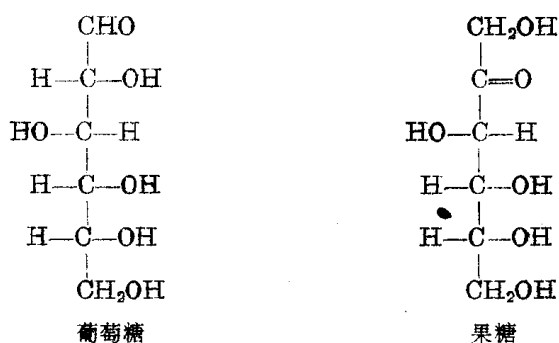


第一章 糖

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。它主要是由绿色植物经光合作用形成的。这类物质主要是由碳、氢和氧所组成，其分子式通常以 $C_n(H_2O)_n$ 表示。由于一些糖分子中氢和氧原子数之比往往是 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的化合物，故有“碳水化合物(carbohydrate)”之称，但实际上有些糖，如鼠李糖(rhamnose, $C_6H_{12}O_5$)和脱氧核糖(deoxyribose, $C_5H_{10}O_4$)等，它们分子中氢、氧原子数之比并非 2:1。而一些非糖物质，如甲醛(CH_2O)、乳酸($C_3H_6O_3$)和乙酸($C_2H_4O_2$)等，它们分子中氢、氧原子数之比却都是 2:1。所以，称糖为“碳水化合物”并不恰当。只是沿用已久，现在已成为人们对糖的习惯称呼了。

糖类物质是含多羟基的醛类或酮类化合物。常见的葡萄糖(glucose)和果糖(fructose)分别是它们的典型例子。它们的链状结构是：



由上述结构式可见，葡萄糖含有一个醛基，六个碳原子，称己醛糖；而果糖则含有一个酮基，六个碳原子，称己酮糖。

糖类物质以它们水解的情况分类：凡不能被水解成更小分子的糖为单糖(monosaccharides)。单糖又可根据糖分子含碳原子数多少分类：在自然界分布广、意义大的是五碳糖和六碳糖，它们分别称为戊糖(pentose)和己糖(hexose)。核糖(ribose)、脱氧核糖属戊糖；葡萄糖、果糖和半乳糖(galactose)为己糖。凡能水解成少数(2—6个)单糖分子的称为寡糖(oligosaccharides)，其中以双糖存在最为广泛，蔗糖(sucrose)、麦芽糖(maltose)和乳糖(lactose)是其重要代表。单糖和寡糖能溶于水，多有甜味。凡能水解为多个单糖分子的糖为多糖(polysaccharide)，其中以淀粉(starch)、糖原(glycogen)和纤维素(cellulose)等最为重要，与非糖物质结合的糖称复合糖，如糖蛋白和糖脂。糖的衍生物称衍生糖，如糖胺、糖酸和糖酯等。

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、血液里也有葡萄糖或由葡萄糖等单糖物质组成的多糖(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。

糖类物质的主要生物学作用是通过氧化而放出大量的能量,以满足生命活动的需要。淀粉、糖原是重要生物能源,它也能转化为生命必需的其它物质,如蛋白质和脂类物质。纤维素是植物的结构糖。

第一节 单 糖

单糖的种类很多,其中以葡萄糖(游离的,结合形式的)数量最多,在自然界分布亦广。单糖的结构及性质虽各有异,但相同之处也不少。葡萄糖结构及性质有代表性。现以葡萄糖为例来阐述单糖的分子结构。

葡萄糖可以游离存在于水果、谷类、蔬菜和血液中,也可以结合形式存在于麦芽糖、蔗糖、淀粉、糖原、纤维素及其他葡萄糖衍生物中。

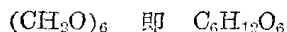
一、葡萄糖的分子结构

(一)葡萄糖的化学组成和链状结构

纯净的葡萄糖,其元素组成是C、H和O,三者所占的比例是

C: 40% H: 6.7% O: 53.3%

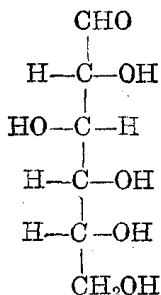
根据三者的比例,可知其实验式为 (CH_2O) 。用冰点降低或沸点升高法测得其分子量为180,从而断定葡萄糖分子式为:



搞清了葡萄糖的化学组成和分子式,就需要进一步了解各元素之间是按什么方式结合的?即其结构式是什么?大量科学实验为解决这个问题提供了根据。

1. 葡萄糖能和费林氏(Fehling)试剂或其他醛试剂反应,证明葡萄糖分子含有醛基。
2. 葡萄糖能和乙酸酐结合,并产生具有五个乙酰基的衍生物,证明葡萄糖分子含有五个羟基。
3. 葡萄糖经钠汞齐作用,被还原成一种具有六个羟基的山梨醇;而山梨醇是由六个碳原子构成的直链醇,证明了葡萄糖的六个碳原子是连成一条直链的。

由此可知葡萄糖的链状结构式是:



上述结构式可以简化。用“|”表示碳链及不对称碳原子上羟基的位置,“△”表示醛基,即“—CHO”,“—”表示羟基“—OH”,“O”表示第一醇基,即“—CH₂OH”,则葡萄糖结构可简化为:



与葡萄糖同属己醛糖的甘露糖和半乳糖的结构分别为:



葡萄糖、甘露糖(mannose)和半乳糖都含六个碳原子,五个—OH 和一个—CHO,它们都有四个不对称碳原子(C^*),但它们分子中基团的排列有所不同,因而它们彼此也就不同。

上述三种己醛糖中,葡萄糖与甘露糖,葡萄糖与半乳糖,两两之间,除一个不对称碳原子(它们分别是 C_2^* 和 C_4^* 及 OH 位置)有所不同外,其余结构部分完全相同。这种仅一个不对称碳原子构型不同,两镜象非对映体异构物称为差向异构体(epimers)。

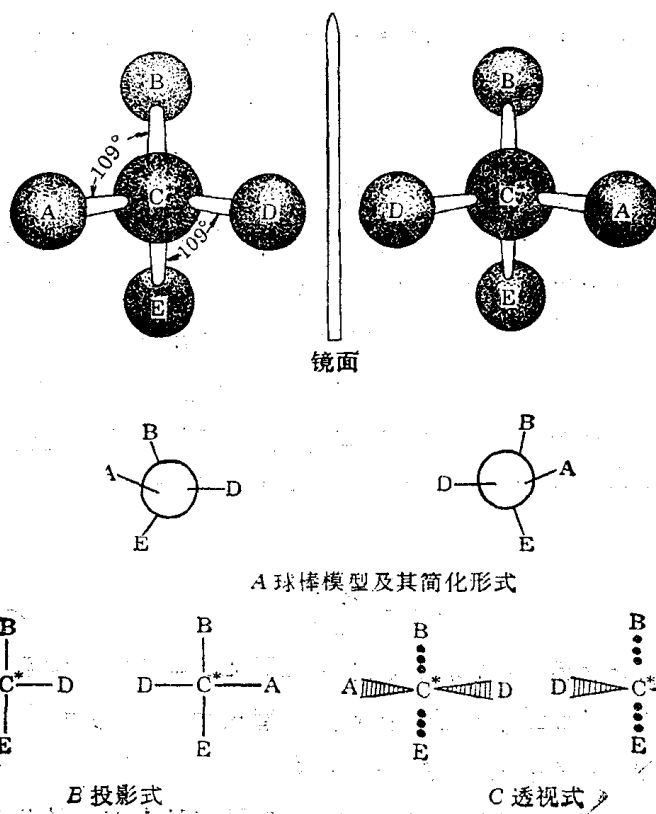


图 1-1 不对称碳原子(C^*)

