

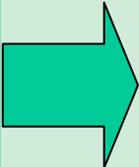


第十九章 碳水化合物

有机化学

Organic Chemistry

内容目录



- 第十二章 羧酸
- 第十三章 羧酸衍生物
- 第十四章 含氮有机化合物
- 第十五章 含硫和含磷有机化合物
- 第十六章 元素有机化合物
- 第十七章 周环反应
- 第十八章 杂环化合物
- 第十九章 碳水化合物
- 第二十章 蛋白质和核酸
- 第二十一章 萜类和甾族化合物
- 第二十二章 合成高分子化合物

概述

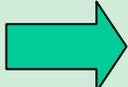
碳水化合物又称糖类。它是自然界中分布最广的一类有机化合物，几乎存在于所有生物体中，植物躯干中的纤维素、种子的淀粉、甘蔗中的蔗糖、水果中的葡萄糖和果糖等，都是我们熟悉的碳水化合物。淀粉作为食物提供人类活动所需的能量，棉、麻以纤维素的形式为人们提供衣着的原料，住房用的木材也属于碳水化合物。总之，它是人类衣、食、住、行所必不可少的物质。

概述

“碳水化合物”

---这一名称来源于19世纪人们对糖的组成的了解。

组成： C、H、O

其中： $H : O = 2 : 1$  碳水化合物。

通式： $C_m(H_2O)_n$

如： 葡萄糖： $C_6H_{12}O_6 = C_6(H_2O)_6$

蔗糖： $C_{12}H_{22}O_{11} = C_{12}(H_2O)_{11}$

概述

但后来发现有些糖不符合上通式。

如 鼠李糖: $C_6H_{12}O_5$

是糖类，但分子式中 $H:O \neq 2:1$

而某些化合物:

如 甲醛 CH_2O
乙酸 $C_2H_4O_2$
乳酸 $C_3H_6O_3$

化学结构上符合通式，但化学性质上都不属于糖类

所以“碳水化合物”这一词并非十分恰当，但因沿用已久，至今仍在使用。

糖类化合物的定义和分类

糖——多羟基醛或多羟基酮（包括环状异构体）
及它们的缩合产物。

糖类化合物的定义和分类

按能否水解及水解生成的单糖数目分：

单糖：不能水解的多羟基醛（或酮）。

如葡萄糖、果糖等

寡糖（低聚糖）：水解后能生成2-10个单糖分子。

如蔗糖、麦芽糖等

多糖（多聚糖）：水解后能生成10个以上单糖分子

均多糖：由同一种单糖组成。如淀粉、纤维素等

杂多糖：由不同种单糖组成。如阿拉伯胶等

糖类化合物的定义和分类

按**功能基分** { 醛糖 -CHO
酮糖 C=O

按含**C数分** { 丙糖 (triose)
丁糖 (tetrose)
戊糖 (pentose) D-ribose
己糖 (hexose) Glucose Fructose

按**构型分** { D-型糖
L-型糖

按**化学性质分** { 还原糖
非还原糖

糖类化合物的定义和分类

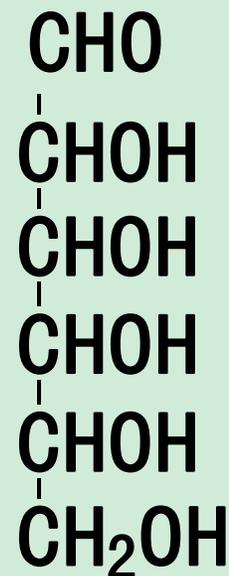
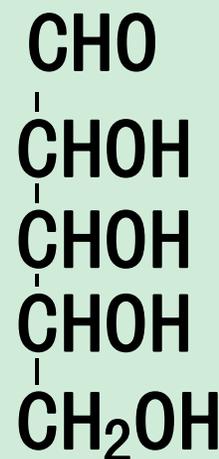
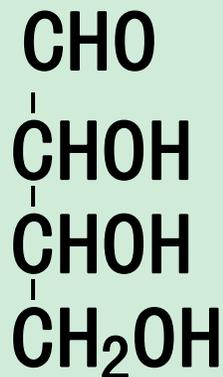
醛糖

丙糖

丁糖

戊糖

己糖



手性碳原子数

1

2

3

4

旋光异构体数

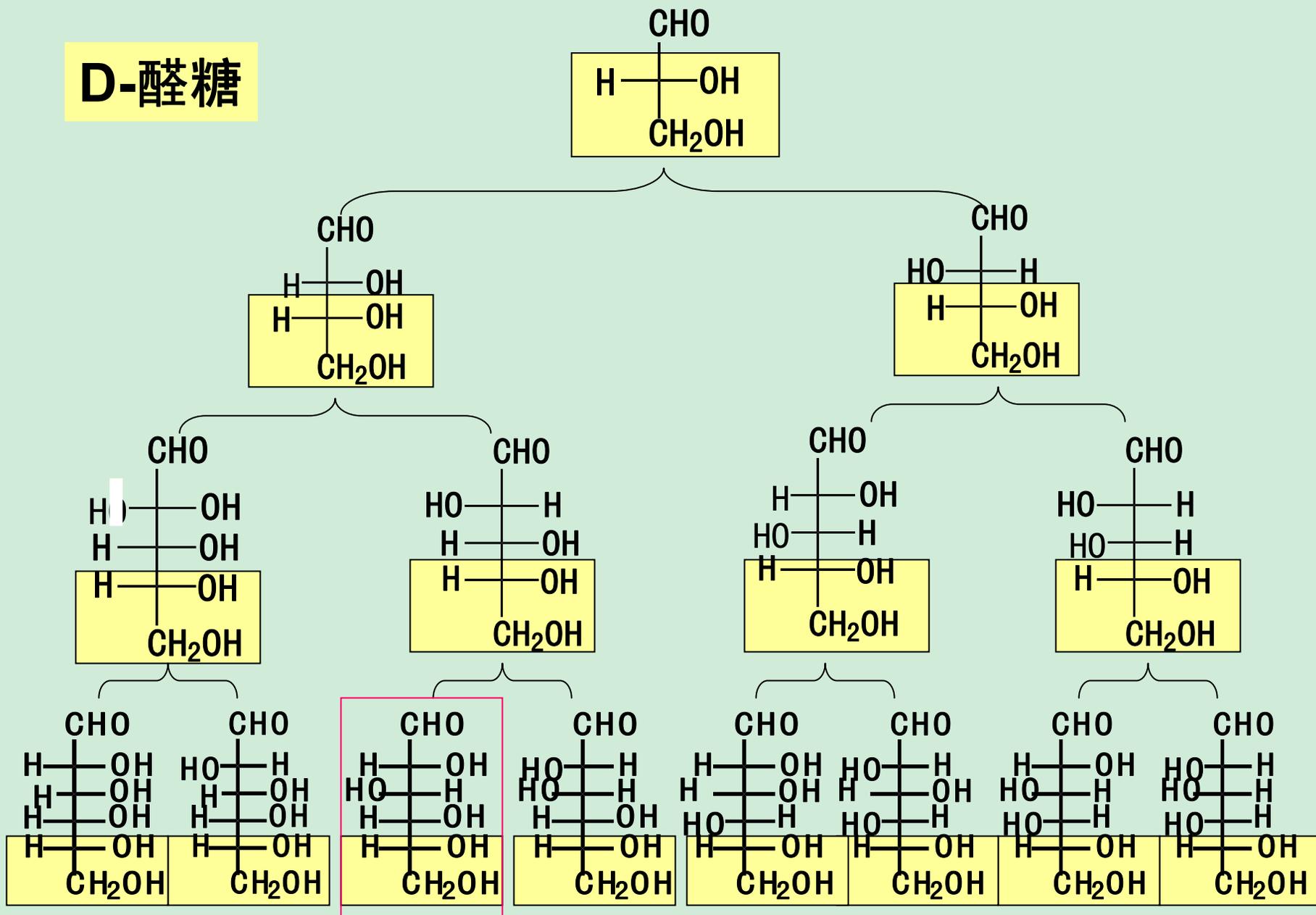
2

4

8

16

D-醛糖



差向异构体

糖类化合物的定义和分类

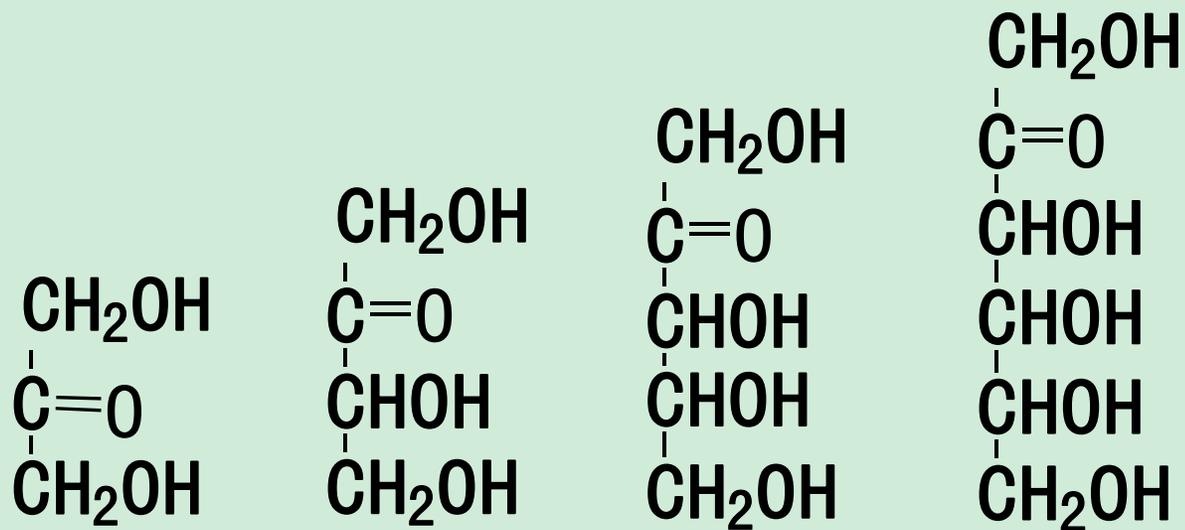
酮糖

丙糖

丁糖

戊糖

己糖



手性碳原子数 **0**

1

2

3

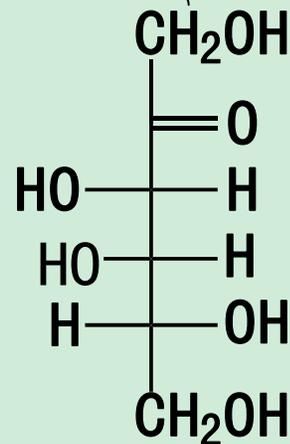
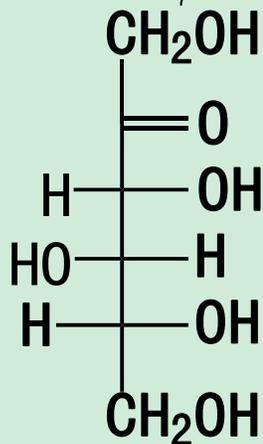
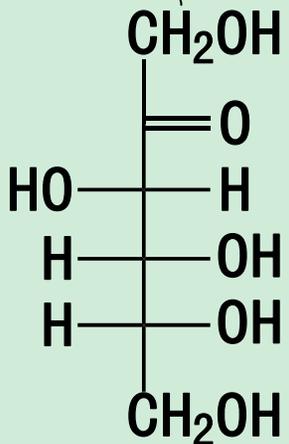
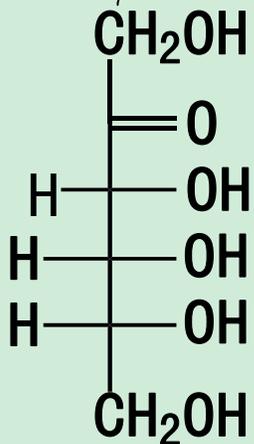
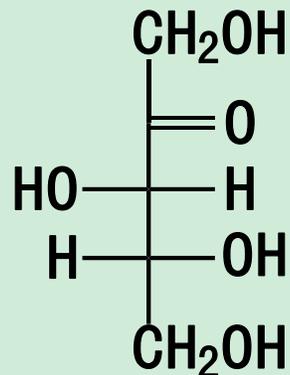
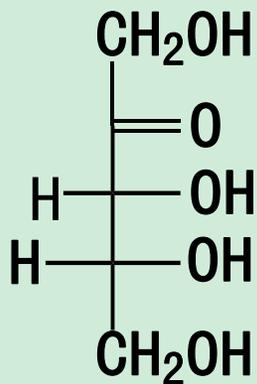
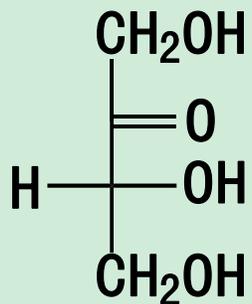
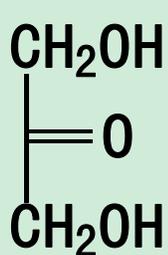
旋光异构体数 **0**

2

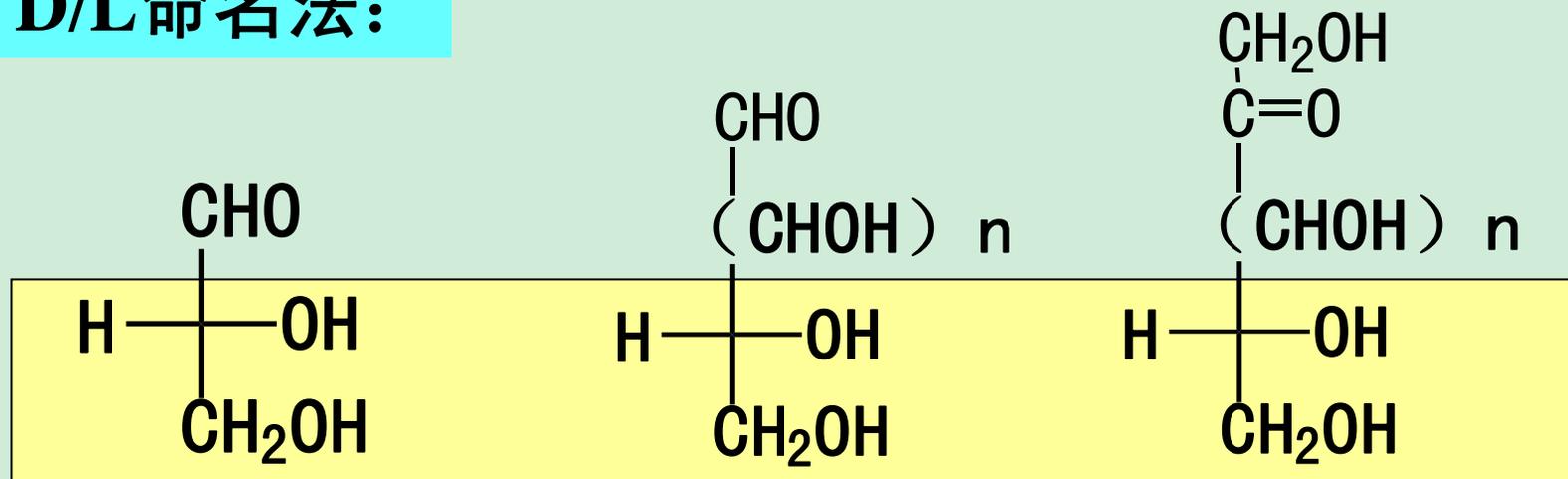
4

8

D-酮糖



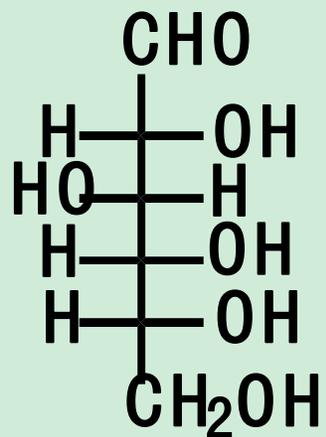
D/L命名法:



D-甘油醛

D-某醛糖

D-某酮糖



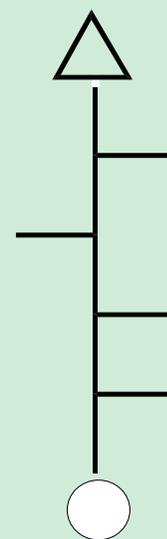
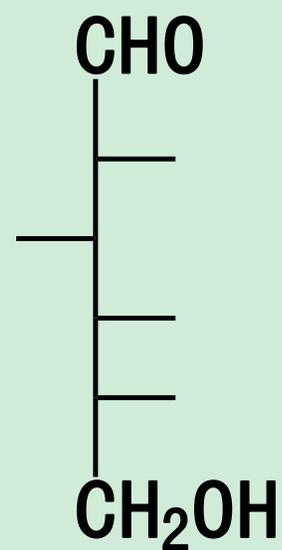
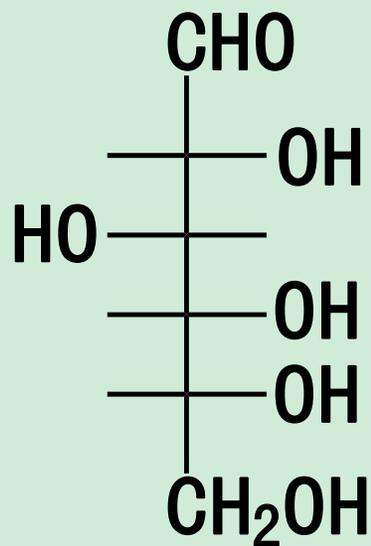
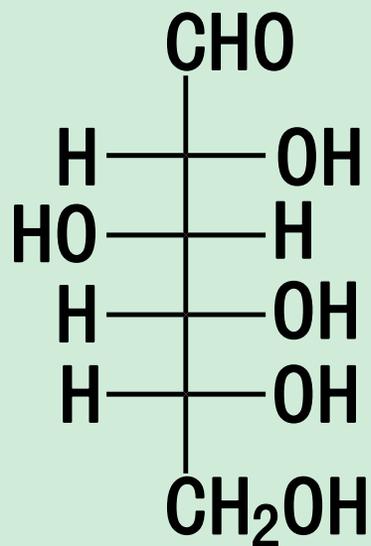
D-己醛糖

