(2) 立体异构：包括构型异构和构象异构两种。

构型是指分子中原子在空间的不同排布方式，构象是指仅仅由于分子中碳碳单键的旋转，而引起分子中各原子在空间的不同排布方式。构型异构包括以下两种：

① 顺反异构：由于双键或环的存在使分子中某些原子或基团在空间位置的不同而产生的，如果两个相同的基团在同一侧，则为顺式；在相反侧，则为反式。例如图 1-1 所示，顺-2-丁烯和反-2-丁烯、顺-1,4-二甲基环己烷和反-1,4-二甲基环己烷。

② 对映异构：由于分子中含有手性碳原子（连有四个不同原子或基团），原子在空间的排列方式不同而使两个分子之间具有实物与镜像的关系，称为对映异构，如图 1-2 所示。

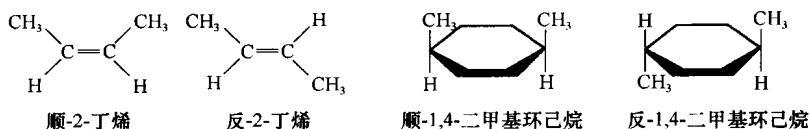


图 1-1 顺反异构体

含有手性原子的物质才有对映体，才有旋光活性。能使偏振光振动平面向右旋转的叫右旋，用“+”表示；向左旋转的叫左旋，用“-”表示，旋转的角度叫旋光度，通常采用旋光仪测定，并计算得到旋光率。人为确定右旋甘油醛为 *D* 构型，左旋甘油醛为 *L* 构型，其他化合物通过与甘油醛对照来确定构型。“*D*，*L*”表示的是构型，“+，-”表示的是旋光方向，两者没有什么必然的联系。如图 1-3 所示。

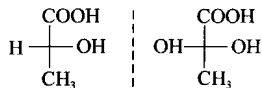
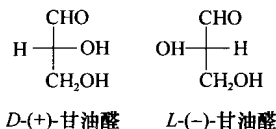
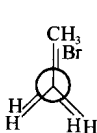


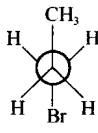
图 1-2 对映异构体

图 1-3 甘油醛的 *D*，*L* 构型

构象异构是指由于围绕 σ 键旋转而产生的分子中原子或基团在空间不同的排布方式。如图 1-4 所示的 1-溴丙烷的全重叠构象和对位交叉构象。



1-溴丙烷的全重叠构象



1-溴丙烷的对位交叉构象

图 1-4 1-溴丙烷的构象异构体

二、基础知识

(一) 糖类概述

糖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，在生物界中分布很广，几乎所有的动植物、微生物体内都含有糖。糖占植物干重的 80%、微生物干重的 10%~30%、动物干重的 2%。

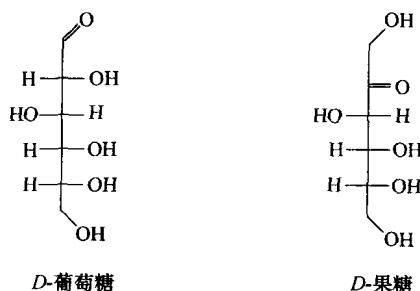
糖类化合物是生物活动重要的营养物质，除了为生物体提供能量外，其功能还主要表现在：

- (1) 作为其他物质如蛋白质、核酸、脂类等生物合成的碳源。
- (2) 作为生物体的结构物质。
- (3) 具有细胞识别和免疫活性等多方面生理活性。

1. 糖类的元素组成和相关概念

糖类是多羟基醛或酮类化合物及其缩合物和衍生物的总称。大多数糖类只由碳、氢、

氧三种元素构成,其分子通式为 $C_n (H_2O)_m$ 。由于糖分子含有不对称 C 原子,因此糖具有旋光性,不对称 C 原子上相连的基团或原子可有两种互为镜像的空间排列方式,会形成旋光异构体,其构型有互为镜像关系的 *D*-型和 *L*-型两大类。常见的葡萄糖和果糖分别是醛糖和酮糖的典型例子,其结构如图 1-5 所示。