(二) 葡萄糖的构型

构型(configuration) 是指一个分子由于其中各原子特有的固定的空间排列, 而使该分子所具有的特定的立体化学形式。当某一物质由一种构型转变为另一种构型时, 要求共价键的断裂和重新形成。

不对称碳原子 是连接四个不同原子或基团的碳原子。它有下列表示方式(图 1-1): 球棒模型表现出 A、B、C*、(不对称碳原子)和 D 间的空间排布。

连接到 C* 上的四个不同原子和基团投影到一个平面上: 水平键被视为垂直放置在纸平面之前, 而垂直键则在纸平面之后。这种相互关系在透视式中可看得更清楚。其中虚线指延伸在纸平面之后的键, 而变形键处于纸平面之前。

现以具有一个不对称碳原子的最简单的单糖——甘油醛为例(图 1-2)。

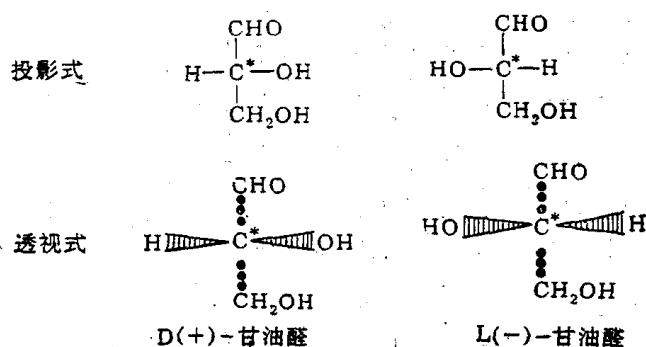


图 1-2 甘油醛结构

镜像对映体 图 1-1 是以不同方式表示两类彼此类似但并不等同的物质的结构图象。只要将它们重叠起来即可证明它们并非等同, 而是互为镜像, 不能重叠。这两类化合物称为一对“对映体”(antipode)。其两种构型, 一个为 D-型, 一个为 L-型。

旋光异构现象和旋光度 当光波通过尼克棱镜(nicol prism)时, 由于棱镜的结构通过的只是沿某一平面振动的光波, 其他都被遮断, 这种光称为“平面偏振光”。当它通过具有旋光性质的某异构物溶液时, 则偏振面会向右(顺时针方向)或向左(反时针方向)旋转。使偏振光振动面右旋的称右旋光性物质, 而使偏振光振动面左旋的称左旋光性物质。

旋光度是旋光性物质的一种物理性质。它和其他物理性质一样, 在一定的条件下是一个常数。为了能使各种旋光性物质的旋光度均为常数, 必须把影响它们旋光度的因素, 如温度、浓度、光的波长、旋光管的长度等加以固定。旋光度(α_D^t)的表示法常用旋光率(specific rotation) $[\alpha]_D^t$ 。

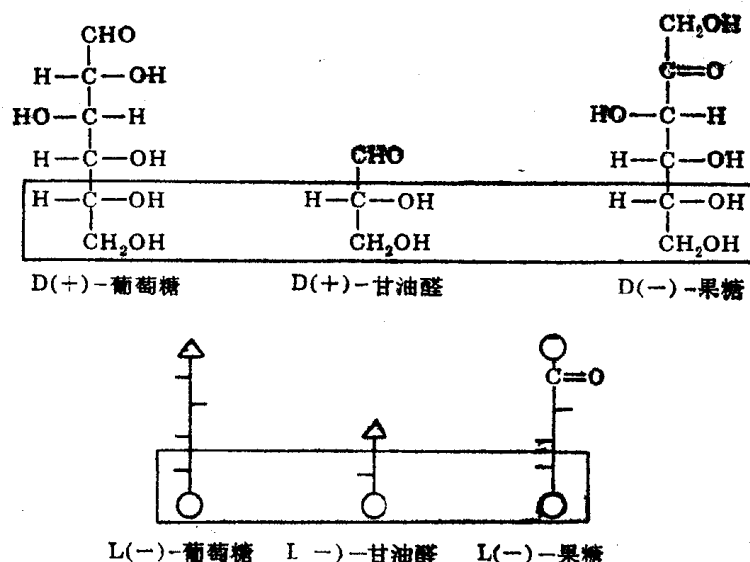
$$[\alpha]_D^t = \frac{\alpha_D^t \times 100}{L \times C}$$

式中: L 是管的长度, 以厘米表示, C 代表浓度, 即在 100 ml 溶液中所含溶质的克数; α_D^t 是在钠光灯(D 线, λ : 589.6 与 589.0 nm)为光源, 温度为 t , 管长为 L , 浓度为 C 时所测得的旋光度。在旋光率数值前加“+”和“-”分别表示右旋和左旋。

一个碳原子和四个不同的原子或基团相连时, 形成两种不同的空间排布, 构成两类不同的构型。单糖的构型是以甘油醛为基准进行比较而确定的(图 1-2)。

正如前述,能使平面偏振光右旋和左旋的甘油醛分别规定为 D-型和 L-型。在其投影构式中,—OH 写在不对称碳原子的右边和左边分别称为 D-型和 L-型。

葡萄糖和果糖的空间构型是以其不对称碳原子 C_5^* 上的—OH 在空间的排布与甘油醛的不对称碳原子上的—OH 在空间的排布相比较而确定的。



D、L 是指构型,“+”、“-”指旋光方向。D 与“+”、L 与“-”并无必然联系。D-葡萄糖和 D-果糖旋光方向分别为“+”和“-”,而 L-葡萄糖与 L-果糖旋光方向却均为“-”。构型与旋光方向是两种概念。