(2R, 3S, 4R, 5R) -2, 3, 4, 5, 6-

五羟基己醛

D-(+)-葡萄糖

D-(+)-葡萄糖开链结构



练习：写出下列糖类化合物的结构式

1. D-(+)-葡萄糖

2. L-(-)-葡萄糖

3. D-(+)-葡萄糖C2的差向异构体

4. D-(+)-葡萄糖C4的差向异构体

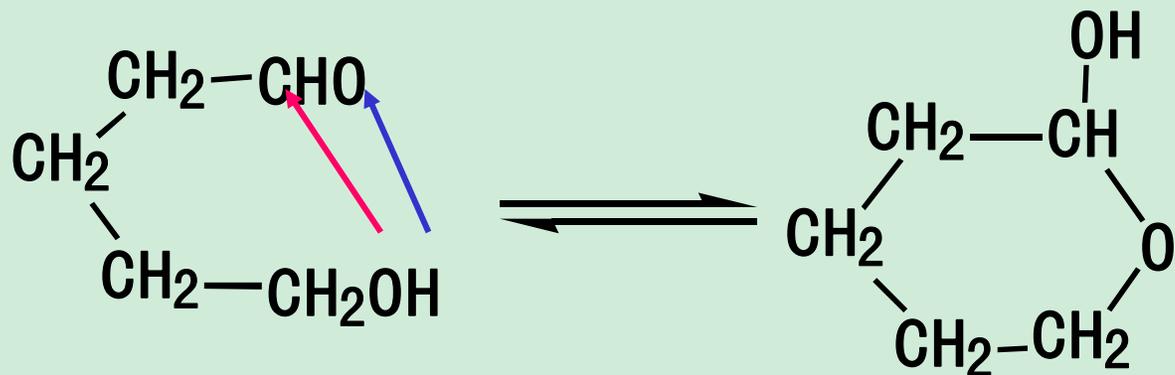
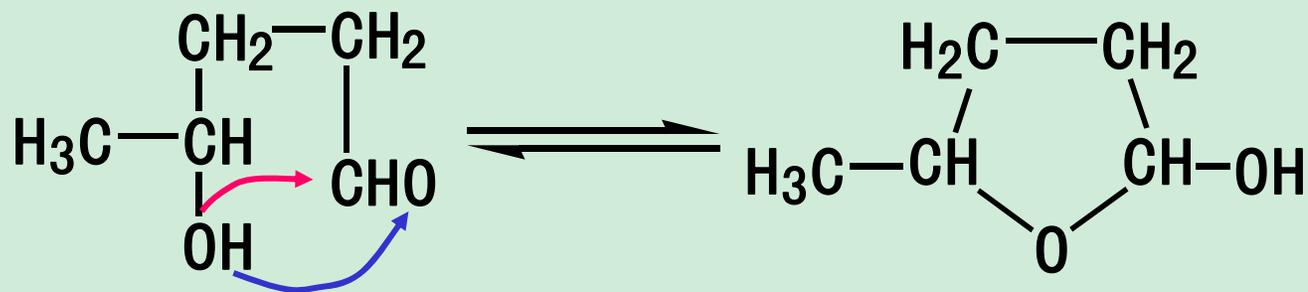
5. D-(—)-果糖

6. D-核糖

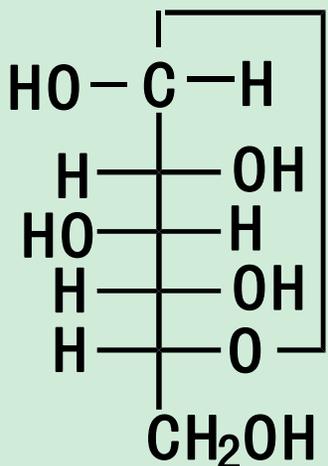
7. D-2-脱氧核糖

许多事实证明单糖在溶液中主要以环式结构存在

- 1、不与 NaHSO_3 加成
- 2、不与希夫试剂显色
- 3、红外光谱中无羰基吸收谱带
- 4、在干 HCl 条件下，只与一分子甲醇作用
- 5、葡萄糖在冷乙醇中结晶得到 $\text{m.p}146^\circ\text{C}$, $[\alpha]_D^{20} = +112^\circ$ 的晶体 (α -型), 从热吡啶中结晶得到 $\text{m.p}150^\circ\text{C}$ $[\alpha]_D^{20} = +18.7^\circ$ 的晶体 (β -型)
- 6、上述两种晶体的水溶液，随着时间的延长，比旋光度都会发生变化，并都在达到 $[\alpha]_D^{20} = +52.7^\circ$ 后稳定不变。
这种物质在溶液中旋光度自行改变的现象叫**变旋光现象**、



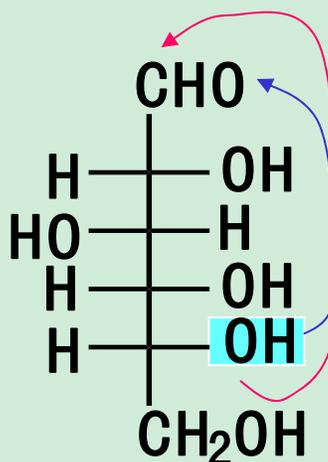
单糖的环式结构与变旋光现象



β -D-(+)-吡喃葡萄糖

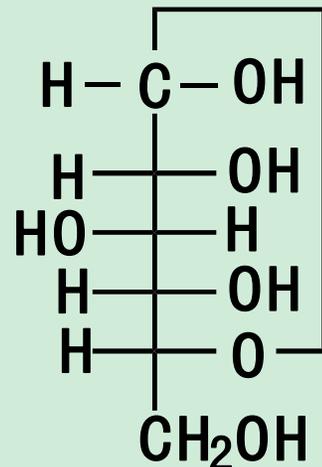
63.6%

$[\alpha]_D = +18.7^\circ$



D-葡萄糖

极少量



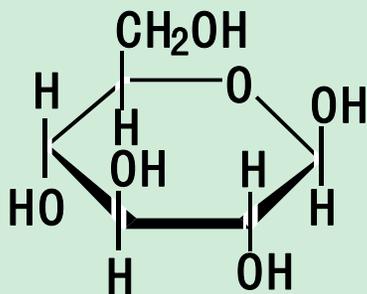
α -D-(+)-吡喃葡萄糖

36.4%

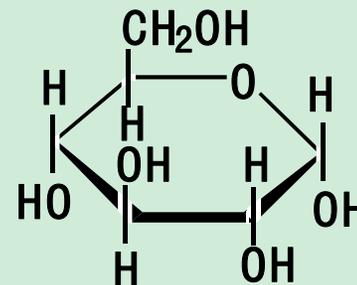
$[\alpha]_D = +112^\circ$

$[\alpha]_D = +52.7^\circ$

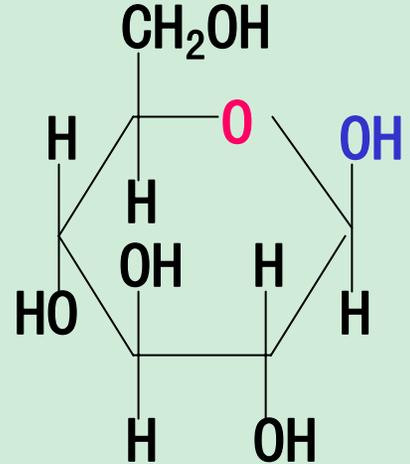
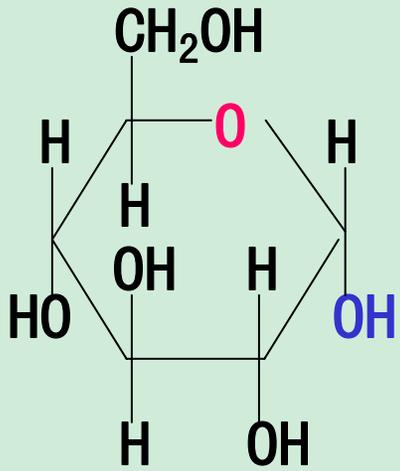
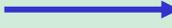
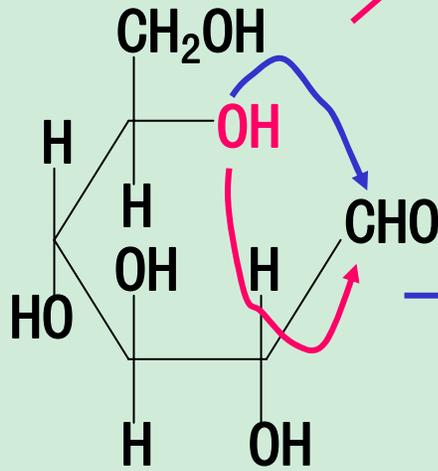
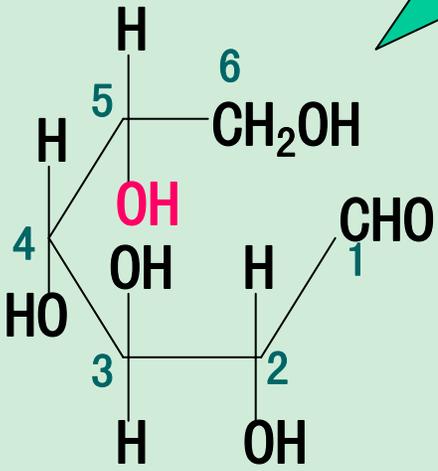
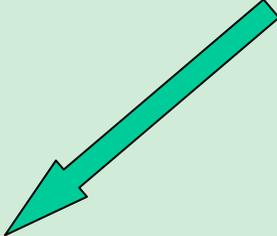
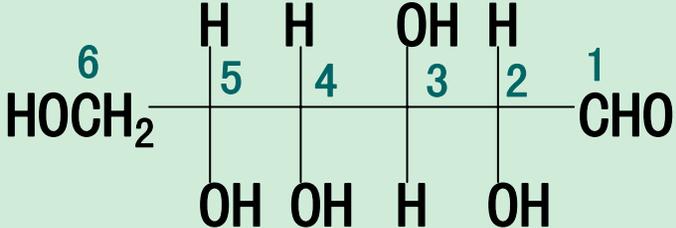
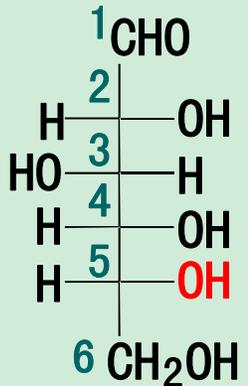
哈沃斯式



β -D-(+)-吡喃葡萄糖

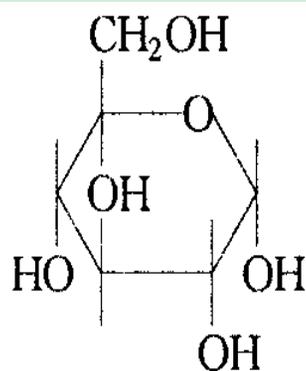
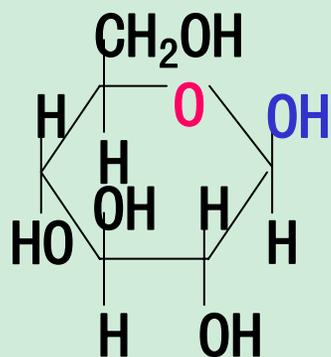
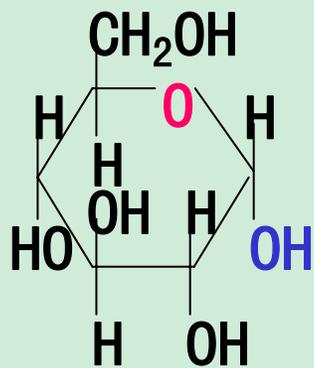


α -D-(+)-吡喃葡萄糖

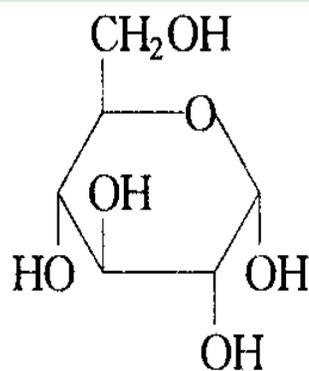


β-型

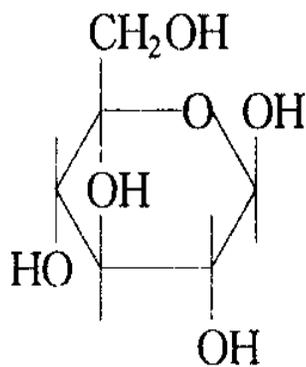
α-型



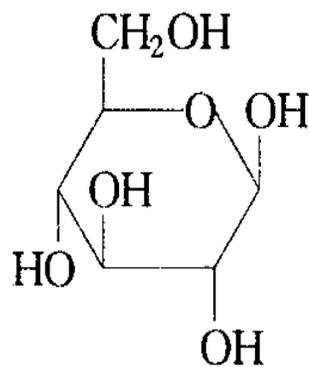
简写为



α -D-(+)-吡喃葡萄糖

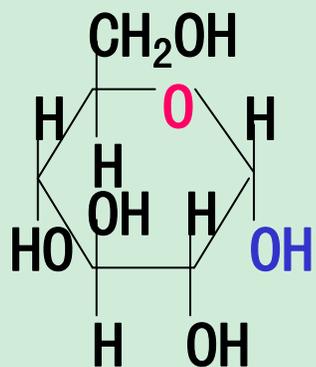


简写为

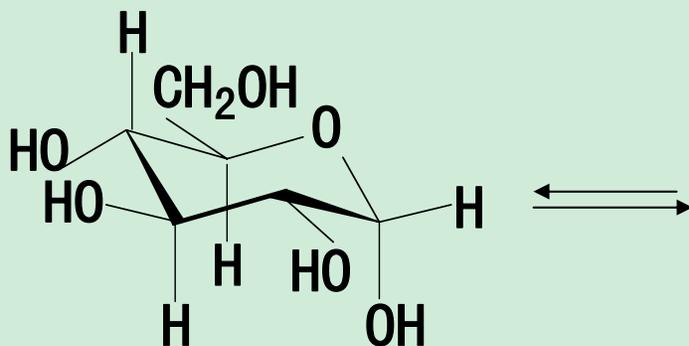


β -D-(+)-吡喃葡萄糖

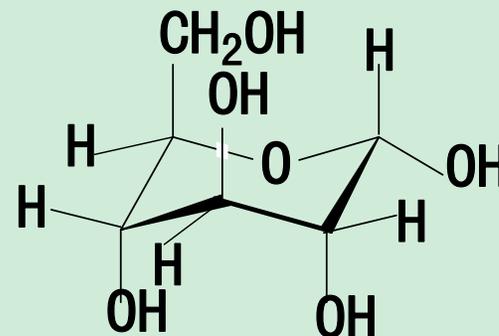
C_1 的差向异构体又互称为端基异构体或异头物，半缩醛碳也叫异头碳。



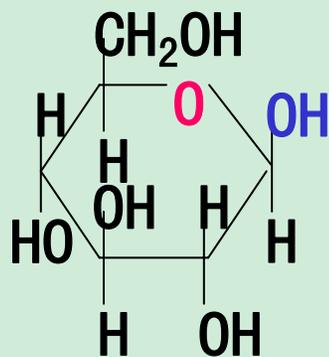
α -D-(+)-吡喃葡萄糖



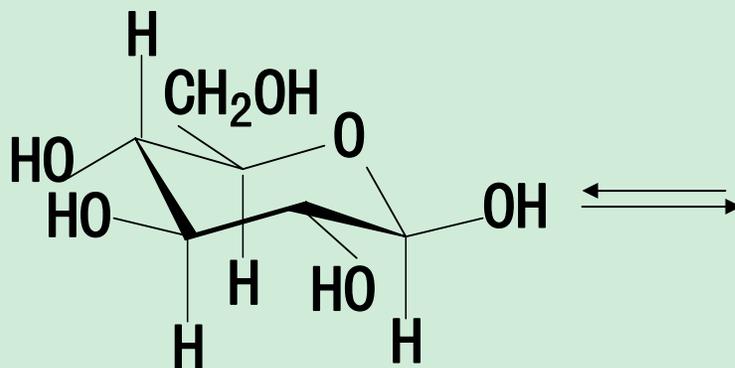
N式



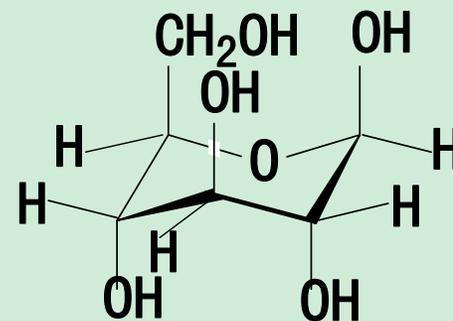
A式



β -D-(+)-吡喃葡萄糖



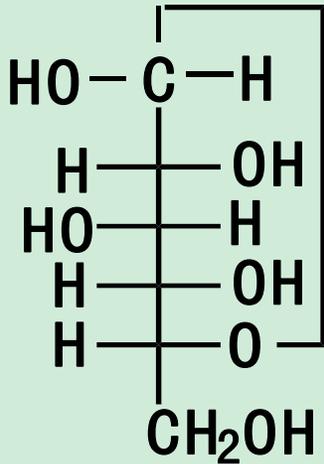
N式



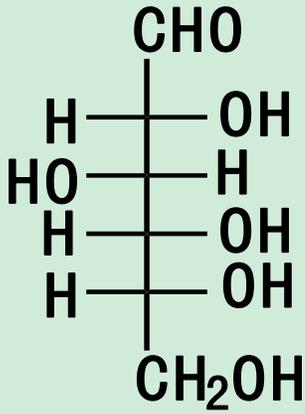
A式

稳定性： β -D-(+)-吡喃葡萄糖 > α -D-(+)-吡喃葡萄糖

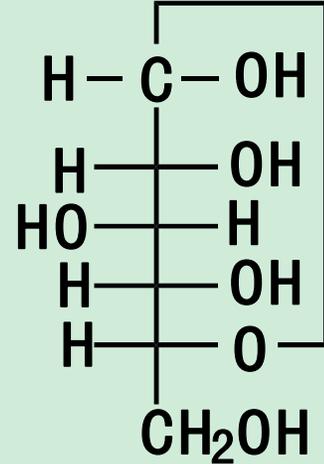
葡萄糖结构小结



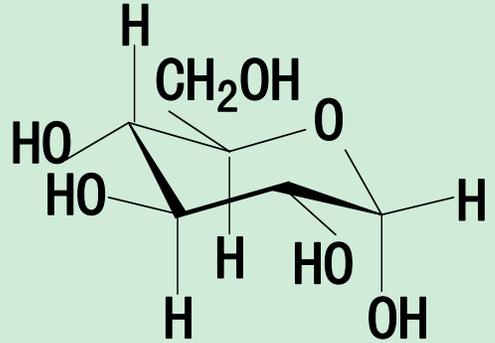
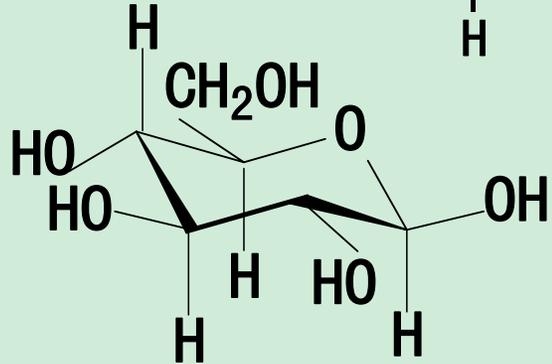
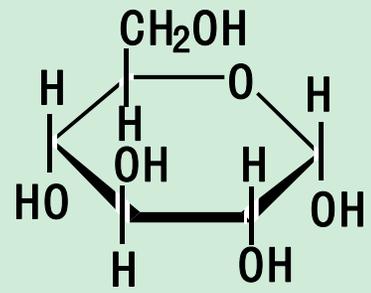
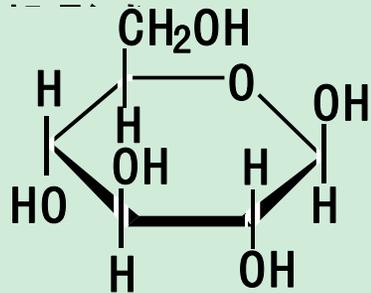
β -D-(+)-吡喃葡萄糖