图 1-5 *D*-葡萄糖和 *D*-果糖的结构示意图

2. 糖类的分类

糖类物质通常是以水解的情况进行分类的,不能被水解成更小分子的糖为单糖,包括醛糖和酮糖;水解能生成 2~10 个单糖分子的糖为寡糖,其中以双糖最为普遍;能水解生成多个单糖分子的化合物称为多糖,包括由同一种单糖或单糖衍生物组成的同多糖、由多种单糖或单糖衍生物组成的杂多糖;糖类与蛋白质、脂质等生物分子形成的共价结合物称为复合糖。

(二) 单糖的结构及性质

常见单糖为含有 3~6 个碳原子的多羟基醛或多羟基酮。按其分子中 C 原子数目的多少,可分为丙糖、丁糖、戊糖和己糖等,其中以己糖和戊糖最为重要。

1. 单糖的结构

由于单糖分子中含有多个手性碳原子,可形成多种立体异构体,并有 *D*-和 *L*-两种构型,而在自然界中的单糖都是以 *D*-型结构存在的。同时由于有手性碳原子,因此单糖有旋光性。

单糖的结构表示方法有直链式结构式、环状结构式等形式,现以葡萄糖的结构为例来进行讨论。

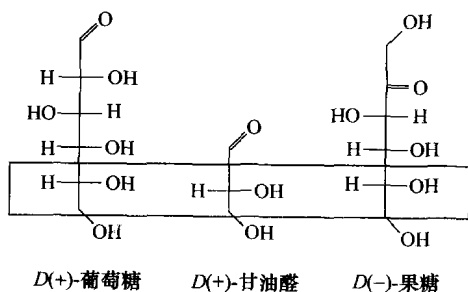


图 1-6 单糖构型

1) 葡萄糖的链状结构

单糖构型的确定仍沿用 *D/L* 法。这种方法只考虑与羰基相距最远的一个手性碳的构型,将其与甘油醛的不对称碳原子上的 $-OH$ 相比较,此手性碳上的羟基在右边的为 *D*-型,在左边的为 *L*-型,如图 1-6 所示。

2) 葡萄糖的环状结构

经对葡萄糖性质的研究发现,葡萄糖的一些理化性质与其链式分子结构不符,如葡萄糖不具备醛类的某些典型反应等。于是 1926 年 Haworth 提出了用透视式表达葡萄糖环状结构,称为哈沃斯式或透视式。他认为葡萄糖醛基与分子中的醇羟基 ($-OH$) 可发生加成反应,分子环化为环状半缩醛结构式。醛基与 C_4-OH 成氧桥结合,形成五元环,也可与 C_5-OH 结合形成六元环。五元环和六元环分别与呋喃环和吡喃环相似,因此

D-葡萄糖有呋喃环和吡喃糖之分,但由于六元环比五元环稳定,天然葡萄糖分子主要以吡喃型结构(图 1-7)存在。

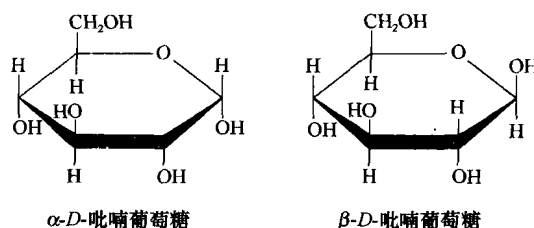


图 1-7 天然葡萄糖构型

葡萄糖分子内形成了半缩醛后,半缩醛羟基有两种不同的排列方式,即 D-葡萄糖的羰基碳原子上的羟基如位于环平面下方,称为 α -型;羰基碳原子上的羟基如位于环平面上方,称为 β -型,由此产生了 α -和 β -型两种异构体。