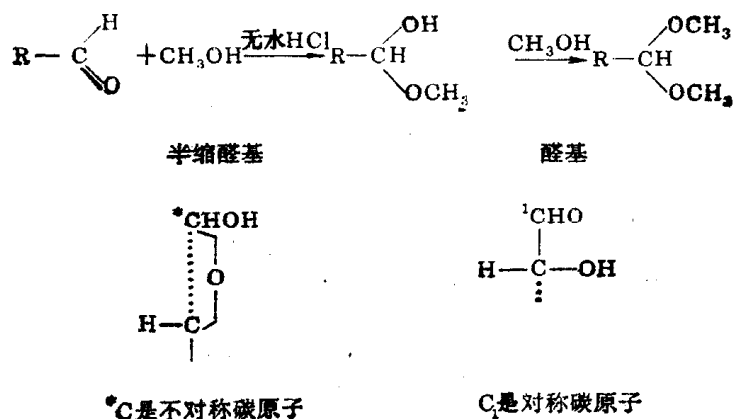
(三) 葡萄糖的环状结构

前已证明葡萄糖的链状结构,随后,发现葡萄糖的某些物理、化学性质不能用糖的链状结构来解释,从而提出葡萄糖存在环状结构的可能。

葡萄糖不具有某些典型醛类特性,如

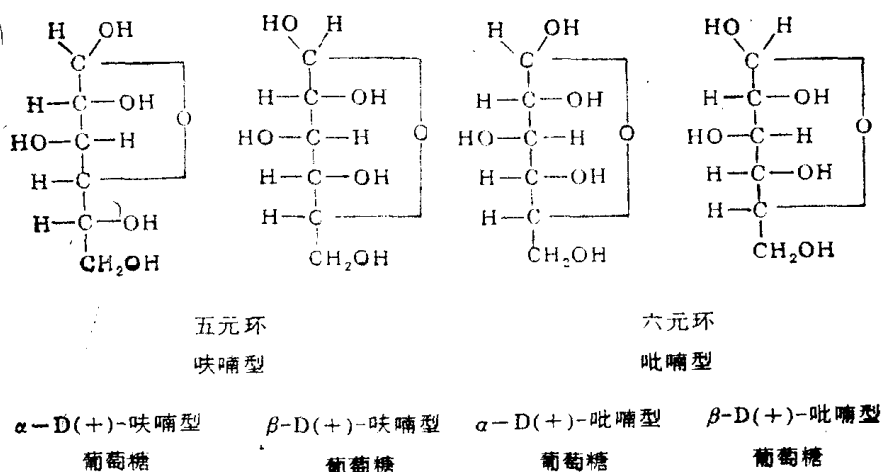
1. 缺少 Schiff 化反应,即不能使被 H_2SO_3 漂白了的品红呈现红色。
2. 醛类能与 NaHSO_3 起加成反应,而葡萄糖不能。

从而怀疑典型醛基是葡萄糖分子唯一还原性基团形式。后来实验证明:葡萄糖与醛不同,不能与两分子醇而仅能与一分子醇反应,不能生成缩醛(acetals),仅能生成半缩醛(semi-acetals)。这意味着半缩醛基的存在。



葡萄糖以两种具有不同旋光率的形式存在,一种 $[\alpha]_D^{20} = +112^\circ$,称为 α -D-(+)葡萄糖;另一种 $[\alpha]_D^{20} = +18.7^\circ$,称为 β -D-(+)葡萄糖。这两种旋光率反映葡萄糖以环状糖苷形式存在,其 C_1 为不对称C原子。将两种葡萄糖分别溶于水后,其旋光率都逐渐转变为 $+52.7^\circ$ 。这种现象称为变旋现象(mutarotation);原因是不同结构形式的葡萄糖可互变,各种形式最后达一定的平衡所致。

葡萄糖在无水甲醇溶液内受到氯化氢的催化作用,能产生两种各含有一个甲基的所谓 α -或 β -甲基葡萄糖苷。也表明 C_1 有两种不对称形式葡萄糖分子环状结构有两种可能:五元环,六元环

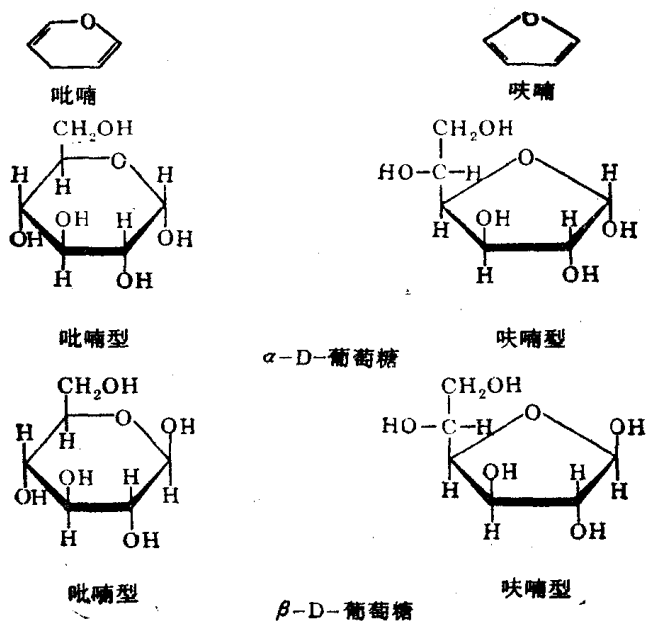


元环五元环,即呋喃型葡萄糖不甚稳定,天然葡萄糖多以六元环,即吡喃型葡萄糖的形式存在。

α -D-(+)-与 β -D-(+)-葡萄糖分子在构型上,仅头部不同,它们间互为异头物(anomer)。

1893年E. Fischer正式提出葡萄糖分子环状结构学说。

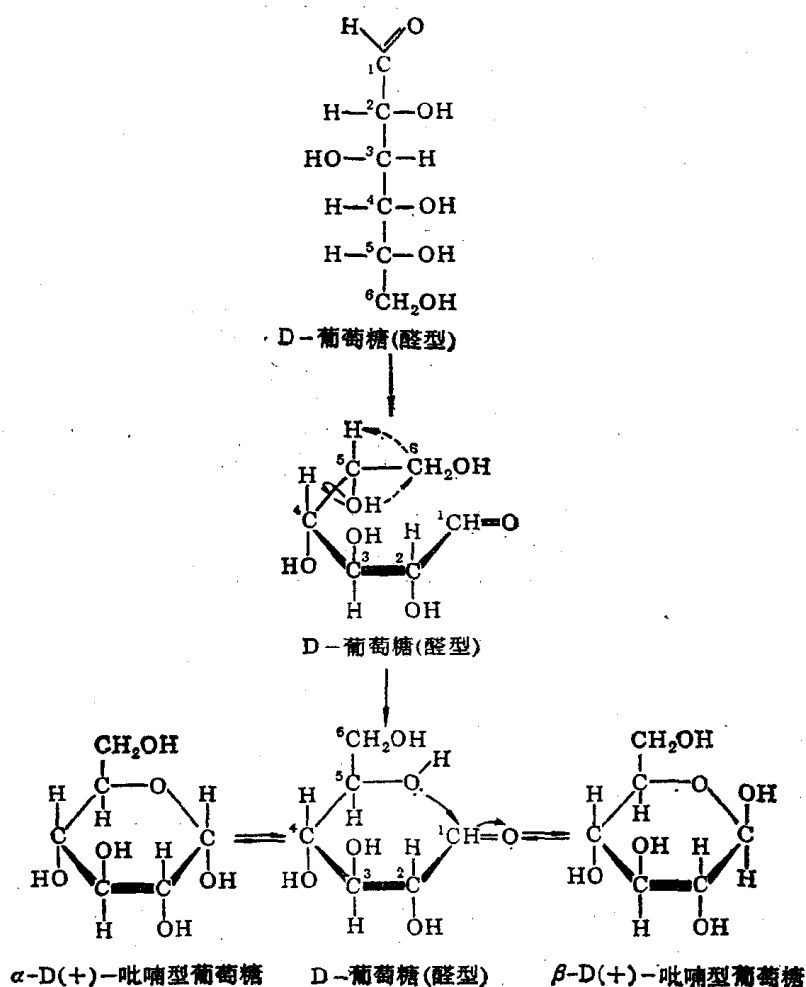
在上述葡萄糖分子投影式结构中,过长的氧桥是不合理的。1926年W. N. Haworth提出用透视式表达糖的环状结构。