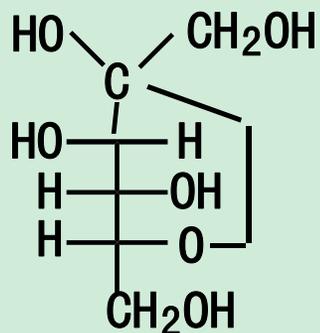
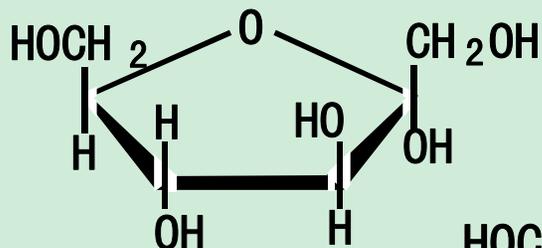
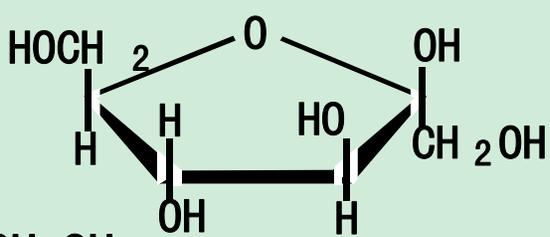
D-葡萄糖



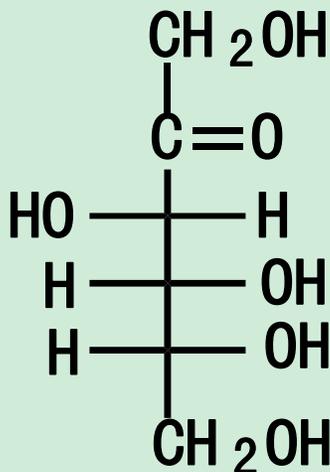
α -D-(+)-吡喃葡萄糖



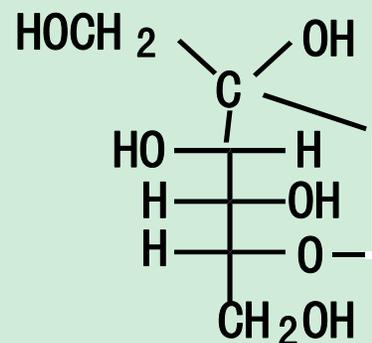
练习：写出D-甘露糖的链状结构和环状结构的费歇尔投影式、哈沃斯式和构象式



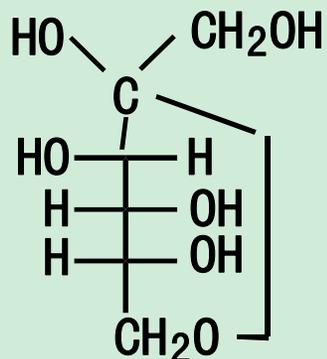
β -D-(-)-呋喃果糖



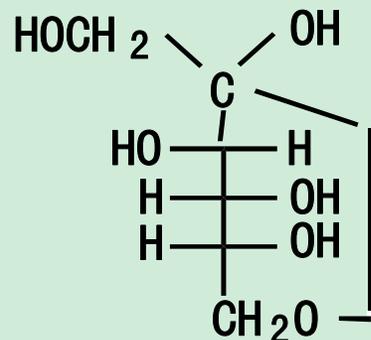
D-(-)-果糖



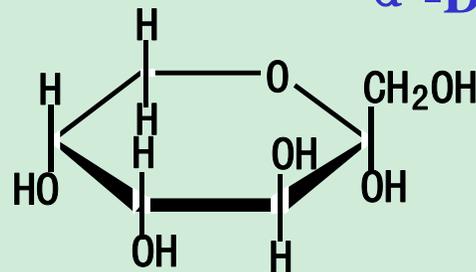
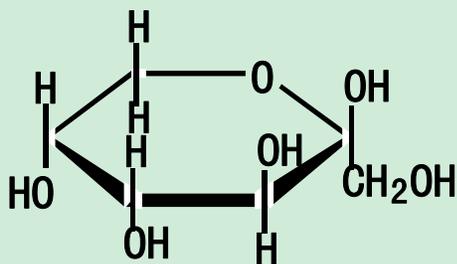
α -D-(-)-呋喃果糖



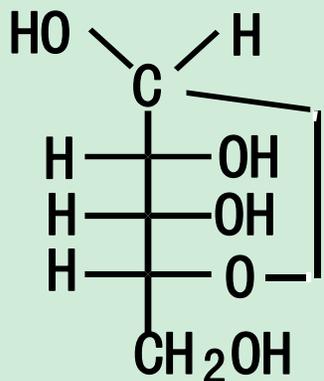
β -D-(-)-吡喃果糖



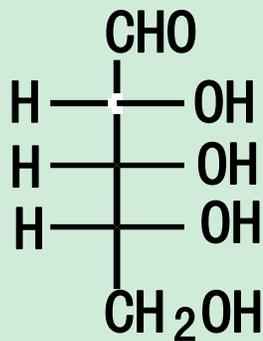
α -D-(-)-吡喃果糖



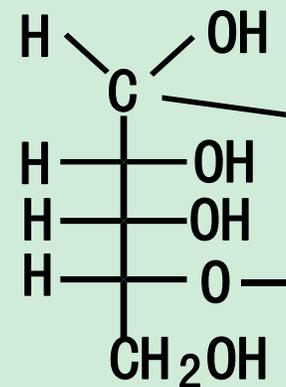
D-核糖



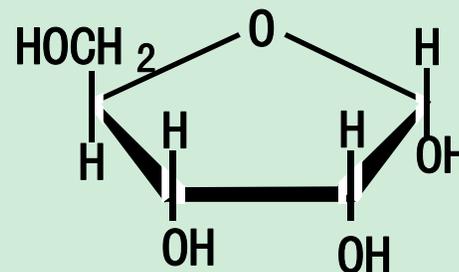
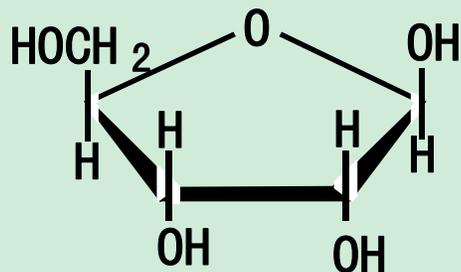
β -D-呋喃核糖



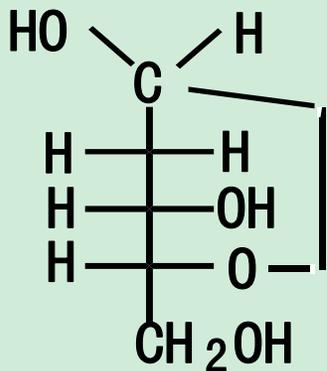
D-核糖



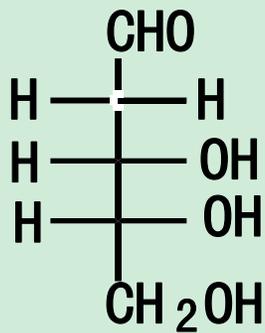
α -D-呋喃核糖



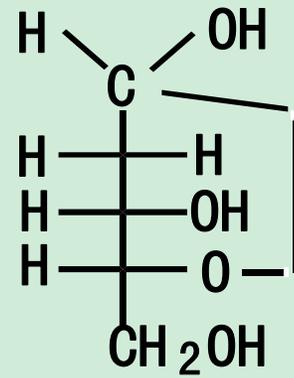
D-2-脱氧核糖



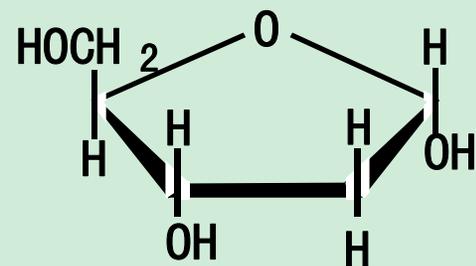
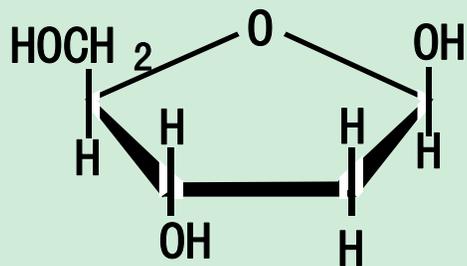
β -D-呋喃脱氧核糖



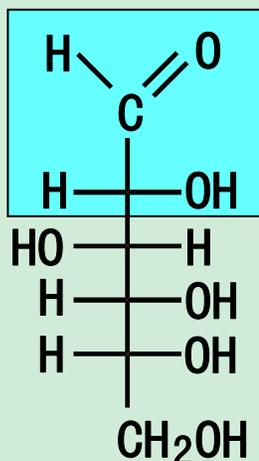
D-脱氧核糖



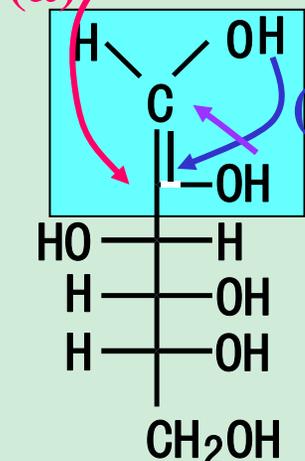
α -D-呋喃脱氧核糖



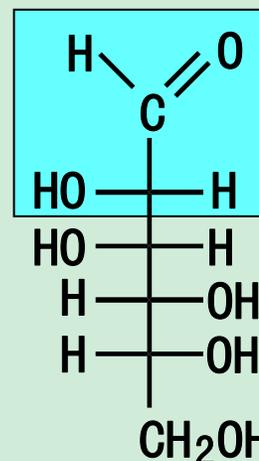
单糖的差向异构化



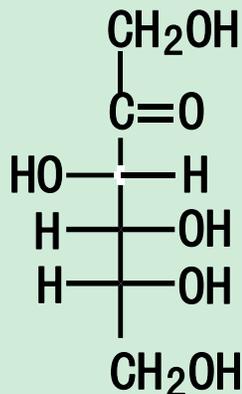
D-葡萄糖



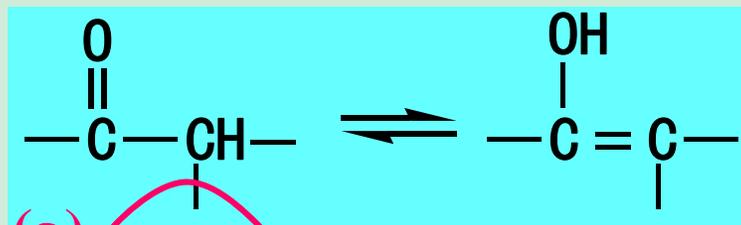
烯二醇



D-甘露糖



D-果糖



(a)

(b)

(b)

(c)

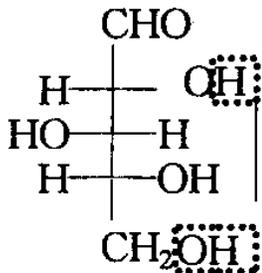
结论： 三种单糖中的任何一种的弱碱溶液都是三者的平衡混合物。

差向异构化：

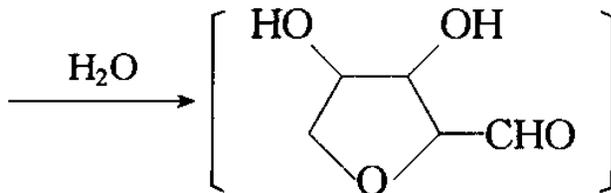
在一个含多个手性中心的分子中，只有一个手性中心构型发生转化的现象。

单糖的脱水与显色反应

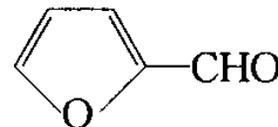
醛糖



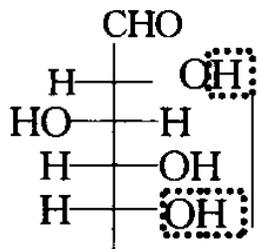
戊醛糖



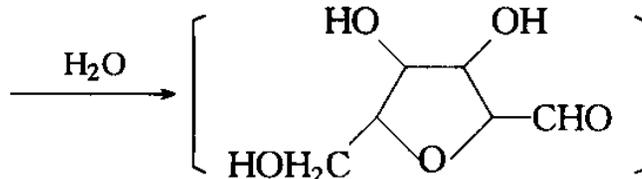
- 2H₂O



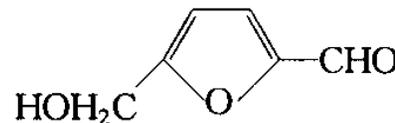
糖醛(α-呋喃甲醛)



己醛糖

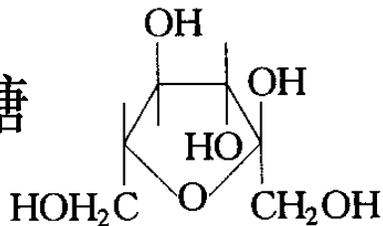


- 2H₂O

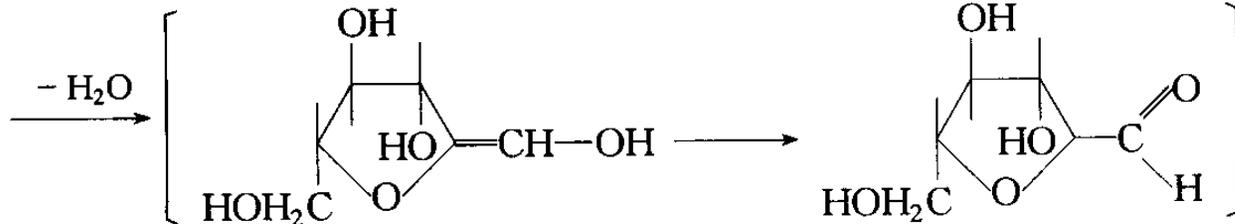


5-羟甲基糖醛

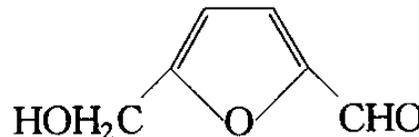
酮糖



α-D-呋喃果糖



- 2H₂O



单糖的脱水与显色反应

1、Molish反应:

脱水剂: 浓 H_2SO_4 显色剂: α -萘酚

单糖、寡糖、多糖 \longrightarrow 紫色

2、Seliwanoff反应:

脱水剂: 浓盐酸 显色剂: 间苯二酚

反应: 酮糖 > 醛糖

显色: 己糖 \longrightarrow 鲜红色

戊糖 \longrightarrow 蓝至绿色

单糖的氧化反应

1、单糖与弱氧化剂的反应：

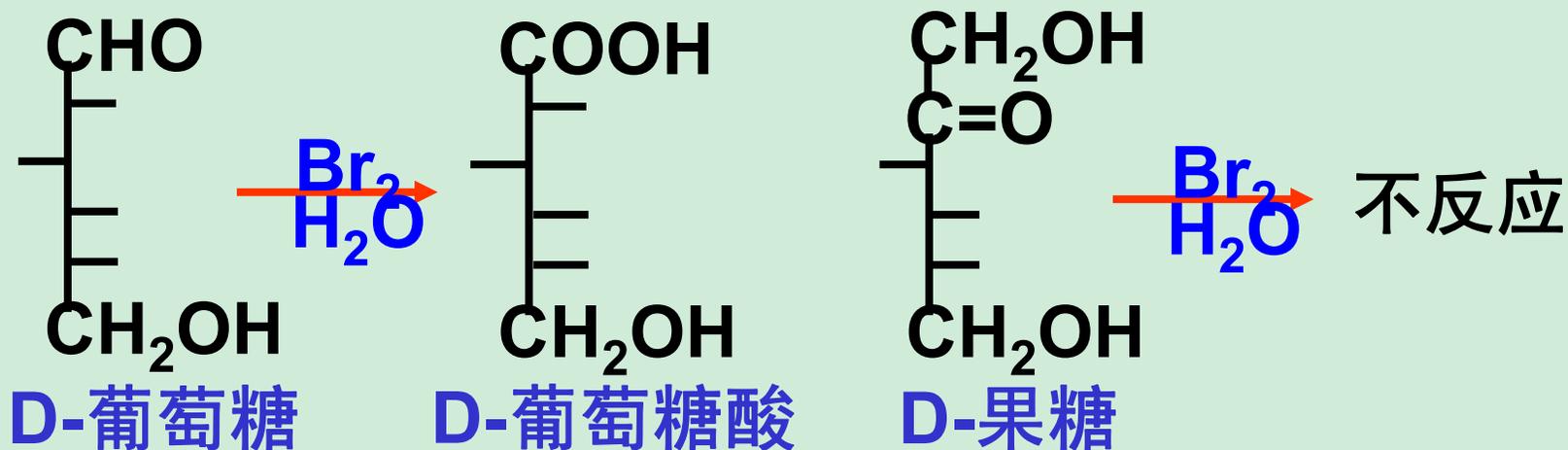
Tollens试剂、Fehling试剂、Benedict试剂

还原性糖：能被上述弱氧化剂所氧化的糖，
反之是非还原性糖。

注：能与上述弱氧化剂反应是 α -羟基醛（酮）特有反应



2、与溴水反应



溴的水溶液含有次溴酸，能将醛糖氧化成糖酸。由于在酸性条件下糖不发生差向异构体，因此溴水只氧化醛糖不氧化酮糖。这一反应可用于醛和酮糖的鉴别。

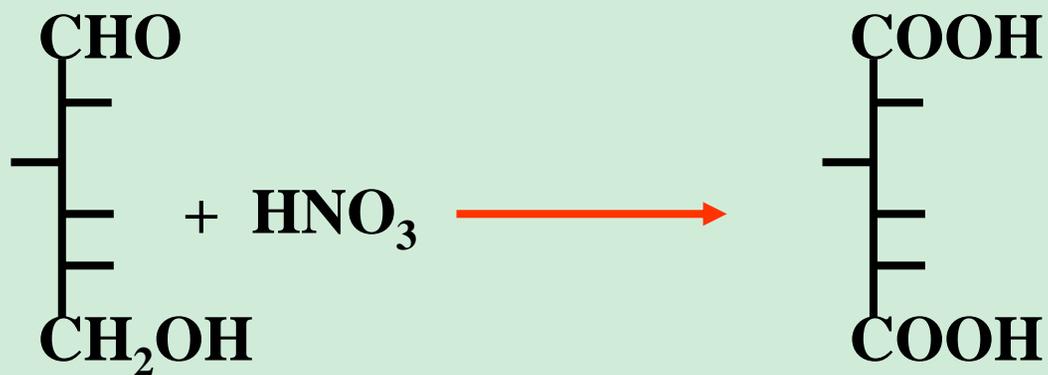
醛糖与酮糖的鉴别:

- ① 与 $\text{Br}_2\text{-H}_2\text{O}$ 反应 $\left\{ \begin{array}{l} \text{醛糖氧化使溴水褪色} \\ \text{酮糖不反应} \end{array} \right.$
- ② 与盐酸-间苯二酚反应 \rightarrow 鲜红色 酮糖 $>$ 醛糖
- ③ 与氢氧化钙反应

果糖与氢氧化钙反应生成络合物极难溶于水。

3、与硝酸反应

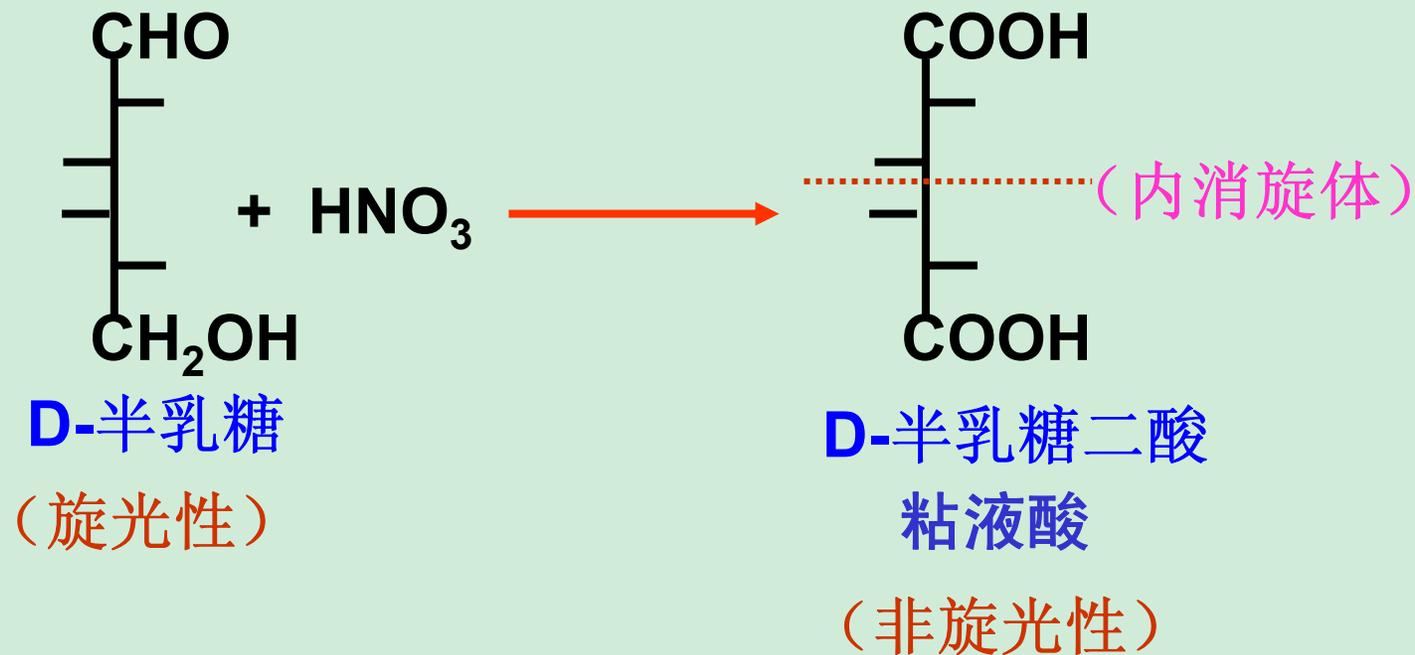
硝酸是强氧化剂，硝酸氧化单糖时，醛基和末端 CH_2OH 基团都会被氧化，生成糖二酸。



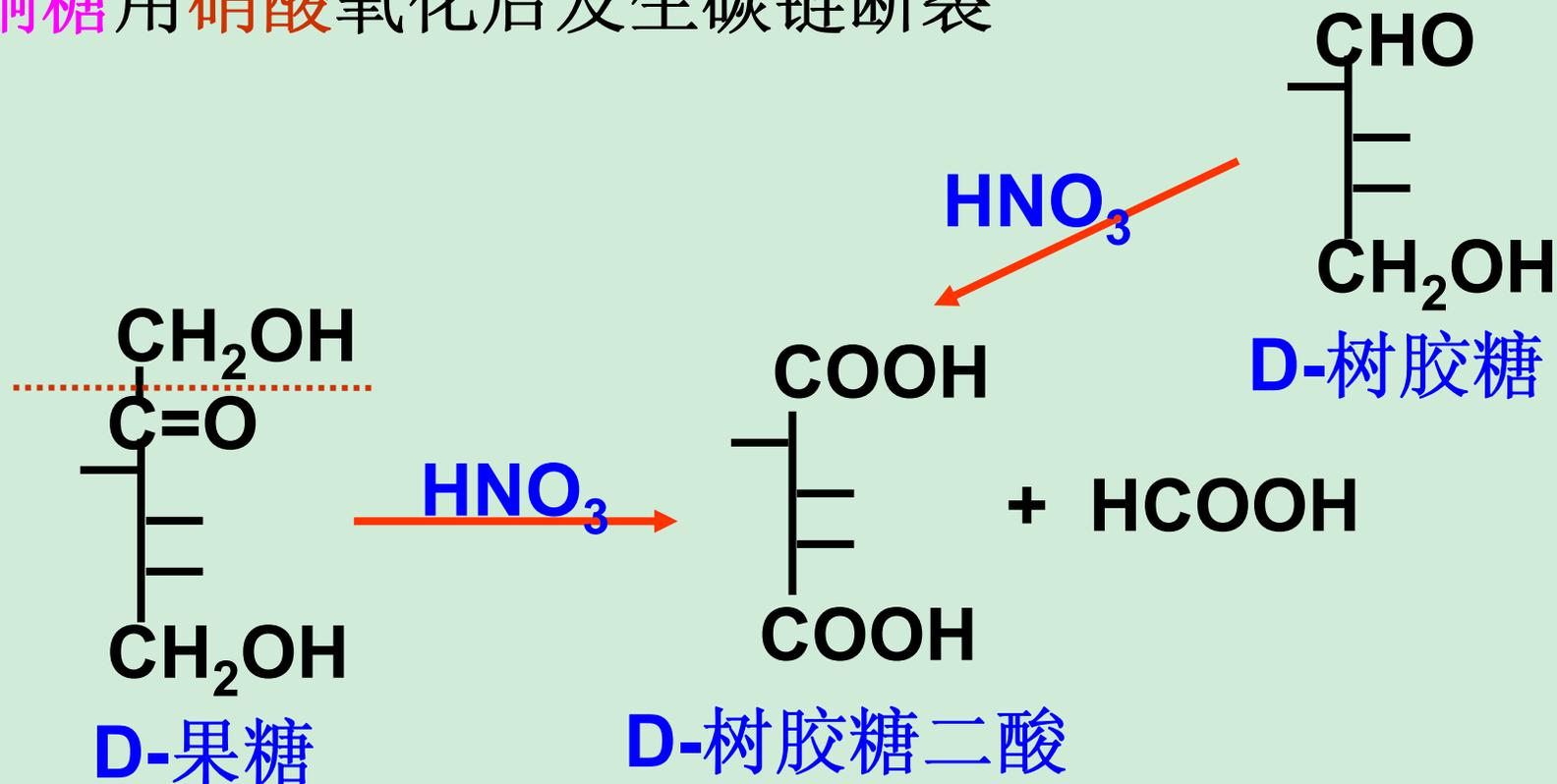
D-葡萄糖
(旋光性)

D-葡萄糖二酸
(旋光性)

3、与硝酸反应

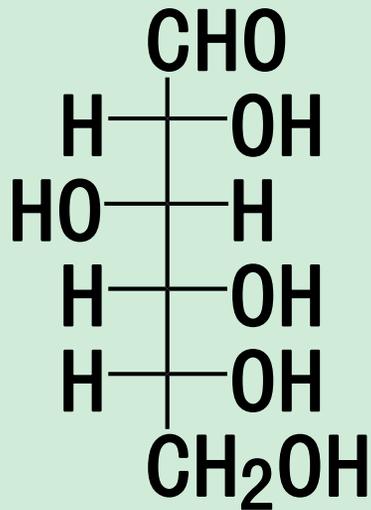


酮糖用硝酸氧化后发生碳链断裂

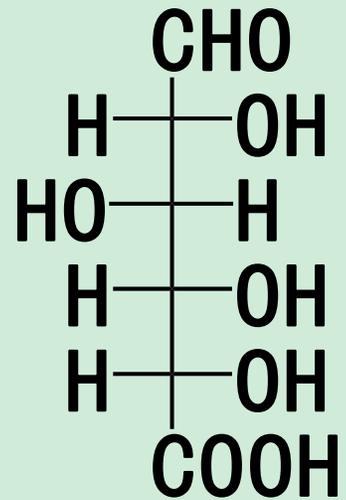


该方法可作为糖二酸的制备，还常用于糖结构的测定

4、与酶（人体肝脏内）的反应：



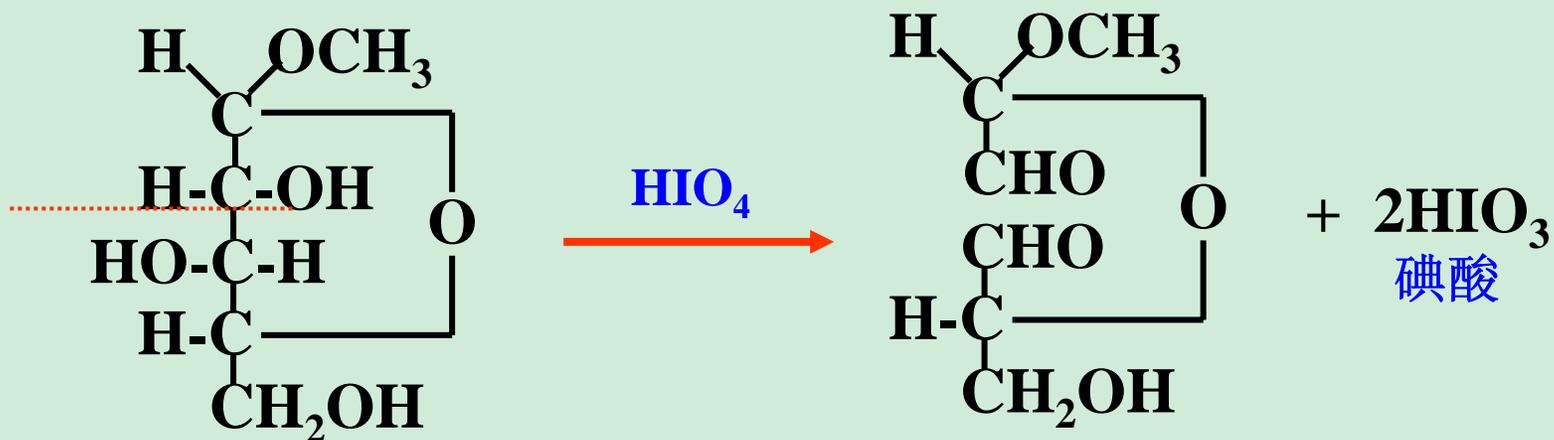
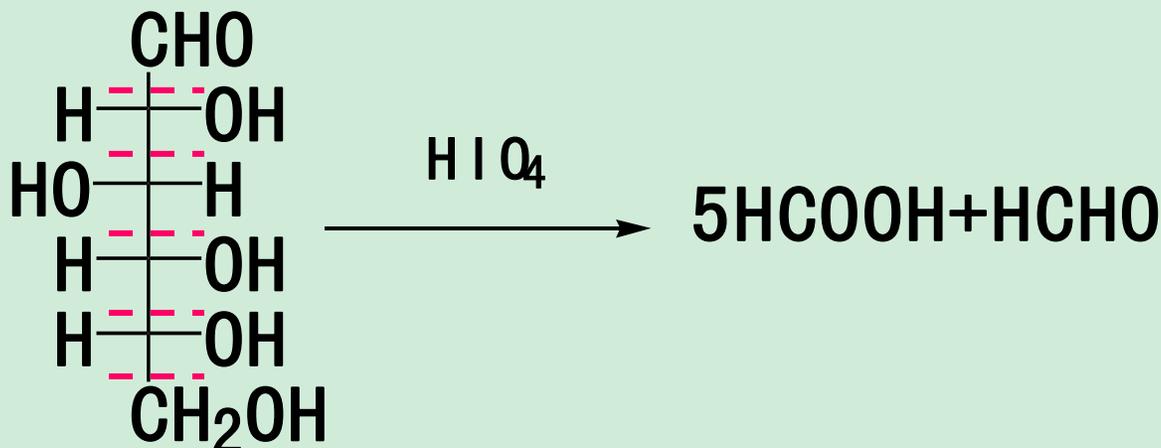
葡萄糖

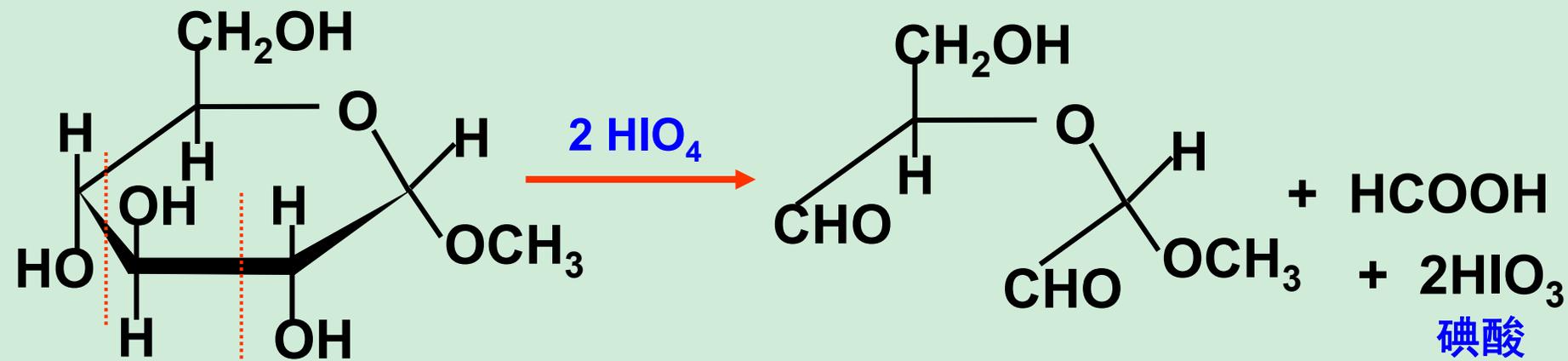


葡萄糖醛酸

5、与过碘酸的反应:

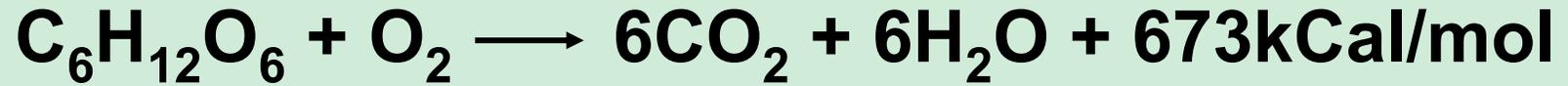
凡是具有邻二醇、 α -羟基醛(酮)或 α -二羰基化合物都可被过碘酸定量的氧化。





反应中HIO₄被还原为HIO₃，反应定量进行，可以加入AgNO₃使之与HIO₃反应，根据所生成的AgIO₃（白色）沉淀数量，可以定量计算反应中的C-C键断裂的数目。常用它来测量糖的结构和环的大小。