葡萄糖在水溶液中,其存在形式主要以 α -型和 β -型环状结构为主,它们与链式之间的平衡关系如图 1-8 所示。

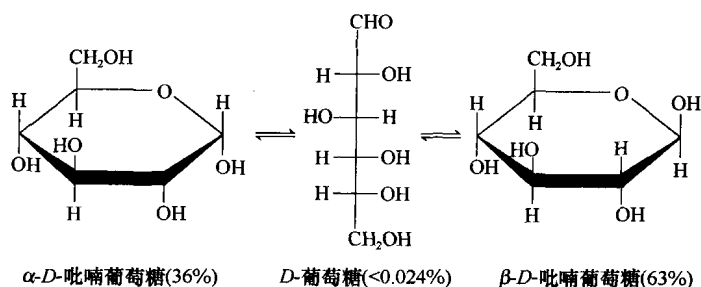


图 1-8 葡萄糖在水溶液中的平衡关系

2. 单糖的理化性质

1) 单糖的物理性质

(1) 溶解度: 单糖分子含有许多亲水基团,易溶于水,不溶于乙醚、丙酮等有机溶剂。

(2) 甜度: 各种糖的甜度不同,通常用感官品评的方法,规定蔗糖的甜度为 1,以此为基准,在同样条件下,进行各种糖液的比较品评。

(3) 旋光度、比旋光度及变旋现象: 单糖分子都有不对称碳原子,其溶液具有旋光性,在一定条件下,测定一定浓度蔗糖溶液的旋光度,可以按下式计算其比旋光度。

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{\alpha}{l \times c} \times 100$$

式中 $[\alpha]_D^{25}$ ——比旋度;

α ——旋度值;

l ——旋光管长, dm;

c ——每 100mL 溶液中的样品重量, g。

每种糖都有特征性的比旋光度, 据此可以鉴别糖的纯度。也可以在已知比旋光度的情况下, 测定样品溶液的旋光度, 计算出纯溶质的浓度。

由于单糖溶于水后, 即产生环式与链式异构体间的互变, 所以新配成的单糖溶液在放置的过程中其旋光度会逐渐改变, 但经过一定时间, 几种异构体达成平衡后, 旋光度就不再变化, 这种现象叫变旋现象。变旋现象也是环状单糖或糖苷的比旋光度由于其 α -和 β -端基差向异构体达到平衡而发生变化, 最终达到一个稳定的平衡值的现象。

2) 单糖的化学性质

(1) 异构化: 单糖在稀酸中稳定, 当用稀碱液处理时, 单糖发生分子内重排, 以烯醇式葡萄糖为中间物互相转化, 如图 1-9 所示。 D -果糖、 D -甘露糖和 D -葡萄糖的 C_3 、 C_4 、 C_5 和 C_6 的结构完全相同, 只有 C_1 和 C_2 的结构不同, 当它们的 C_1 、 C_2 的结构变成烯醇式时, 其结构完全相同, 因此, D -葡萄糖、 D -果糖或 D -甘露糖在稀碱作用下, 可相互转化。活体内, 在酶的催化下也能进行类似的转化。

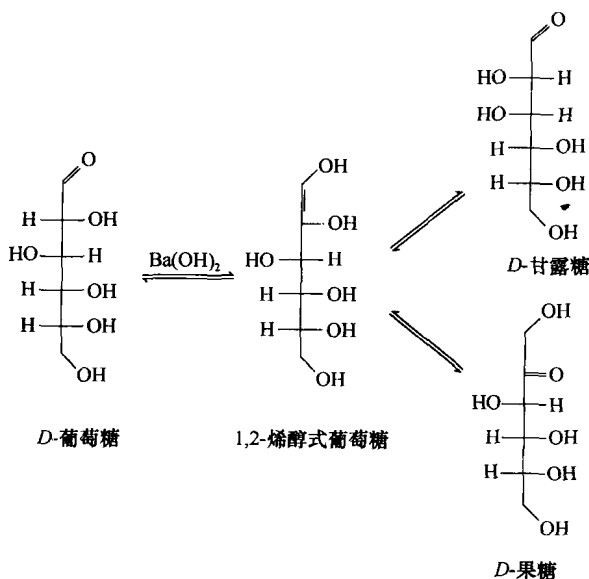


图 1-9 D -葡萄糖在稀碱液作用下的异构化

在含有多个手性碳原子的异构体中, 只有一个手性碳原子的构型不同时, 互称为差向异构体。

(2) 单糖的氧化: 由于醛糖的醛基能氧化成羧基, 酮糖在碱性溶液中可异构化为醛糖, 参与氧化作用, 所以单糖 (包括醛糖和酮糖) 可以与弱的碱性氧化剂费林试剂或班乃迪试剂作用, 二价铜离子被还原成氧化亚铜, 如图 1-10 所示, 测定氧化亚铜的生成量即可得知溶液中的含糖量。单糖能被弱的碱性氧化剂作用表明它们具有还原性, 所以把它们称为还原糖。