上列各透视式中省略了构成环的碳原子。粗线表示平面向前的边缘, 细线是向后的边缘。
对于 D-葡萄糖来说:

投影式中向右的羟基在透视式中处于平面之下。在投影式中向左的羟基在透视式中处于平面之上的位置。当直链形葡萄糖 C_5 上的羟基与 C_1 上的醛基连成 $1 \rightarrow 5$ 型氧桥, 形成环状结构时, 为了使 C_5 上的羟基与 C_1 醛基接近, 依照单键自由旋转不改变构型的原理, 将 C_5 旋转 $109^\circ 28'$, 所以 D-葡萄糖的尾端羟甲基在平面之上。透视式中, D、L 和 α 、 β 的确定分别是以 C_5 上羟甲基和半缩醛羟基在含氧环上的排布而决定的。如果氧环上的碳原子按顺时针方向排列时, 羟甲基在平面之上为 D-型, 在平面之下为 L-型。在 D-型中, 半缩醛羟基在平面之下为 α -型, 在平面之上为 β -型。

这可用以下图式表达:



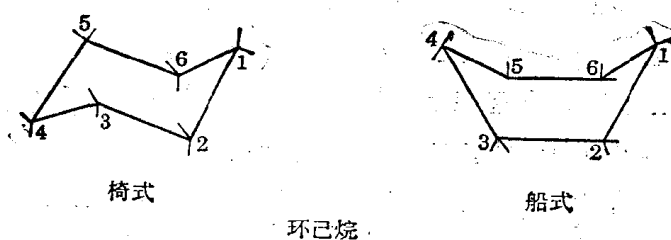
(四) 葡萄糖的构象

构象(conformation) 指一个分子中, 不改变共价键结构, 仅单键周围的原子旋转所产生的原子的空间排布。一种构象改变为另一种构象时, 不要求共价键的断裂和重新形成。

吡喃型己糖构象是在 40 年代中和 50 年代初由 Hassel 等人在解决了环己烷的构象后又接着解决的。

所有环己烷的 C—C 键都保持正常四面体价键方向, 即它并非是一个真正的平面, 而是折

成椅式和船式两种无张力环。X-射线衍射, 红外光谱和旋光性数据都证明环己烷及其衍生物主要以椅式构象存在, 而船式构象仅占极小比例。



两种构象间可以互变。室温下, 船式构象很少。随温度升高船式比例相应增大, 建立两种构象间的平衡。环己烷有六个环碳原子, 计 12 个键, 其中 6 个与通过平面中心的对称轴平行, 即 C—H 键, 称为直立键或 a 键; 分布在两个平面上, 即 1, 3, 5 和 2, 4, 6 两组。另 6 个与水平平面成 $\pm 19^\circ 28'$ 角, 即 C—OH, C—OH₂OH 键, 称为平伏键或 e 键。

吡喃型己糖与环己烷之间在结构上有同有异。吡喃型己糖环中氧原子代替了环己烷中的一个亚甲基, O 和 C 原子半径不同, 它与环己烷相比可能变形, 但由于 C—O—C 键角和 C—C—C 环角相近, 加上 O 原子的 p 电子轨道近似四面体分布等原因, 环己烷的构象可以表达吡喃型己糖结构。

50 年代初, Reeves 等人从多种角度研究, 推论吡喃型己糖可能有八种无张力环的构象, 两种椅式和六种船式(图 1-3); 进而他们通过相邻 —OH 间射影角大小, 旋光度改变和稳定性关系论证 C₁ 常常是优势构象。能用它来说明吡喃型己糖及其他糖苷的一般性质。在纤维素和蔗糖的晶体结构中, D-葡萄糖残基构象测定的结果, 同样支持这种论断。

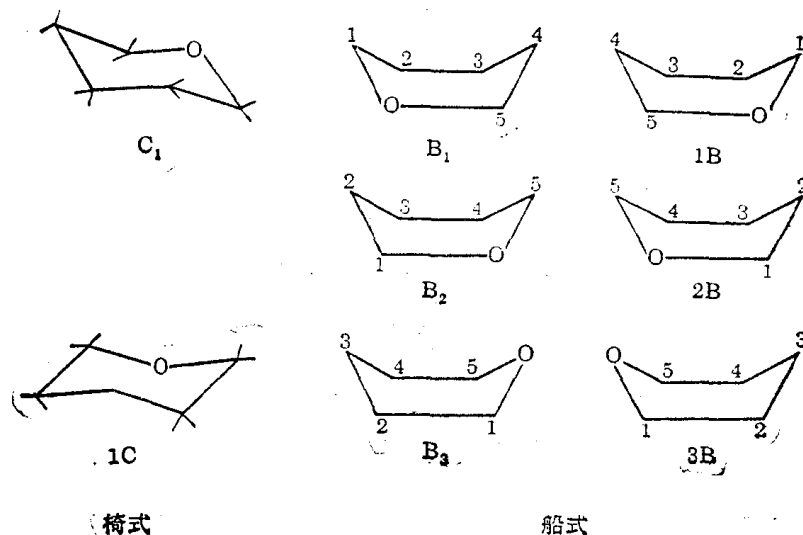
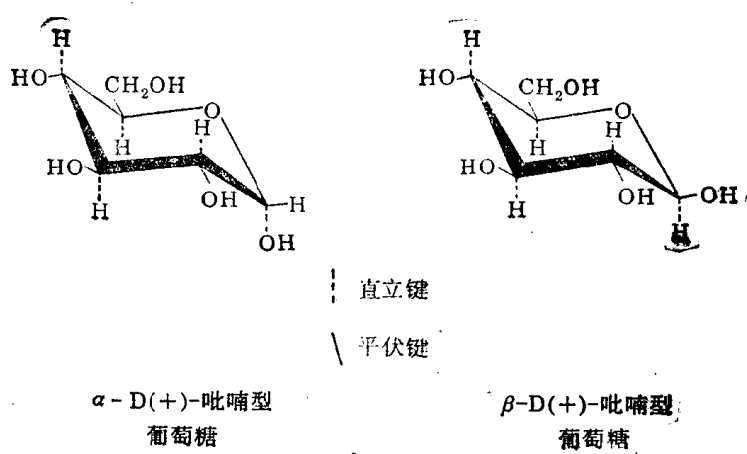