6、完全氧化：

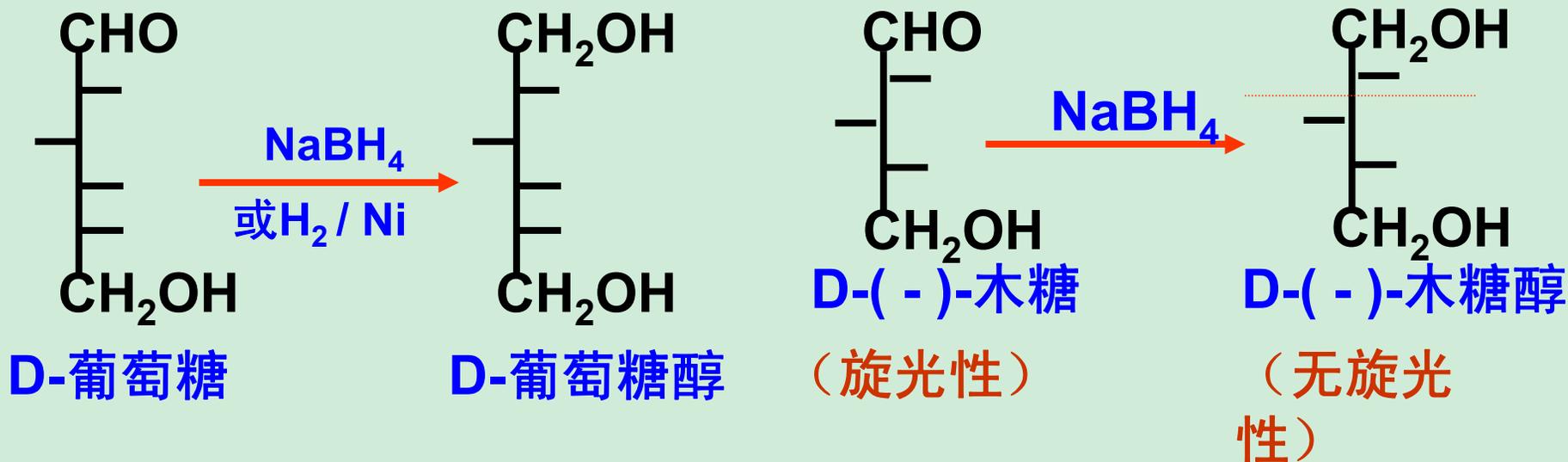


葡萄糖

还原

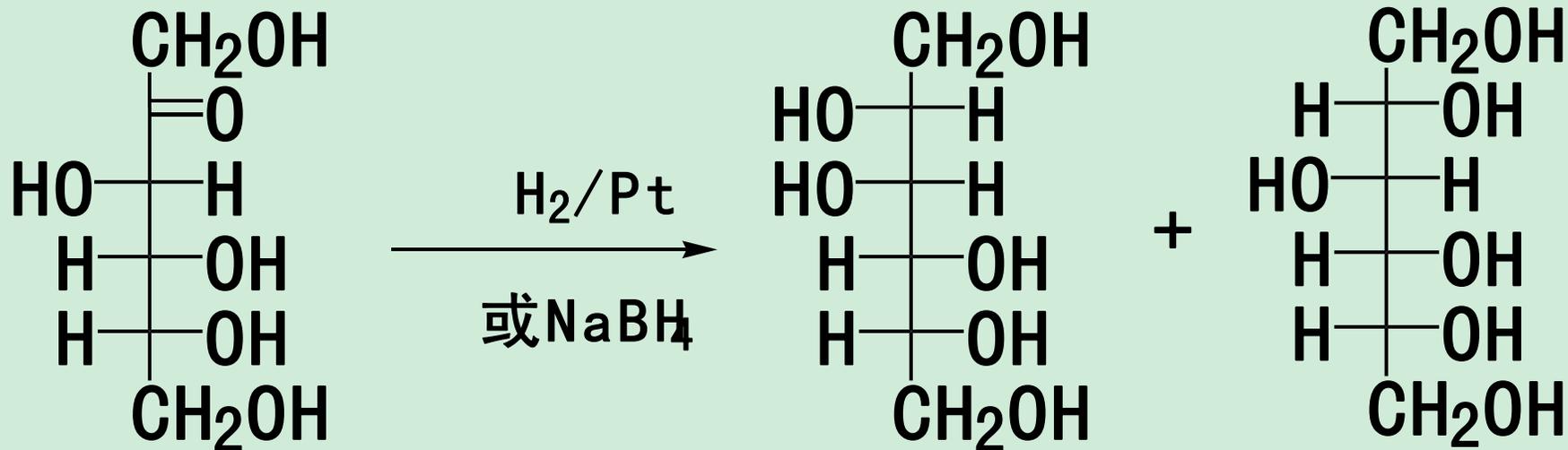
单糖可以还原成相应的多羟基醇（糖醇）

常用的还原剂： NaBH_4 、 H_2 / Ni 、 Na-Hg 齐等。



某些单糖还原成糖醇后旋光性消失，故应用这一反应可推测原来糖的构型。

还原反应



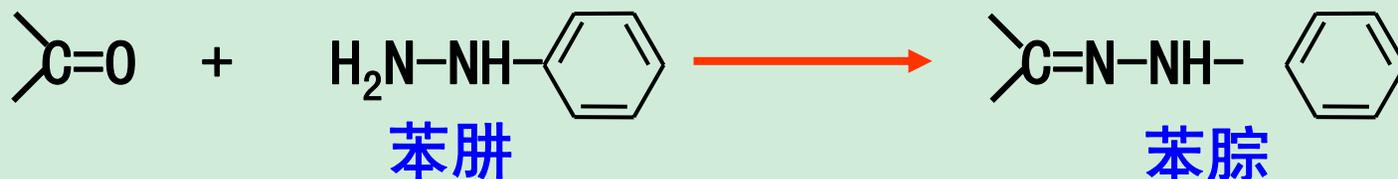
D-果糖

甘露醇

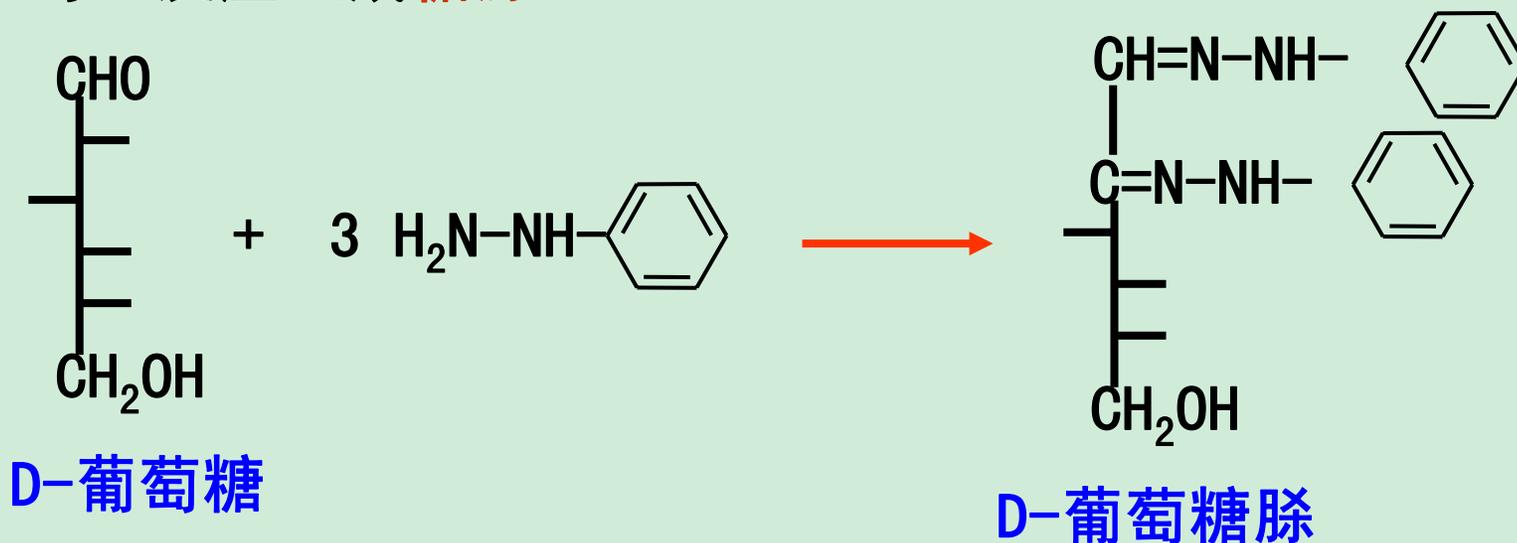
山梨醇 (少量)

生成糖脎反应

醛或酮的羰基与苯肼反应生成苯腙：

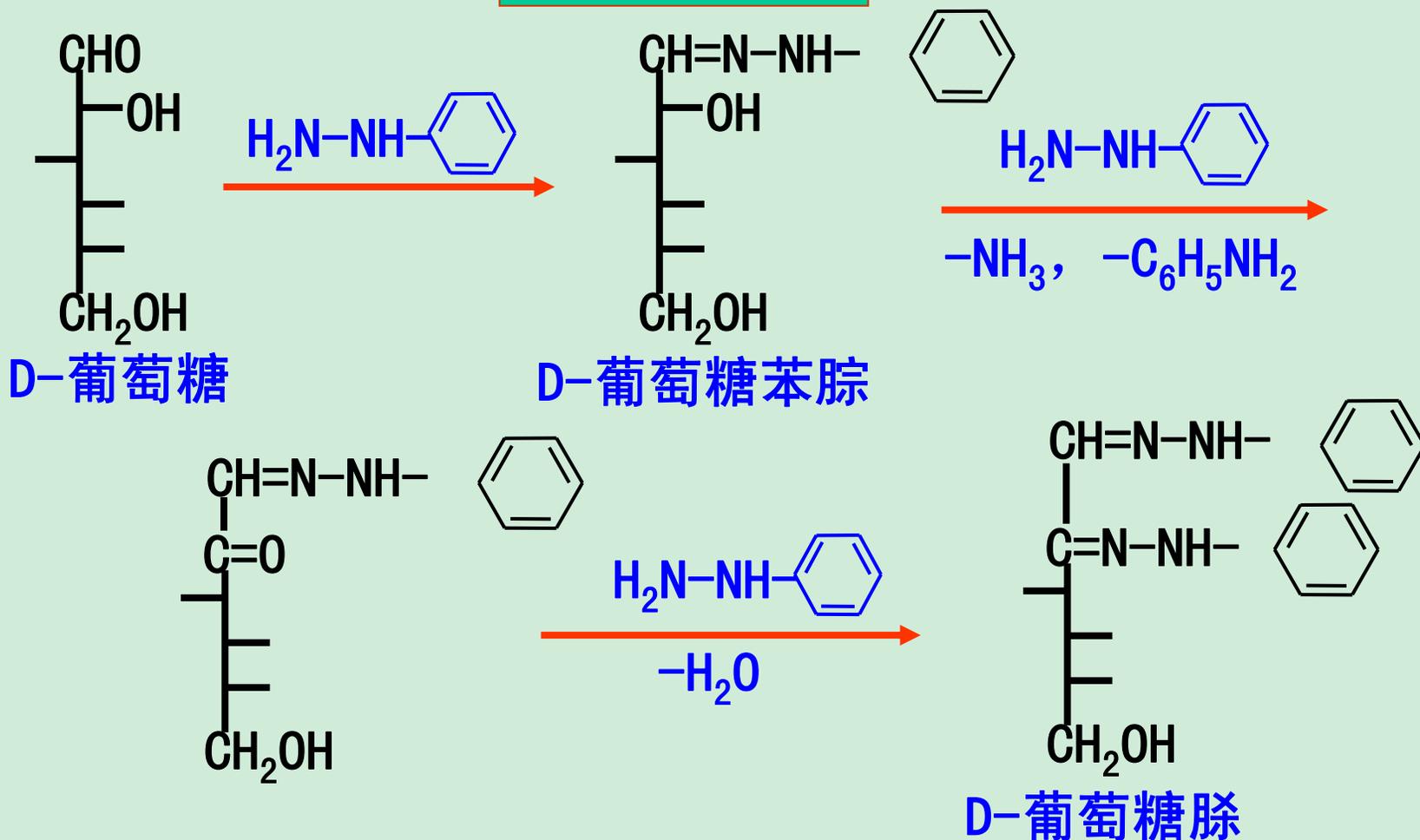


当醛糖或酮糖用苯肼处理时，也可以发生类似的反应。但反应并不停留在生成苯腙的这一步，当有过量苯肼存在时，反应生成糖脎。

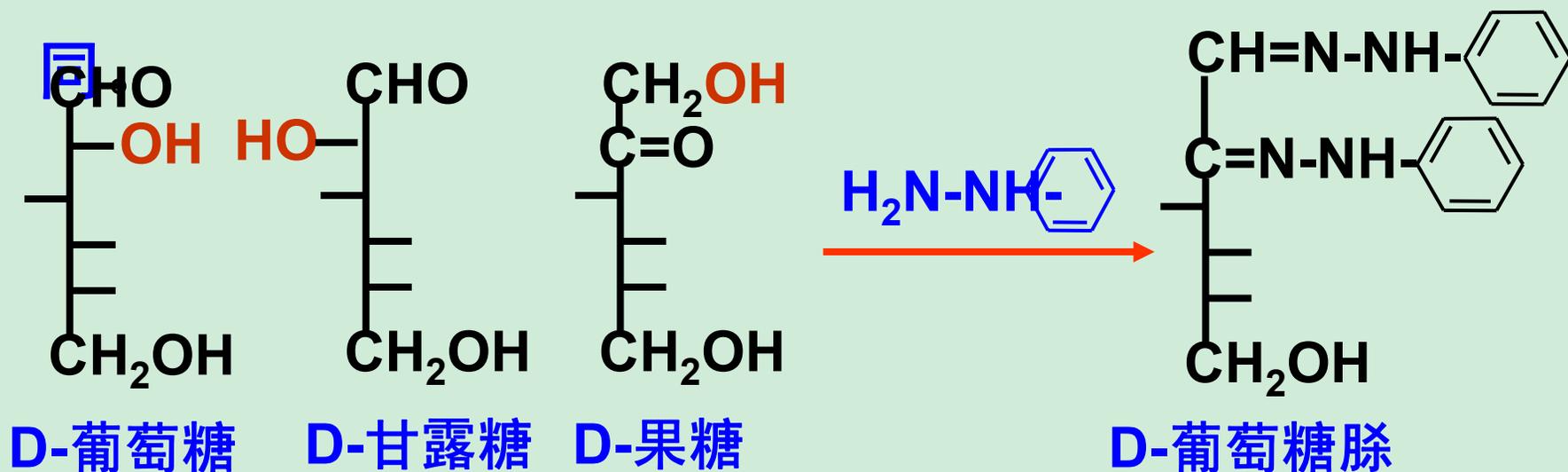


糖脎为淡黄色晶体，不同的**糖成脎时间**、**结晶形状**不同，结构上完全不同的**糖脎熔点**不同，因此利用该反应可作**糖的定性鉴定**。

反应机理：



反应是在**羰基**和具有**羟基**的 α -**碳**上进行，**单糖**一般在**C₁**和**C₂**上发生，若**糖**只是**C₁**或**C₂**构型或**羰基不同**，其它**手性碳都相同**，则生成的**脎也相**



单糖的递升和递降反应

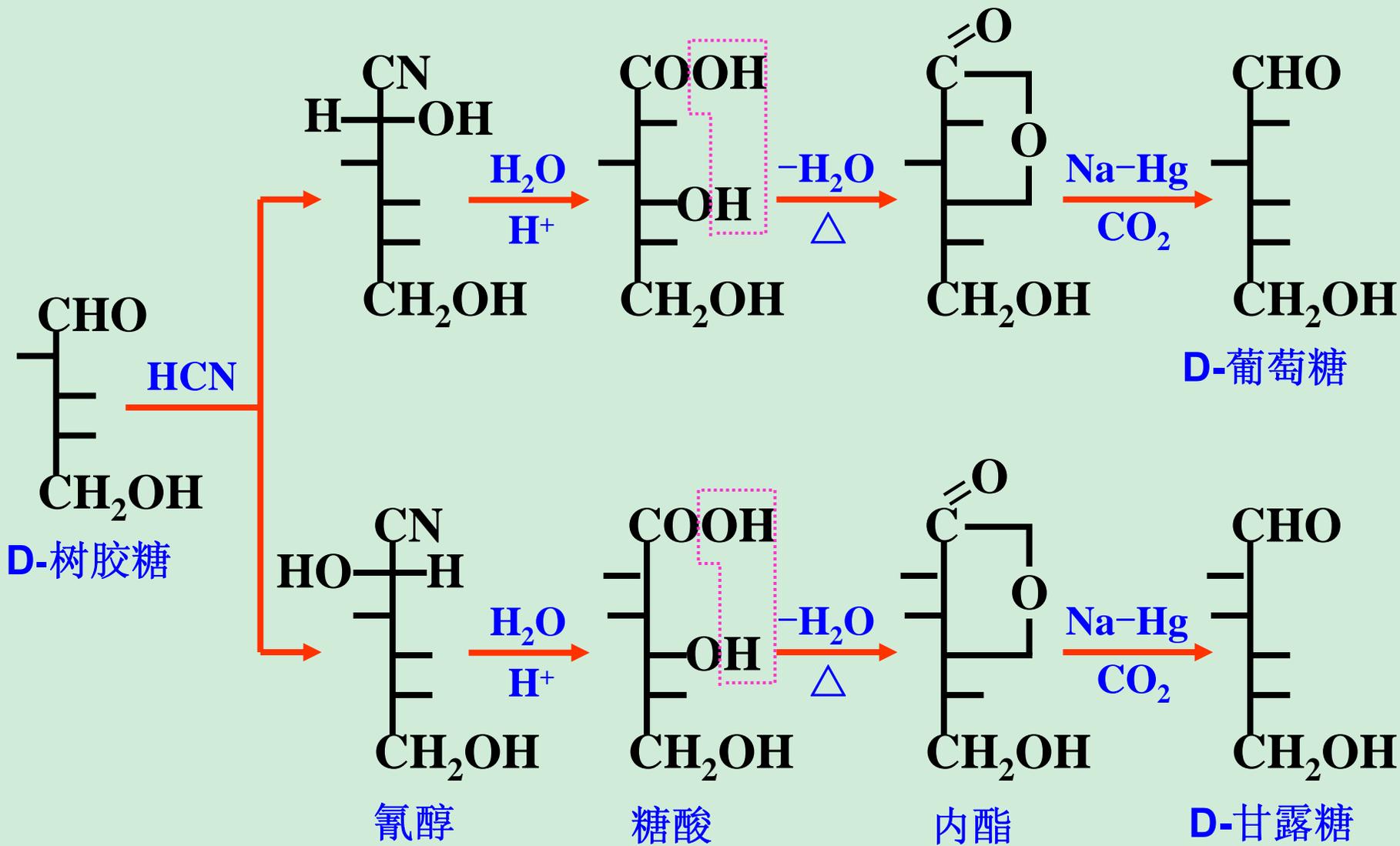
递升——将一个**醛糖**变成多一个**碳原子醛糖**的过程。

递降——将一个**醛糖**变成少一个**碳原子醛糖**的过程。

① 递升

1886年吉连尼（H.Kiliani）宣布一个**醛**经与**HCN**加成，然后**水解**可以得到多一个**碳原子**的**醛糖酸**。

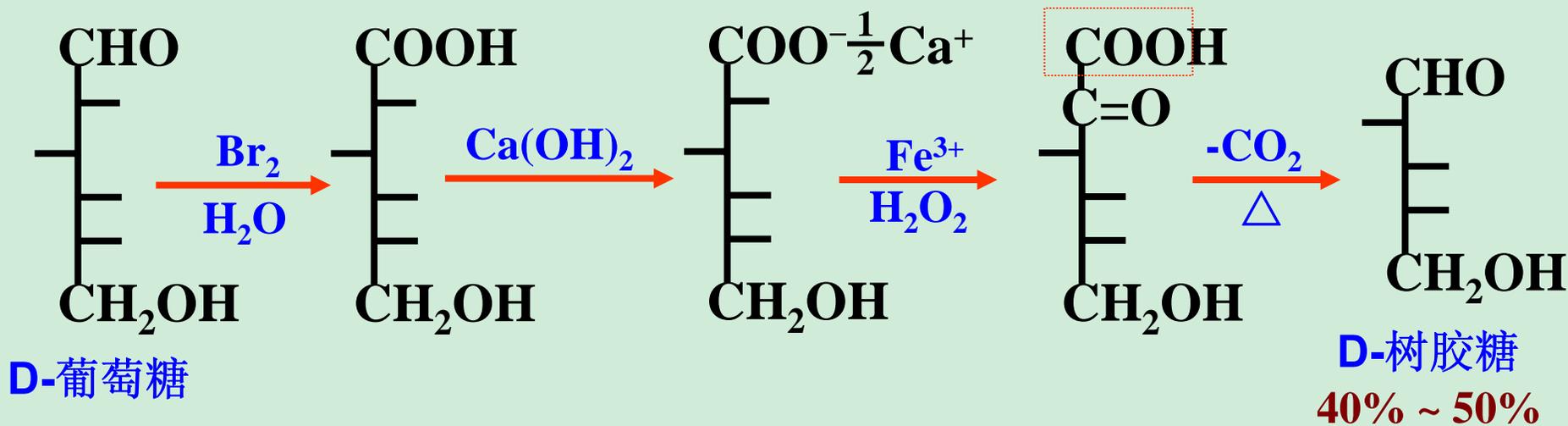
1890年费歇尔（Fischer）将**醛糖酸**以**内酯**的形式**还原**，生成相应的**醛糖**。将这两个**反应**结合起来就可将**醛糖**升级为多一个**碳**的**醛糖**。这一系列的反应叫**吉连尼-费歇尔的合成**。



② 递降

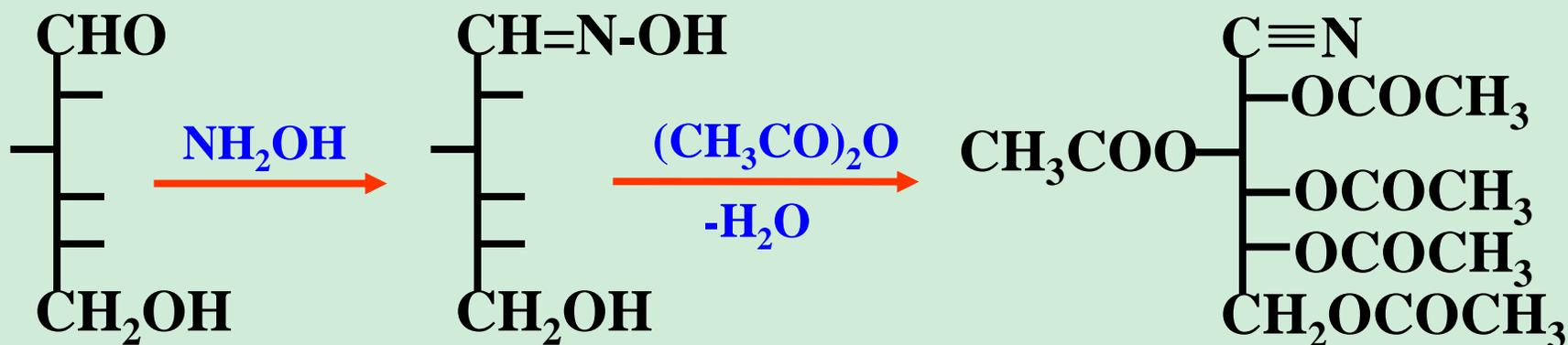
a) 勒夫 (Ruff) 降解法

勒夫**1898**年提出，**醛糖**经**溴水**氧化为**醛糖酸**，然后用**碱**处理得到**糖酸盐**，再在**三价铁盐**存在下，**过氧化氢**氧化**糖酸盐**，发生**碳链的断裂**，生成**低一级的醛糖**。

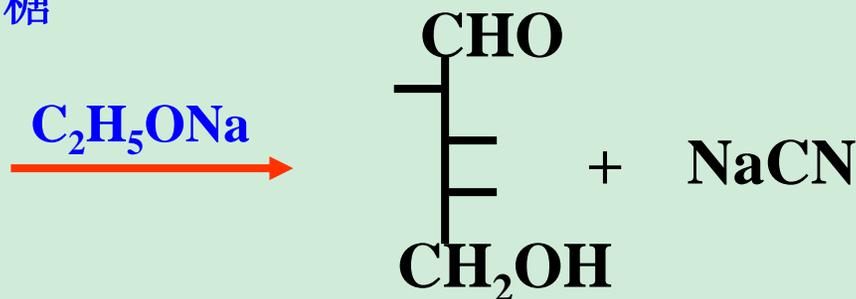


b) 沃尔 (Wohl) 降解法

沃尔在1893年提出，醛糖与羟氨反应生成肟，再用醋酐处理使糖的醛基转化为氰基，氰醇在碱性条件下，失去氢氰酸变为少一个碳的醛糖。



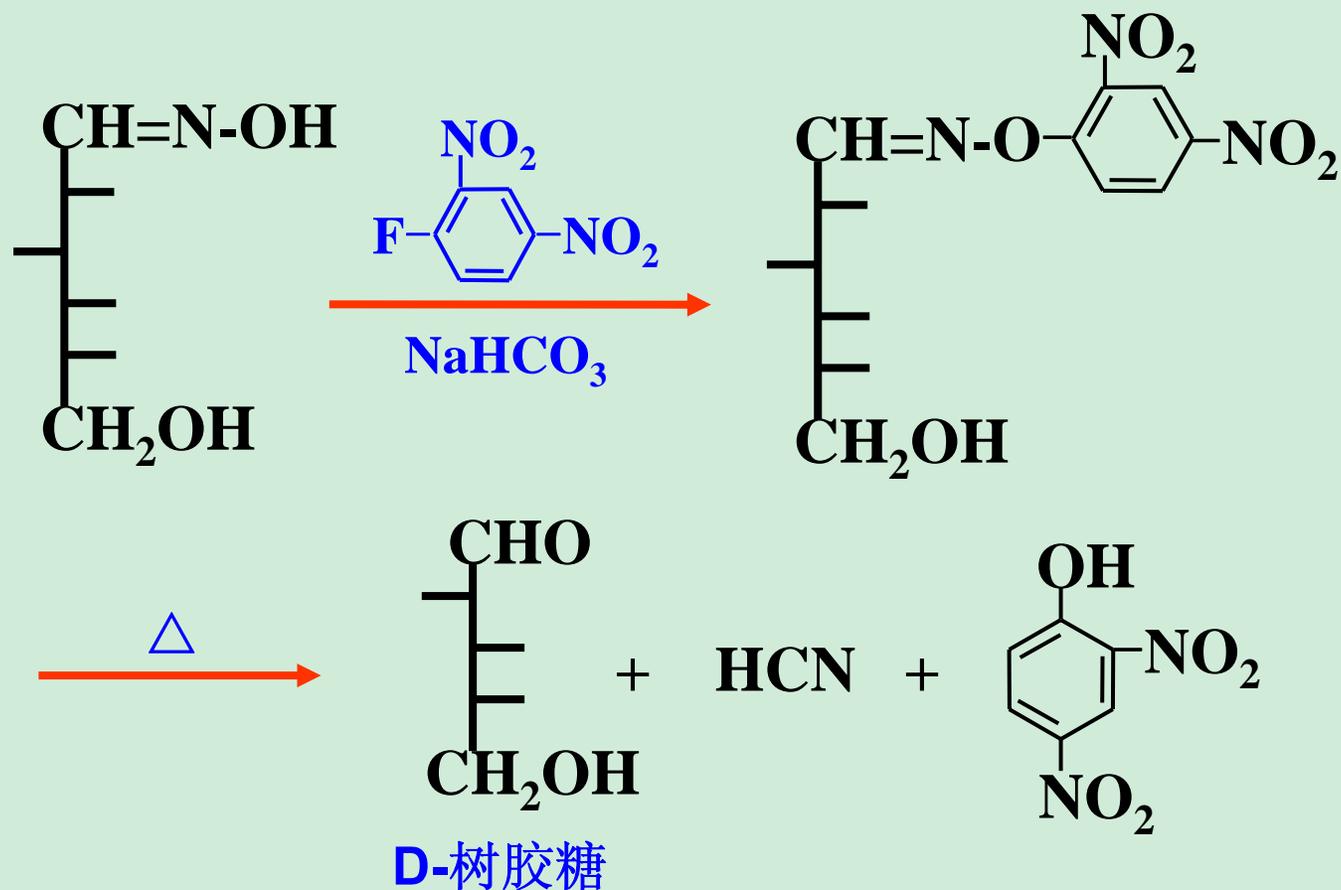
D-葡萄糖



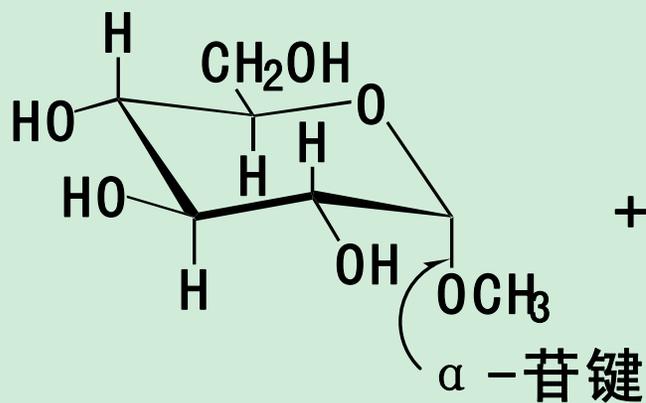
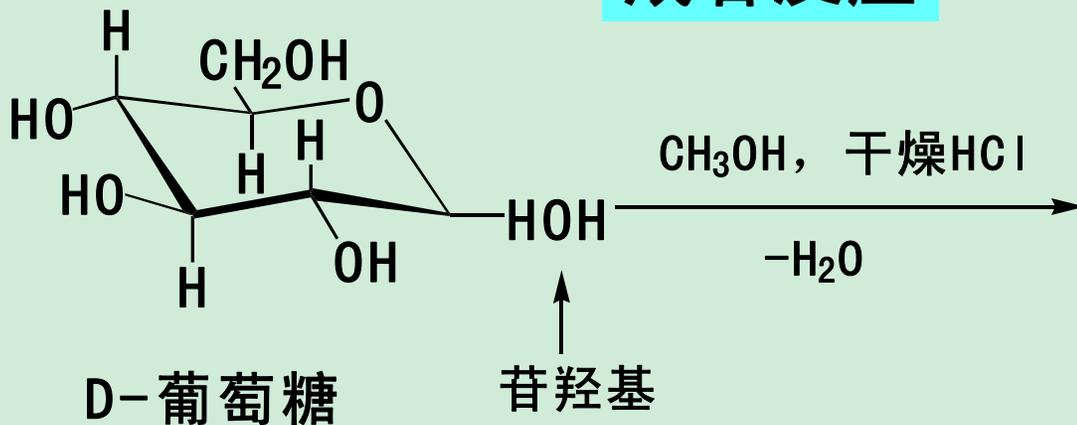
D-树胶糖

47%

有人将沃尔降解法做了改进，将所生成的糖脎溶于 NaHCO_3 水溶液中与2,4-二硝基氟苯反应，然后加热分解就得到低一级的醛糖。

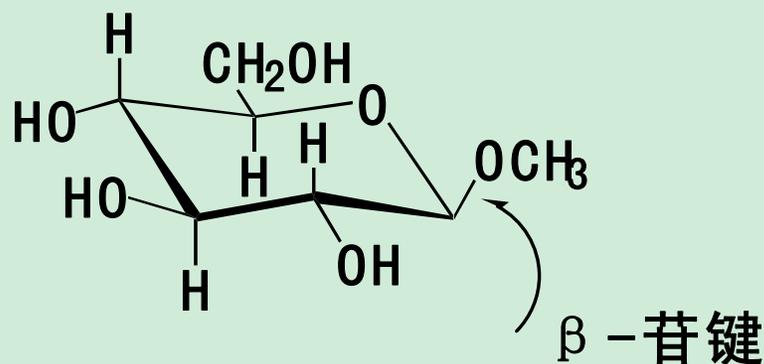


成苷反应

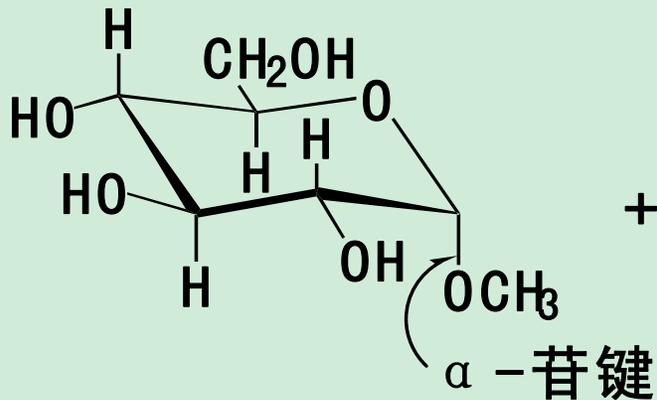


α -D-甲基吡喃葡萄糖苷

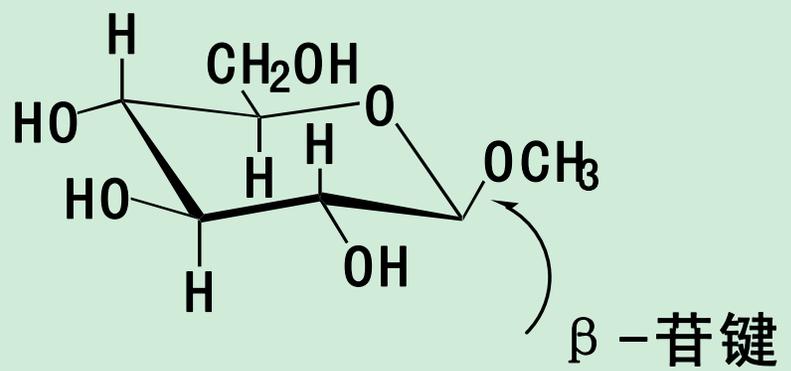
+



β -D-甲基吡喃葡萄糖苷

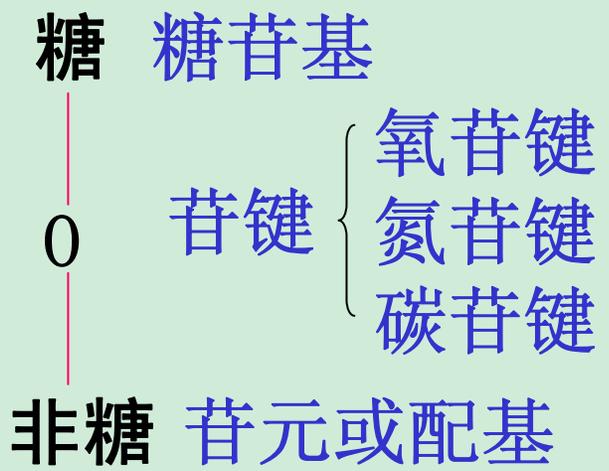


α -D-吡喃葡萄糖甲基苷
α -D-甲基吡喃葡萄糖苷



β -D-吡喃葡萄糖甲基苷
β -D-甲基吡喃葡萄糖苷

糖苷结构分析

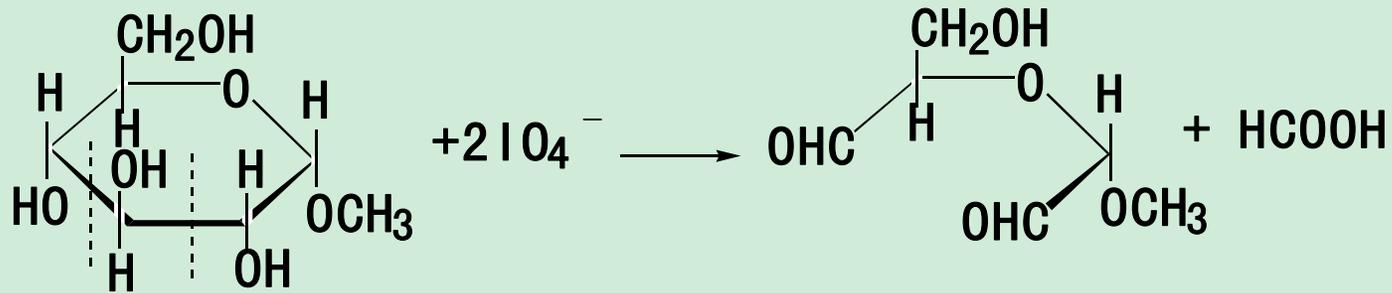


糖苷的命名

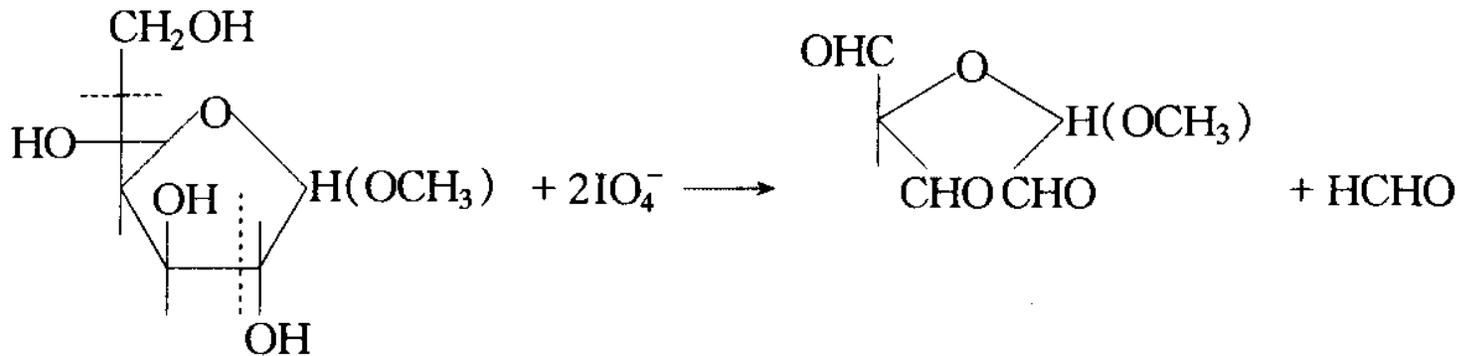
糖名 + 烃基名 + 苷
或 烃基名 + 糖名 + 苷

糖苷的性质

- 1、糖苷的性质似缩醛。
- 2、糖苷无还原性。
- 3、糖苷无变旋光作用。
- 4、糖苷也可被过碘酸氧化
- 5、在酸或酶的催化下水解成原来的糖和非糖部分。



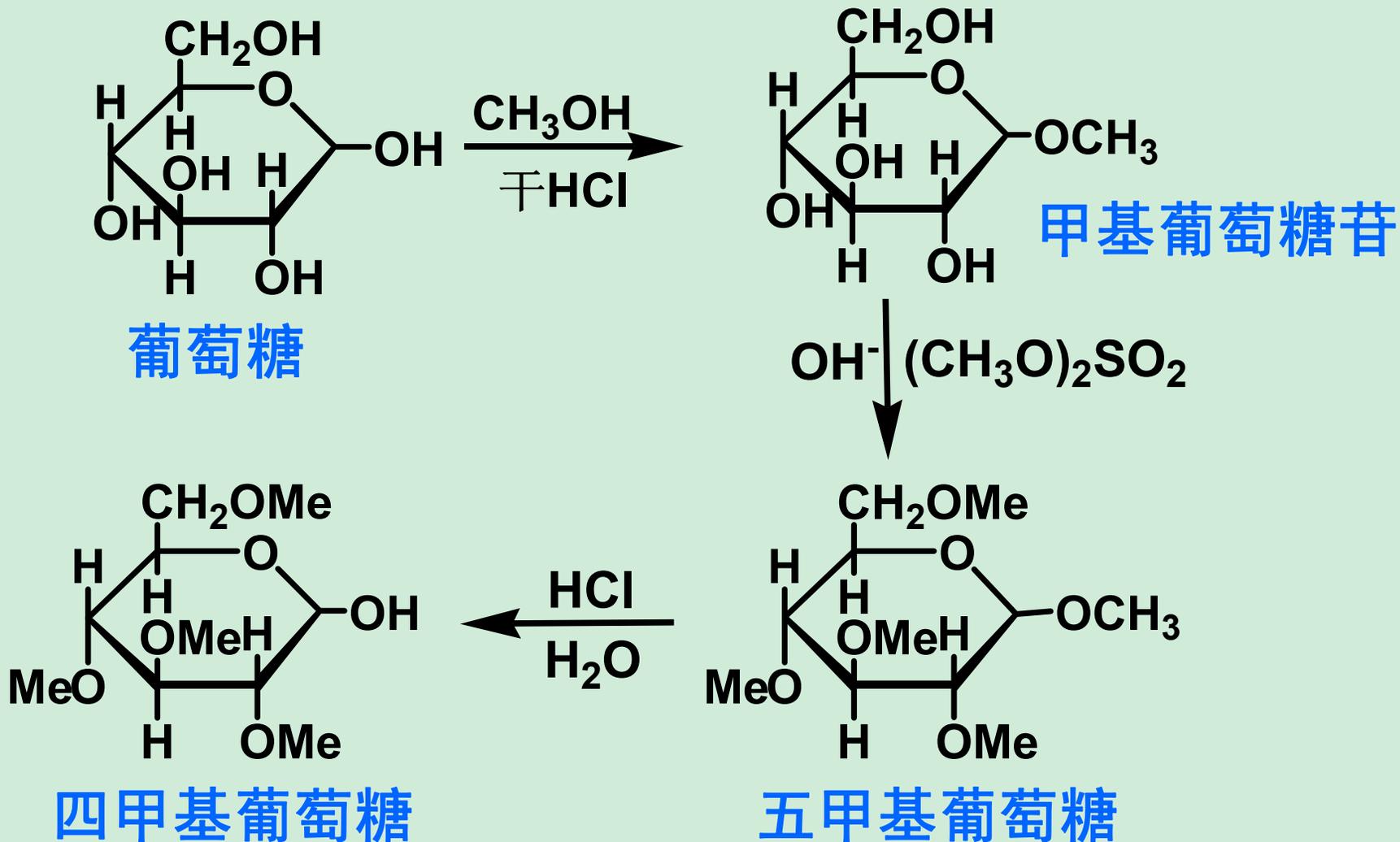
α -D-(+)-吡喃葡萄糖



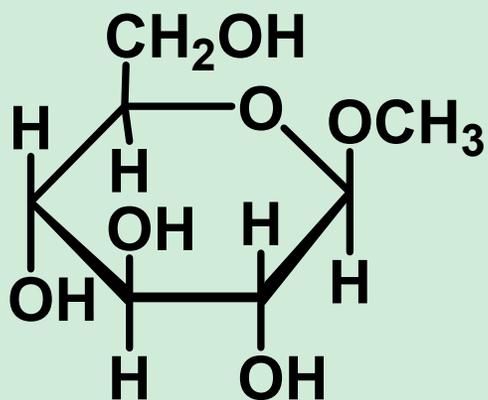
D-甲基呋喃葡萄糖苷

注意几点:

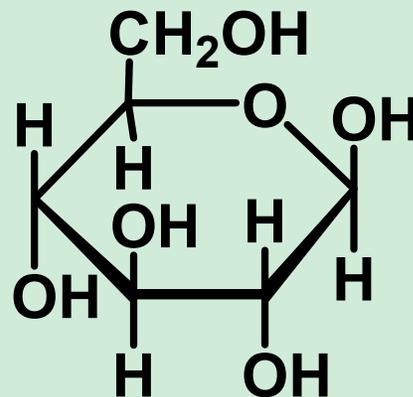
① 苷似醚不是醚，它比一般的醚键易形成，也易水解



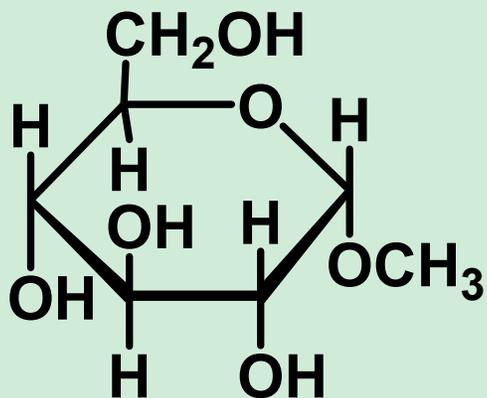
② 苷用酶水解时有选择性



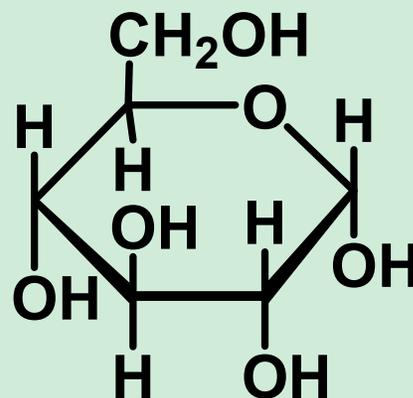
β -D-甲基葡萄糖苷



β -D-葡萄糖

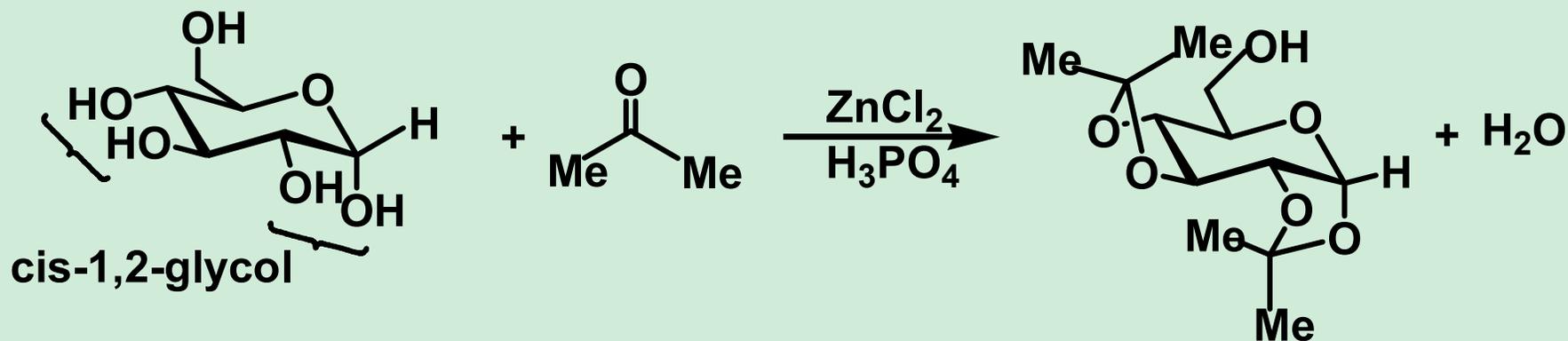
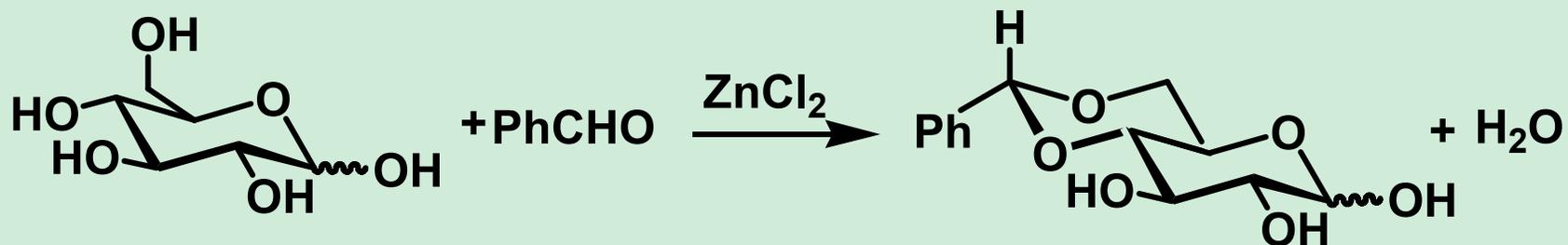


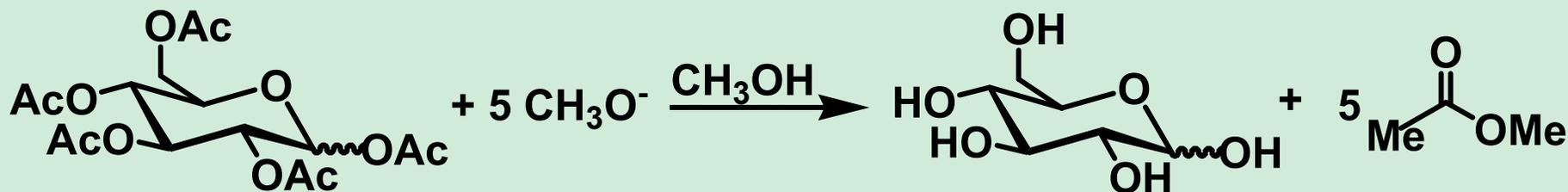
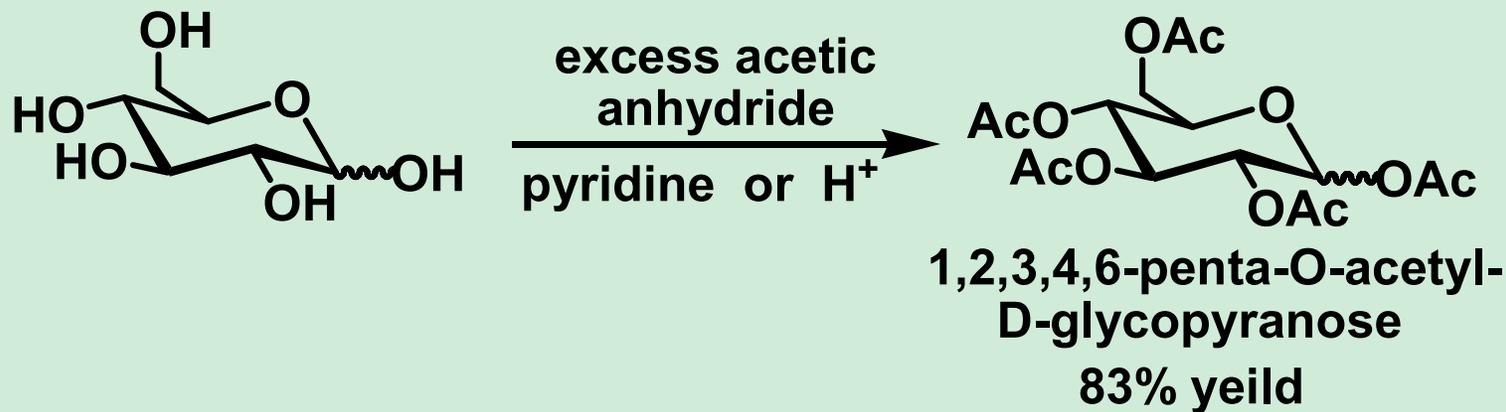
α -D-甲基葡萄糖苷



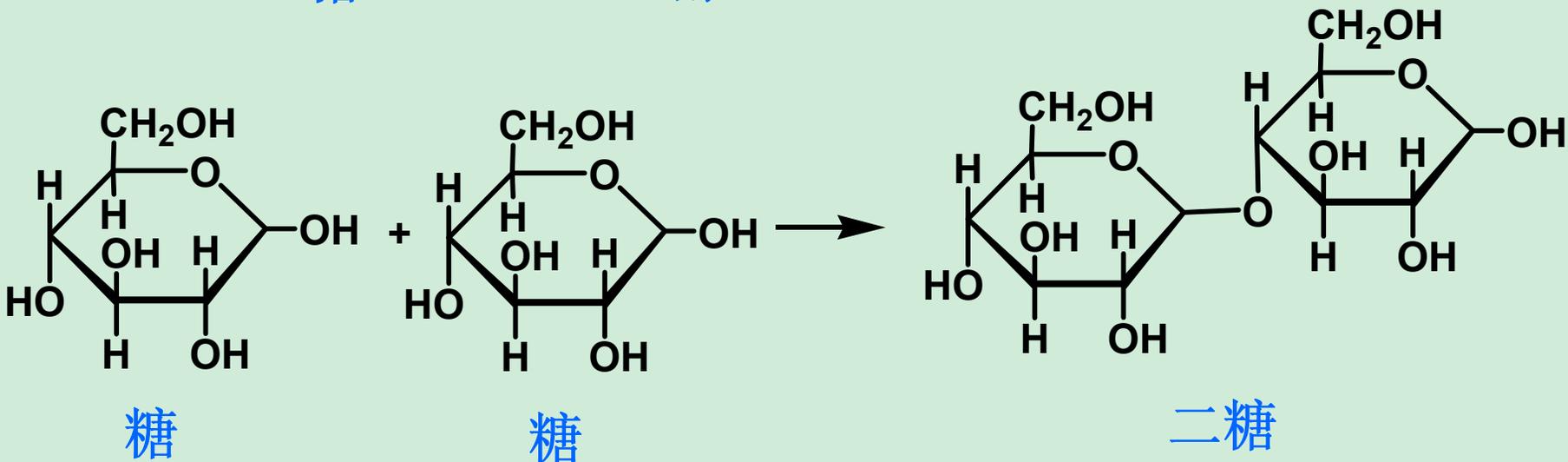
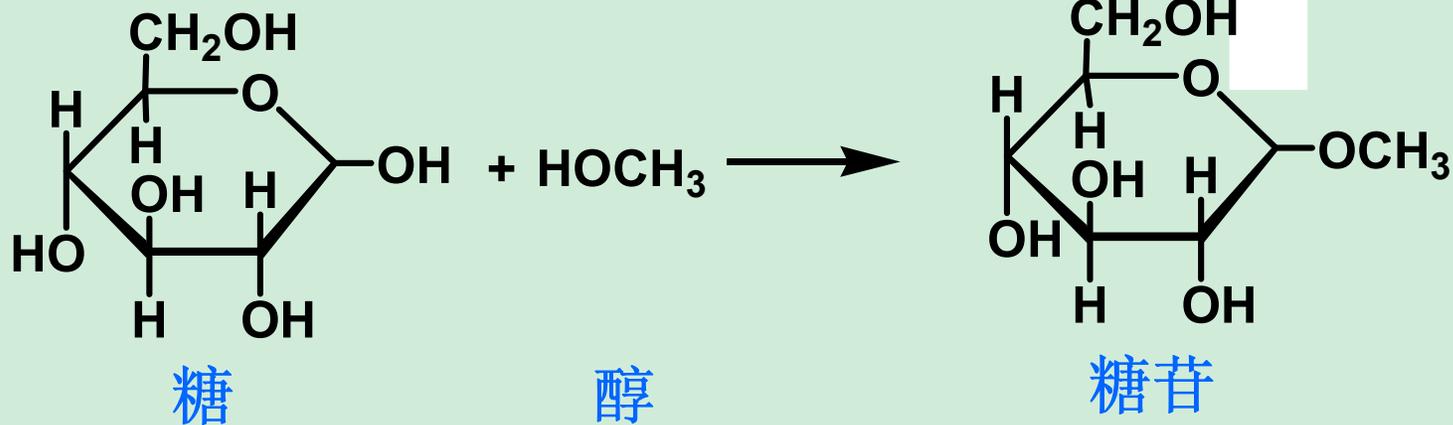
α -D-葡萄糖

Acetal and ketal formation





二糖



可见：二糖是两分子单糖以苷键结合而成的糖苷。

二糖的组成：均二糖、杂二糖

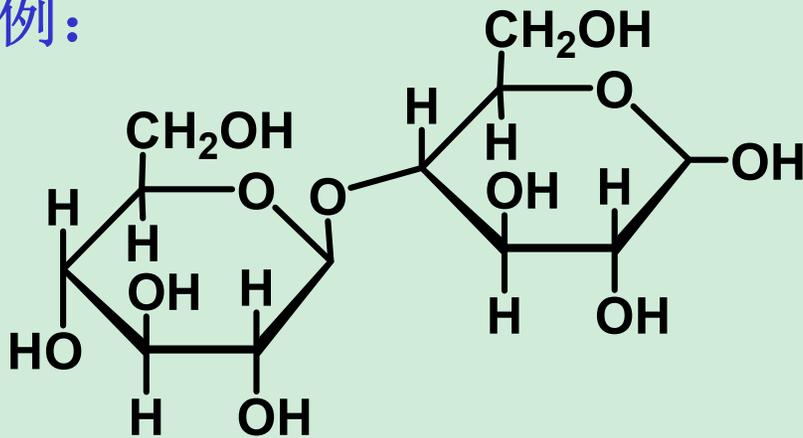
两种苷键：

α -苷键 (α -1, 1; α -1, 2; α -1, 3; α -1, 4)

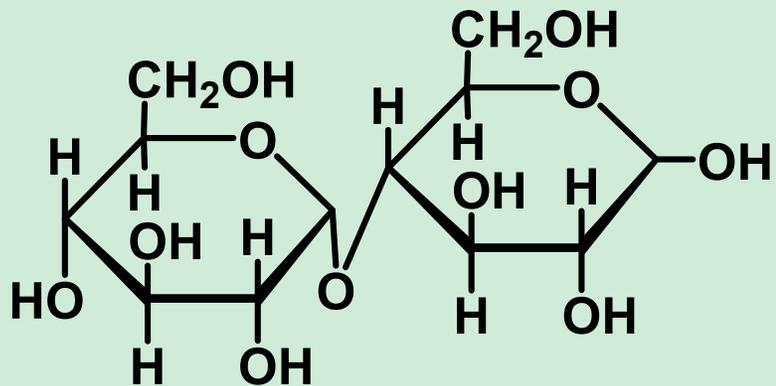
β -苷键 (β -1, 1; β -1, 2; β -1, 3; β -1, 4)

两种脱水方式：
半缩醛羟基间脱水→非还原糖
半缩醛羟基与醇羟基间脱水→还原糖

例：



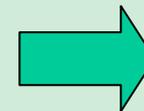
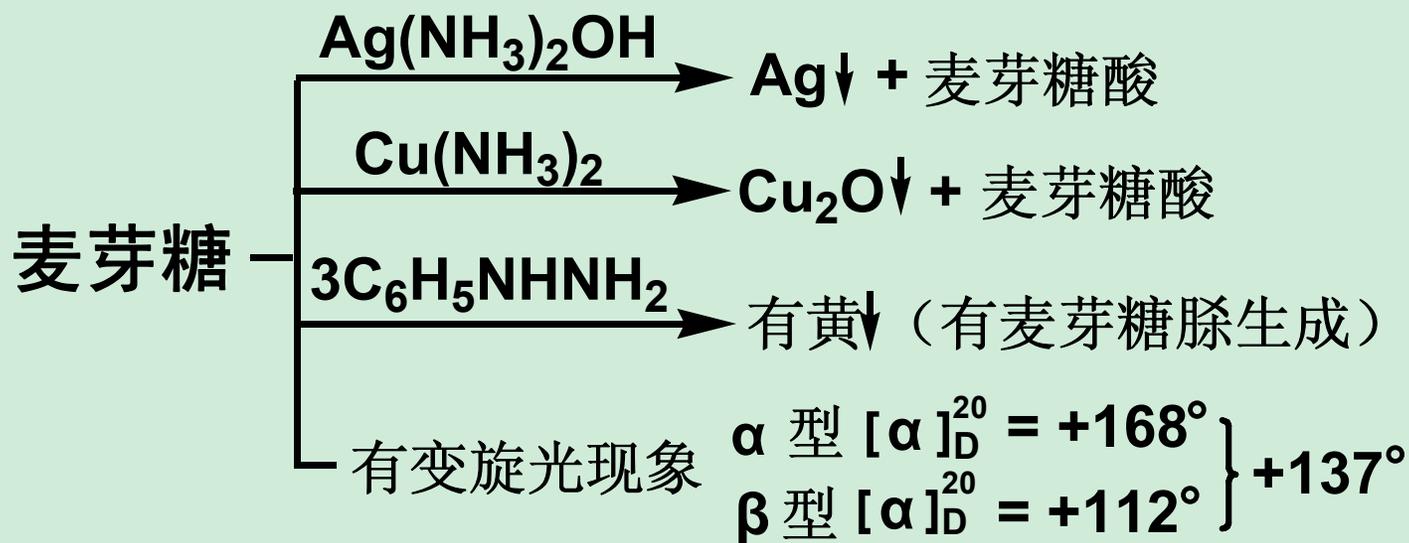
β -1, 4-苷键