图 1-3 吡喃型己糖构象

对 D-葡萄糖构象来说, 上述 C₁ 又有 α -和 β -型之分; α -型的异头体羟基直立, 其余的 —OH 和 —CH₂OH 均为平伏的。而 β -型的全部 —OH 和 —CH₂OH 均为平伏的。在溶液中, β -异头体比 α -异头体(羟基直立)更稳定些。 α -D(+)-葡萄糖和 β -D(+)-葡萄糖分别占总碳含量的 36 和 63%, 而链式结构葡萄糖仅占总碳含量的 1% 以下。



二、单糖的分类

单糖根据碳原子数多少，分别称为丙糖、丁糖、戊糖、己糖及庚糖。单糖分子中除有醇基($-\text{OH}$)外，还有醛基($-\text{C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \diagup \diagdown \\ \text{H} \end{smallmatrix}$)或酮基($\text{C}=\text{O}$)。分子中有醛基的单糖称为醛糖，分子中有酮基的称为酮糖。

常见醛糖、酮糖见表 1-1。

表 1-1 常见单糖

	醛 糖	酮 糖
丙糖(3C)	D-甘油醛	二羟丙酮
丁糖(4C)	D-赤藓糖	
戊糖(5C)	D-核糖 D-脱氧核糖	D-木酮糖 D-核酮糖
己糖(6C)	D-半乳糖 D-甘露糖 D-葡萄糖	D-果糖
庚糖(7C)		D-景天庚酮糖
辛糖(8C)		D-辛酮糖

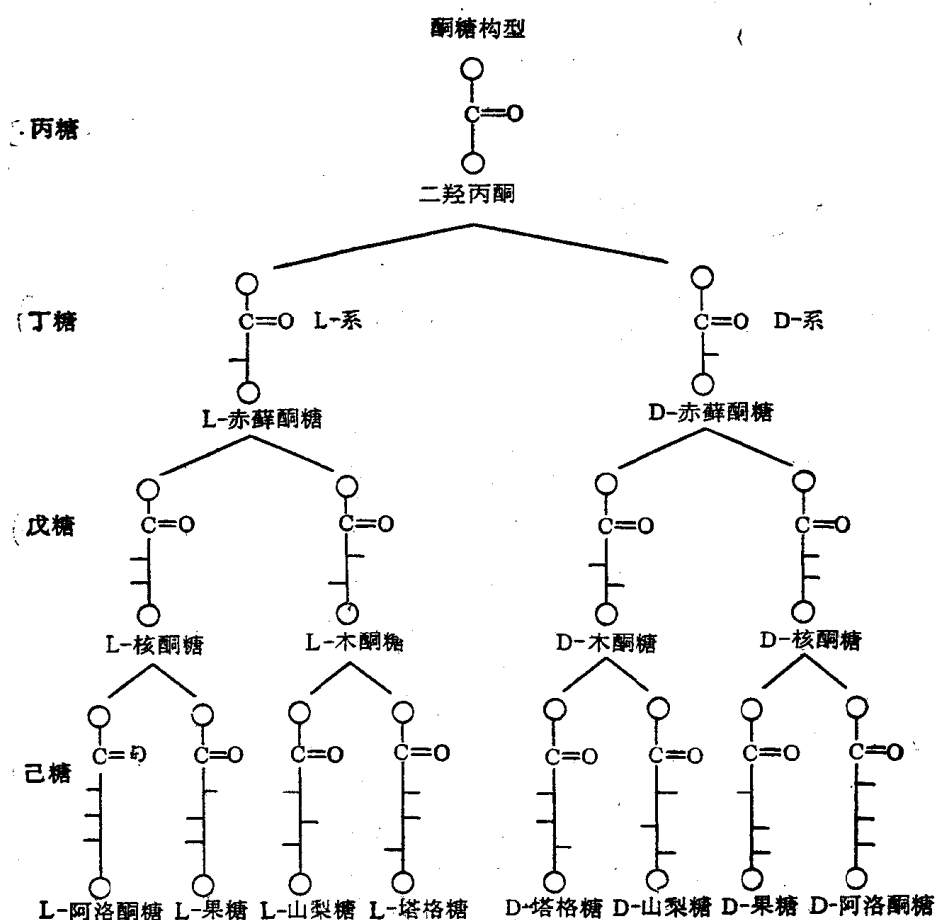
醛糖与酮糖以甘油醛和二羟丙酮为基准，构型谱系又可分为 D-型和 L-型(图 1-4、图 1-5)。单糖的分类及成员数目见表 1-2。

表 1-2 单糖分类及构型数目

	醛 糖		酮 糖	
	D-系	L-系	D-系	L-系
丙糖*	1	1		
丁糖	2	2	1	1
戊糖**	4×2	4×2	2×2	2×2
己糖**	8×2	8×2	4×2	4×2

注* 丙糖为二羟丙酮，无 D-、L-系之分

** 戊糖、己糖环状结构，有 α -、 β -异头体之分，故×2



上图糖的英文名: 二羟丙酮(dihydroxyacetone)、赤藓酮糖(erythrulose)、核酮糖(ribulose)、木酮糖(xylulose)、阿洛酮糖(psicose)、果糖(fructose)、山梨糖(sorbose)和塔塔糖(tagatose)。

表 1-3 重要单糖、寡糖和多糖旋光率, $(\alpha)_D^{20}$

单 糖	$[\alpha]_D^{20}$	寡糖、多糖	$[\alpha]_D^{20}$
D-阿拉伯糖	-105.0°	麦芽糖	+130.4°
L-阿拉伯糖	+104.5°	蔗糖	+66.5°
D-木糖	+18.8°	转化糖*	-19.8°
D-葡萄糖	+52.2°	乳糖	+55.4°
D-果糖	-92.4°	糊精	+195°
D-半乳糖	+80.2°	淀粉	≥196°
D-甘露糖	+14.2°	糖原	+196°—+197°

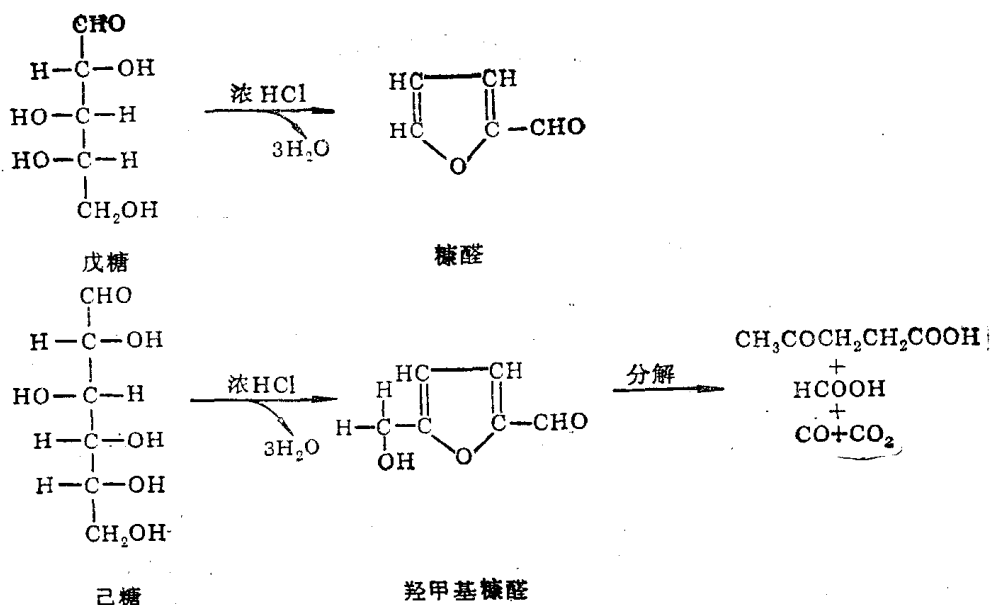
* 转化糖(Invert sugar)指蔗糖水解生成的葡萄糖和果糖的混合物。

表 1-4 糖和非热源性增甜剂(*)相对甜度

蔗糖	1.00	半乳糖	0.32
果糖	1.33	乳糖	0.16
转化糖	1.30	糖精(Saccharin)*	400
葡萄糖	0.74	Na-cyclamate*	30
木糖	0.40	Aspartame*	180
麦芽糖	0.32	Monellin*	2000

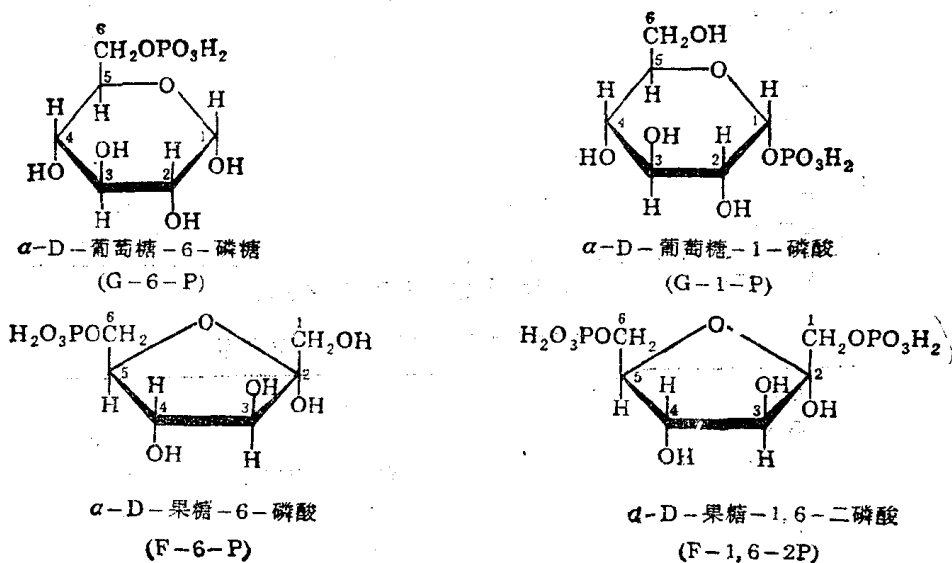
具有某些加成反应，又具有由于它们相互影响而产生的一些特殊反应。单糖的主要化学性质如下：

1. 酸的作用 戊糖与强酸共热，因脱水而生成糠醛。己糖与强酸共热，生成羟甲基糠醛，然后分解成乙酰丙酸、甲酸、CO 和 CO₂，以及少量未分解的羟甲基糠醛：



糠醛和羟甲基糠醛能与某些酚类作用生成有色的缩合物。利用这一性质可以鉴定糖。如 α -萘酚与糠醛或羟甲基糠醛生成紫色。应用这一反应来鉴定糖的存在称为 Molisch 试验。间苯二酚与盐酸遇酮糖呈红色，遇醛糖呈很浅的颜色，根据这一特性可以区分酮糖与醛糖。这一反应称为 Seliwanoff 反应。

2. 酯化作用 单糖为多元醇，与酸作用生成酯。生物化学上较重要的糖酯是磷酸酯。它们代表了糖的代谢活性形式，糖代谢的中间产物。重要的己糖磷酸酯有：

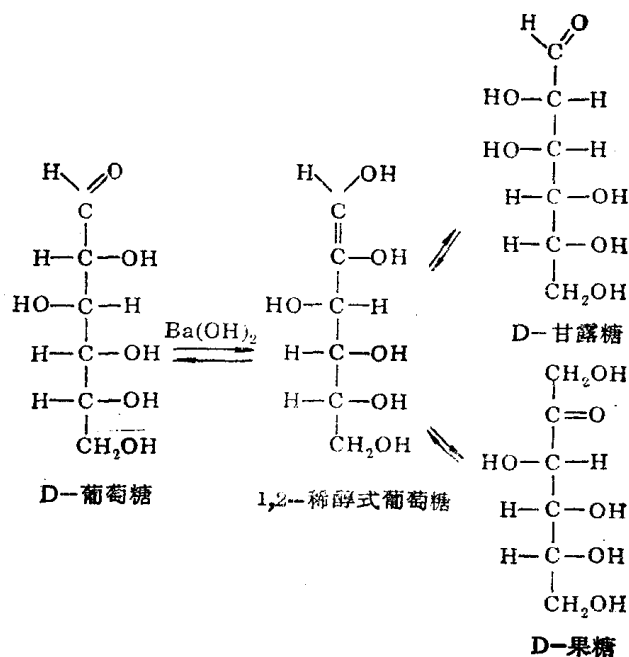


此外,葡萄糖的核苷二磷酸酯,如 UDPG, 参与许多代谢反应,如寡糖或多糖生物合成和葡萄糖和半乳糖间相互转化。

3. 碱的作用 单糖好象弱酸,它在 18°C 时的解离常数与弱酸的解离常数比较如下:

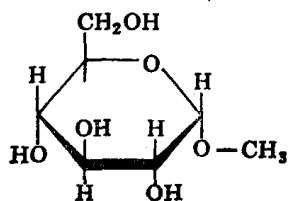
葡萄糖	6.6×10^{-12}	乙酸	1.8×10^{-5}
果糖	9.0×10^{-15}	乳酸	1.4×10^{-4}
半乳糖	5.2×10^{-13}		
甘露糖	10.9×10^{-13}		

在弱碱作用下,葡萄糖、果糖和甘露糖三者可通过烯醇式而相互转化。活体内,在酶的催化下也能进行类似的转化。

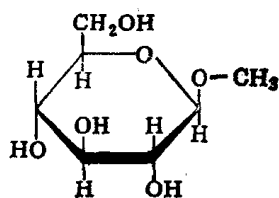


单糖在强碱溶液中很不稳定,分解成各种不同的物质。

4. 形成糖苷 单糖的半缩醛羟基很容易与醇及酚的羟基反应,失水而形成缩醛式衍生物,通称糖苷(glycosides)。其中,非糖部分称配糖体,如甲基等。如果配糖体也是单糖,如此缩合生成双糖。由于单糖有 α -与 β -型之分,生成的糖苷也有 α -与 β -两种形式。核糖和脱氧核糖与嘌呤或嘧啶碱形成的糖苷称核苷或脱氧核苷,在生物学上具有重要意义。 α -与 β -甲基葡萄糖苷是最简单的糖苷。天然存在的糖苷多为 β -型。



α -甲基-D-葡萄糖苷

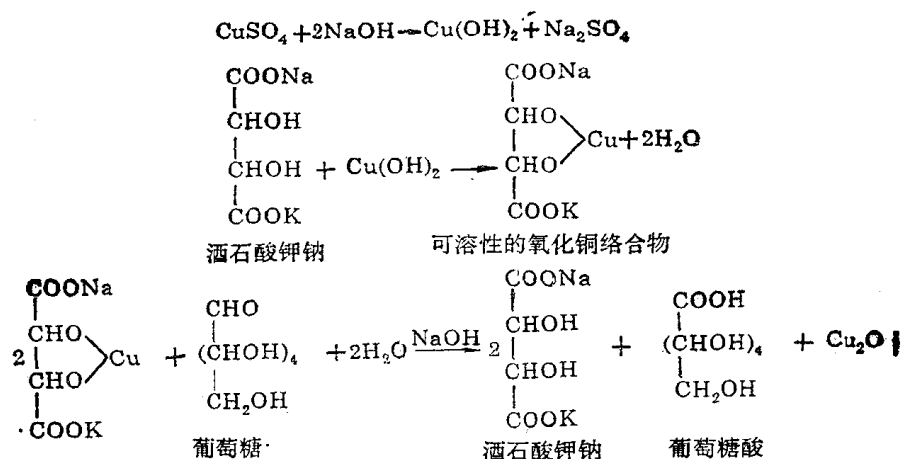


β -甲基-D-葡萄糖苷

糖苷与糖的化学性质完全不同。糖是半缩醛,很容易变为醛,从而显示醛的多种反应。糖苷需水解后才能分解为糖与配糖体,所以糖苷比糖稳定。它不与苯肼发生反应,不易被氧化,

也无变旋现象。

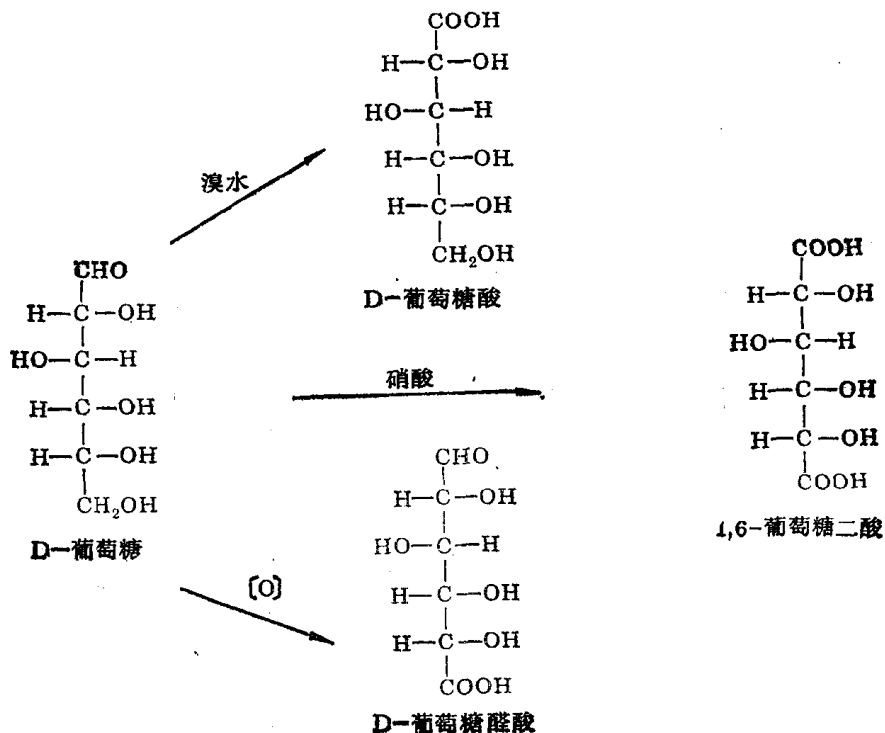
5. 糖的氧化作用 单糖含有游离羰基, 因此具有还原性。某些弱氧化剂 (如硫酸铜的碱性溶液) 与单糖作用时, 单糖的羰基被氧化, 两价铜离子被还原成氧化亚铜。测定氧化亚铜的生成量即可测知溶液中的含糖量。实验室常用的 Fehling 试剂和 Benedict 试剂就是硫酸铜的碱性溶液。单糖与 Fehling 试剂反应如下:



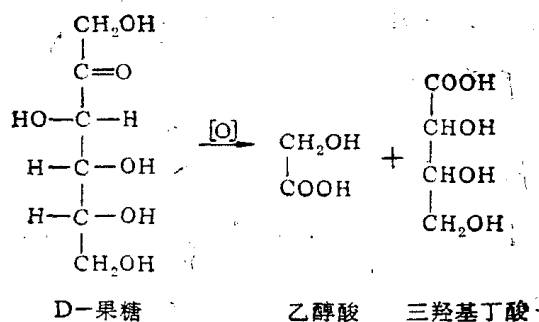
除了羰基之外, 单糖分子中的羟基也能被氧化。所以因氧化条件不同, 单糖可被氧化成不同的产物。

醛糖可以三种不同的方式进行氧化而产生与原来糖含有的碳原子数相同的酸:

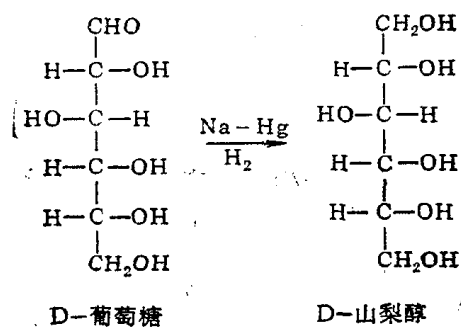
- (1) 在弱氧化剂 (如溴水) 作用下形成相应的糖酸;
- (2) 在较强的氧化剂 (如硝酸) 作用下, 除了醛基被氧化外, 伯醇基也被氧化成羧基, 生成 1, 6-葡萄糖二酸;
- (3) 有时只有伯醇基被氧化成羧基, 这样就形成糖醛酸。以葡萄糖为例, 反应如下:



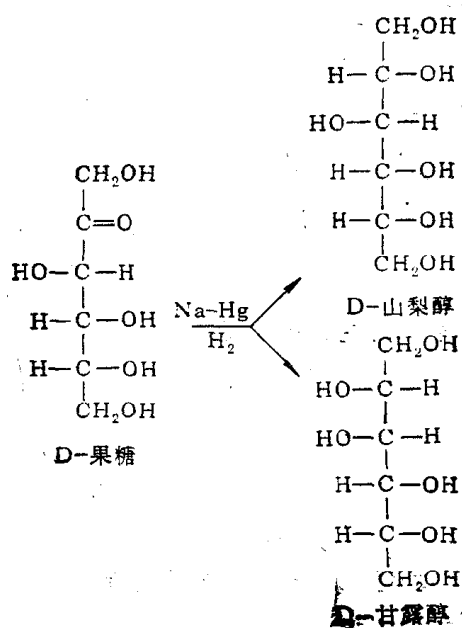
酮糖对溴的氧化作用无影响,因此,可将酮糖与醛糖分开。在强氧化剂作用下,酮糖将在羰基处断裂,形成两个酸。以果糖为例,反应如下:



6. 还原作用 单糖有游离的羰基,所以易被还原成多羟基醇。在钠汞齐及硼氢化钠类还原剂作用下,醛糖还原成糖醇,如 D-葡萄糖被还原成 D-山梨醇(D-sorbitol)。



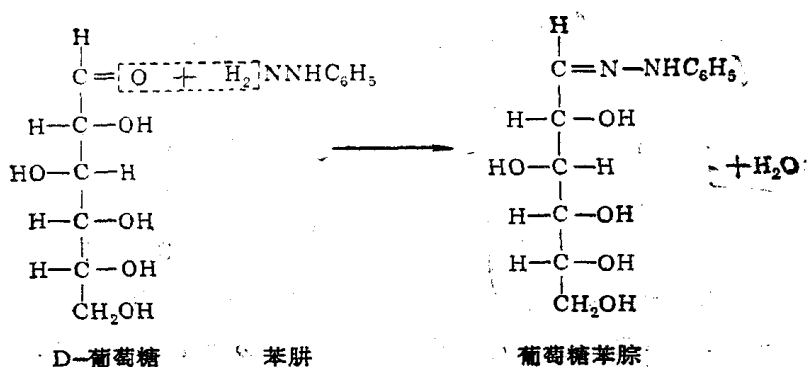
而酮糖被还原成两种具有同分异构的糖醇,如果糖被还原成 D-山梨醇和 D-甘露醇(D-mannitol)。



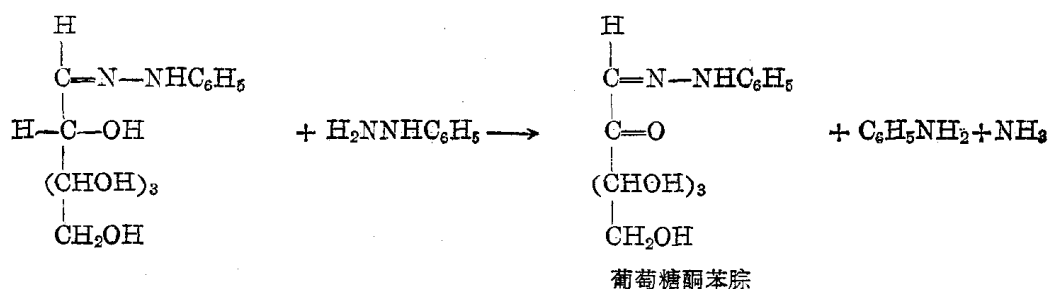
在机体内,以 NADH 或 NADPH 为供氢体,特异的脱氢酶能催化糖醇的合成。

7. 糖脎的生成 单糖游离羰基能与 3 分子苯肼 (phenylhydrazine) 作用生成糖脎 (osazone)。反应步骤如下:

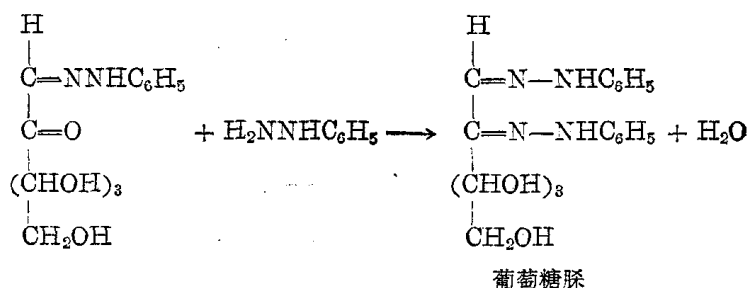
(1) 一分子葡萄糖与一分子苯肼缩合成苯腙(phenylhydrazone)。



(2) 葡萄糖苯腙(Glucose phenylhydrazone)再被一分子苯肼氧化成葡萄糖酮苯腙。



(3) 葡萄糖酮苯腙再与另一分子苯肼缩合,生成葡萄糖脎(glucosazone)。

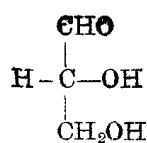


糖脎为黄色结晶,难溶于水。各种糖生成的糖脎结晶形状与熔点都不相同,因此,常用糖脎的生成以鉴定各种不同的糖。

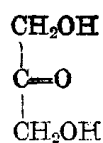
四、重要的单糖

单糖根据碳原子数多少,分别称为丙糖、丁糖、戊糖、己糖等。

1. 丙糖 含三个碳原子的糖称丙糖。比较重要的丙糖有 D-甘油醛和二羟基丙酮。它们的磷酸酯是糖代谢的重要中间产物。

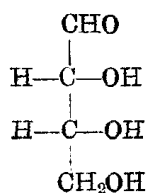


D-甘油醛

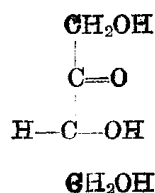


二羟基丙酮

2. 丁糖 含四个碳原子的糖称丁糖。自然界常见的丁糖有 D-赤藓糖及 D-赤藓酮糖。它们的磷酸酯是糖代谢的重要中间产物。

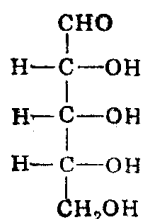


D-赤藓糖

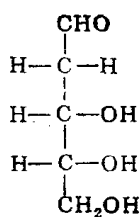
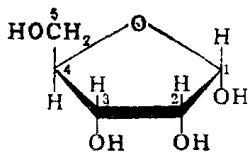


D-赤藓酮糖

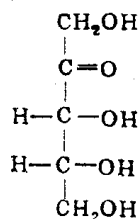
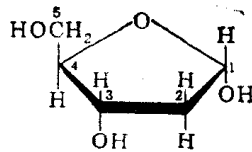
3. 戊糖 自然界存在的戊醛糖主要有 D-核糖、D-2-脱氧核糖、D-木糖和 L-阿拉伯糖。它们大多以多聚戊糖或以糖苷的形式存在。戊酮糖有 D-核酮糖和 D-木酮糖，均是糖代谢的中间产物。



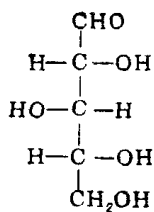
D-核糖



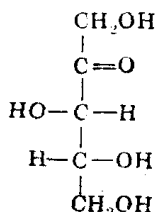
D-2-脱氧核糖



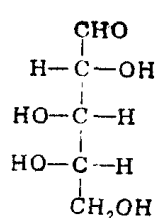
D-核酮糖



D-木糖



D-木酮糖



L-阿拉伯糖

L-阿拉伯糖 广泛分布于植物界，是粘质、树胶、果胶物质与半纤维素的组成成分。其mp 160°C， $[\alpha]_D^{25}$ 为 +104.5°。酵母不能使其发酵。

D-木糖 它是植物粘质、树胶及半纤维素的组成成分。其熔点为 143°C， $[\alpha]_D^{25}$ 为 +18.8°。酵母不能使其发酵。