α -1, 4-苷键

麦芽糖

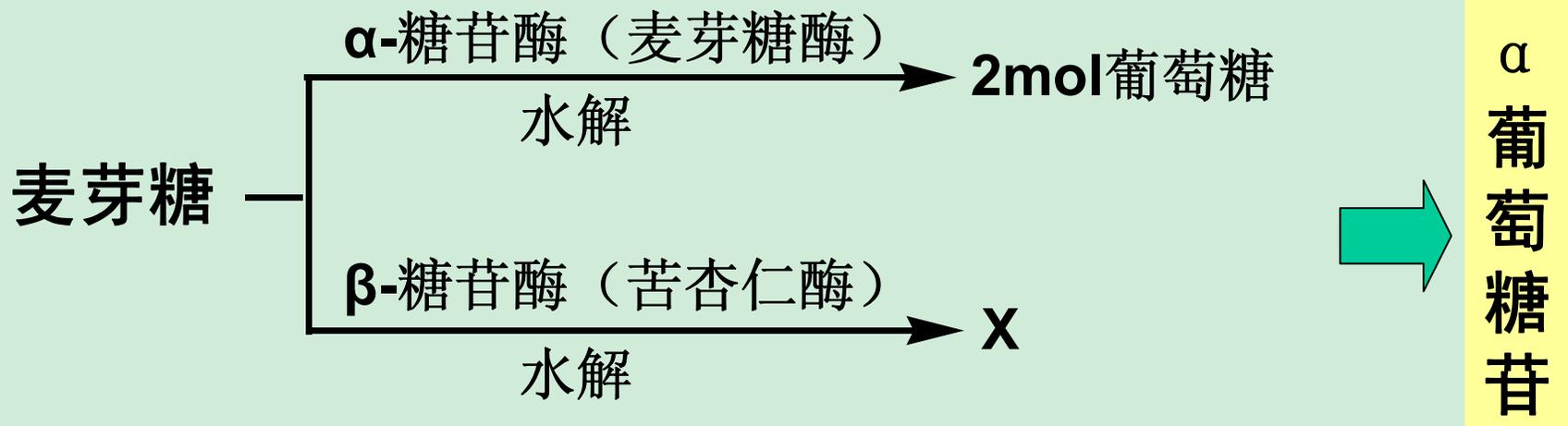
1. 来源 在淀粉酶催化下由淀粉水解而得。
2. 性质 与葡萄糖相似

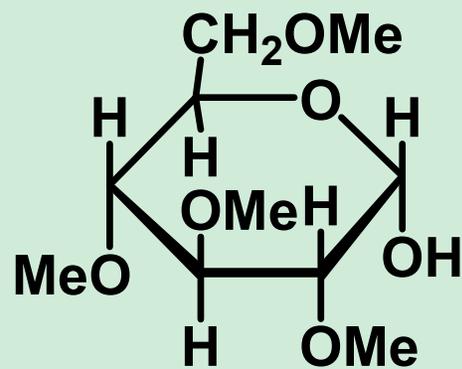
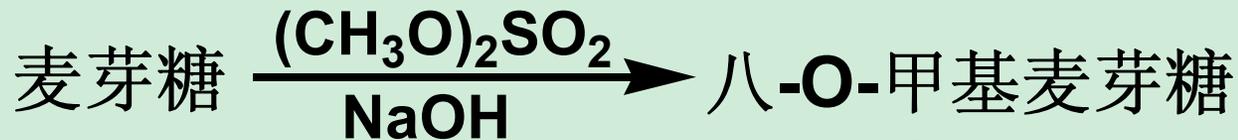
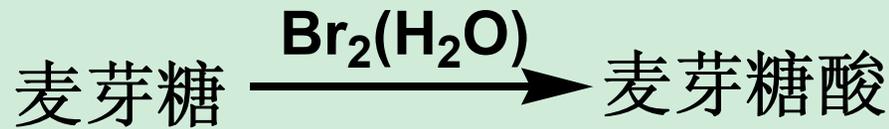


有游离苷羟基

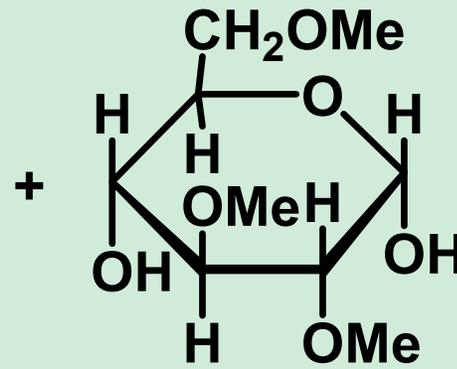
3. 麦芽糖的结构

麦芽糖水解时得两分子葡萄糖（说明是有两分子葡萄糖缩合而成）。

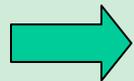




2,3,4,6-四-O-甲基
-D-葡萄糖



2,3,6-三-O-甲基
-D-葡萄糖

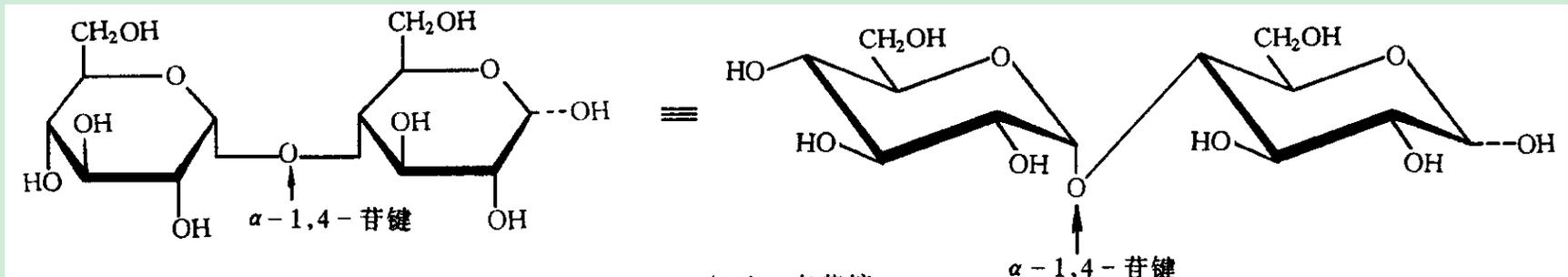


麦芽糖为 α -1,4 苷键结合

(+)-麦芽糖

糖单元: D-葡萄糖 \implies 均二糖

苷键: α -1,4-苷键 \implies 还原糖



4-O-(α -D-吡喃葡萄糖苷基)-D-吡喃葡萄糖

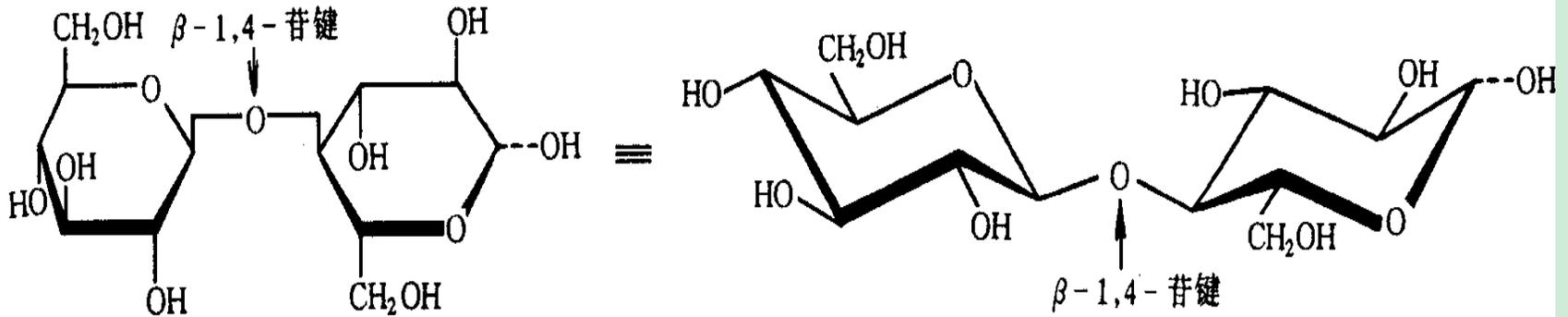
- 性质:
- 1、具有还原性。
 - 2、有变旋光现象。
 - 3、可生成糖脎。
 - 4、稀酸和酶可催化水解。

麦芽糖酶水解 α -苷键, 苦杏仁酶水解 β -苷键。

(+)-纤维二糖

结构单位：D-葡萄糖

苷键类型： β -1,4-苷键



(+)-纤维二糖

4-O-(β -D-吡喃葡萄糖苷基)-D-吡喃葡萄糖

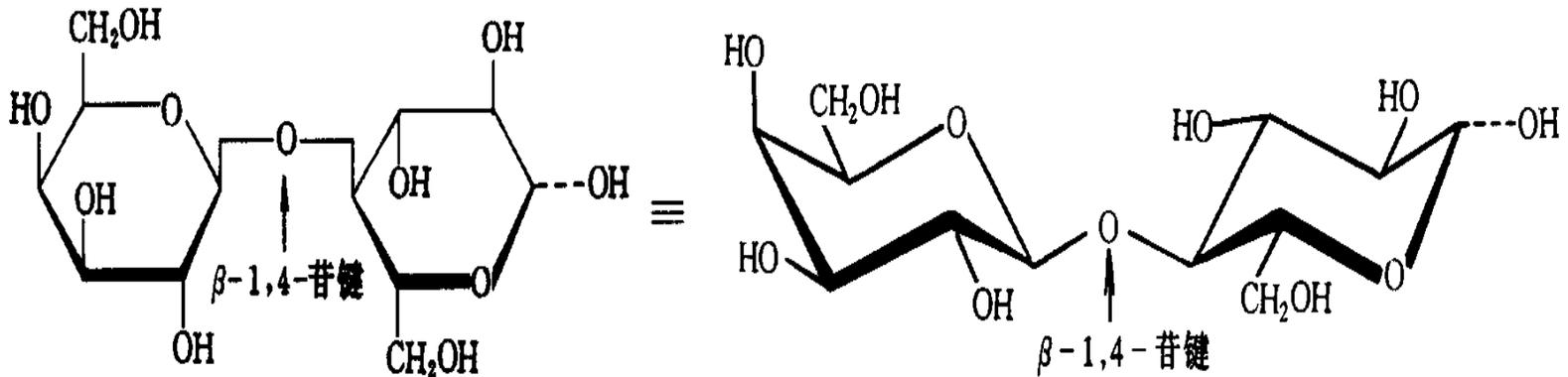
(+)-纤维二糖
(+)-麦芽糖

结构上的区别：**苷键构型不同。**

乳糖

结构单位： β -D-吡喃半乳糖，D-葡萄糖

苷键类型： β -1,4-苷键



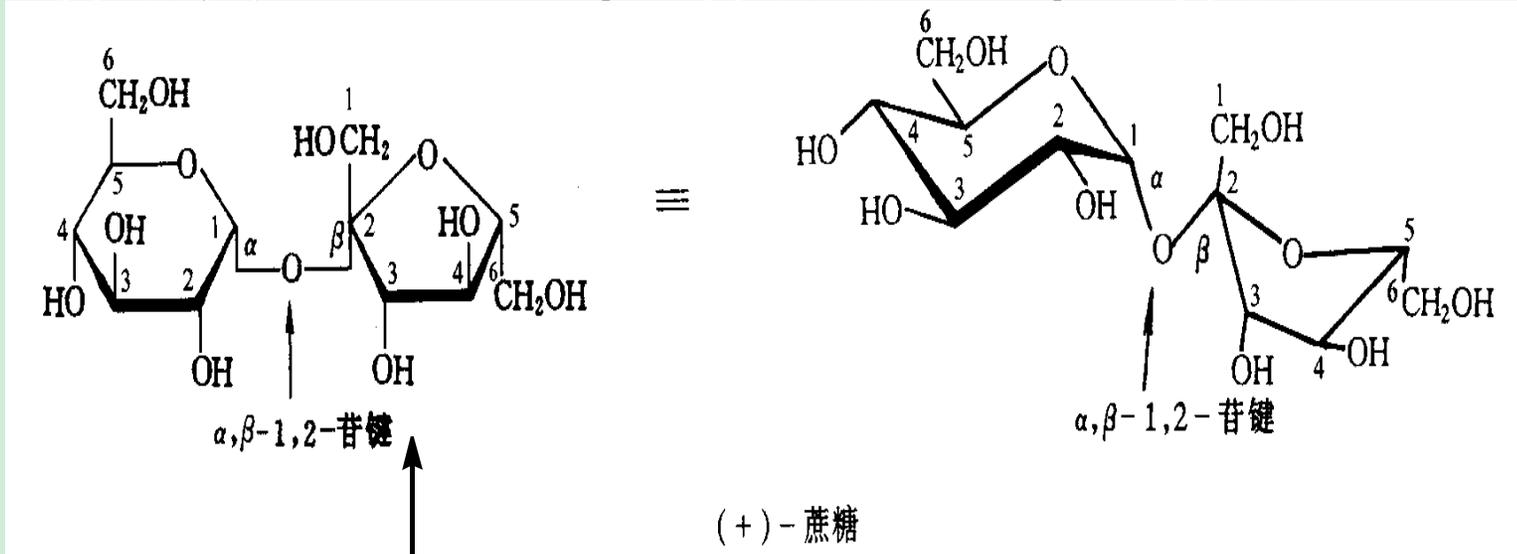
(+)-乳糖

4-O-(β -D-吡喃半乳糖苷基)-D-吡喃葡萄糖

蔗糖

结构单位： α -D-吡喃葡萄糖， β -D-呋喃果糖

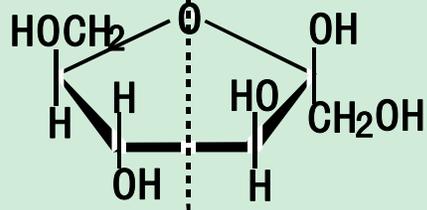
D-苷键类型： α -1,2-苷键或 β -2,1-苷键



(+)-蔗糖

α -D-吡喃葡萄糖苷基
 β -D-吡喃葡萄糖苷

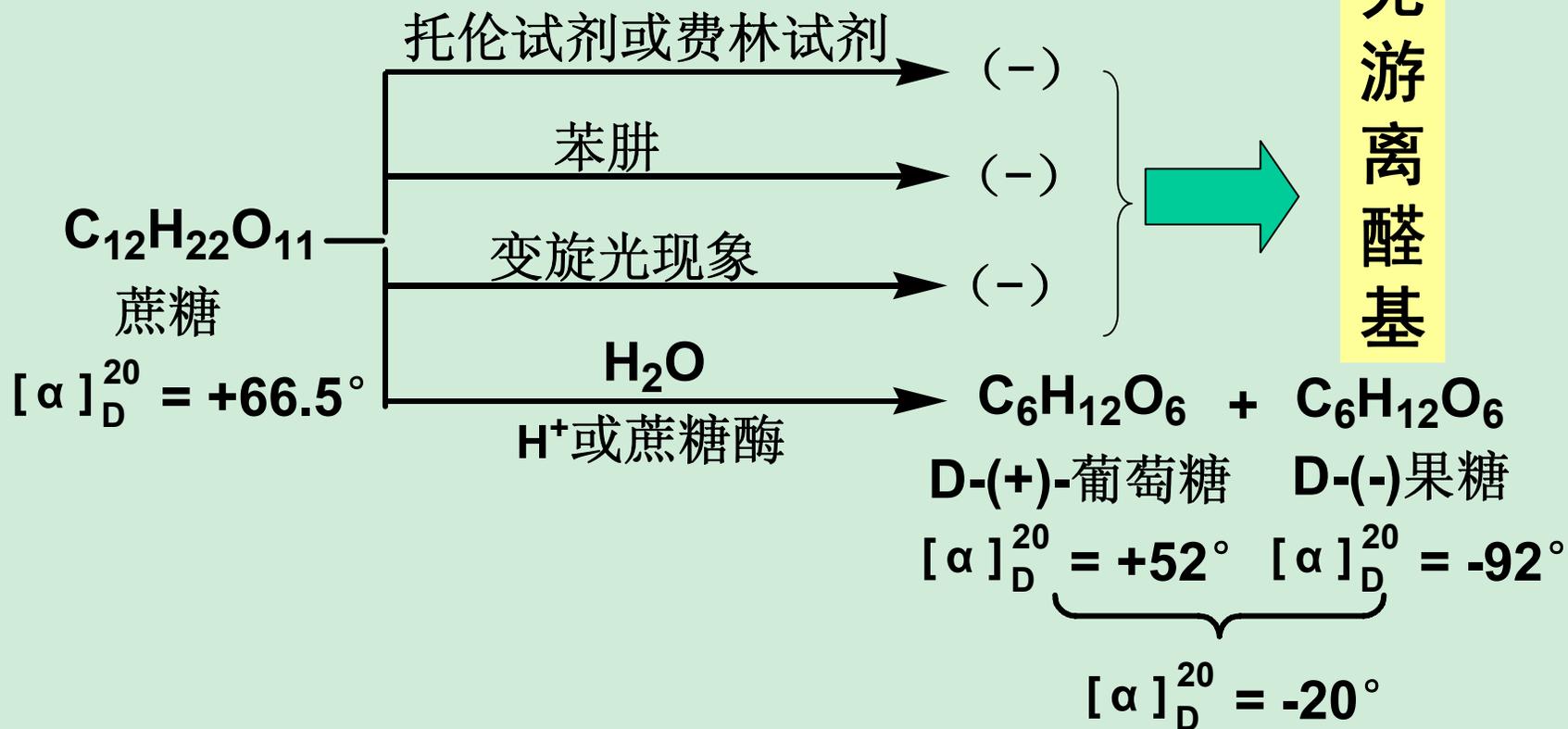
平面翻转



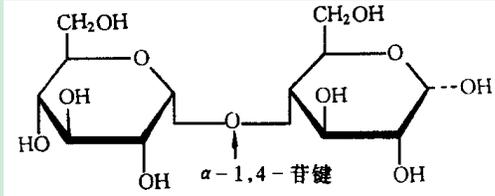
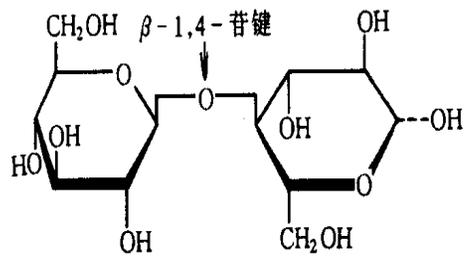
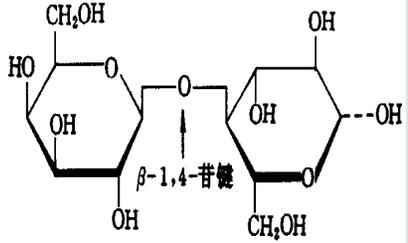
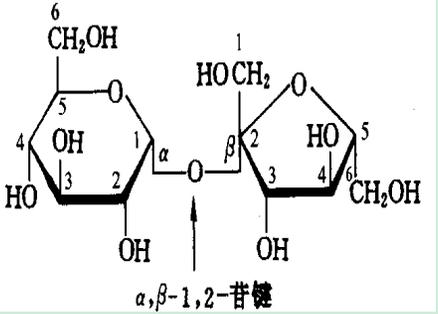
性质：1、无还原性。

2、酸催化水解 $+62.5^{\circ} \rightarrow -19.9^{\circ}$

2. 蔗糖的性质

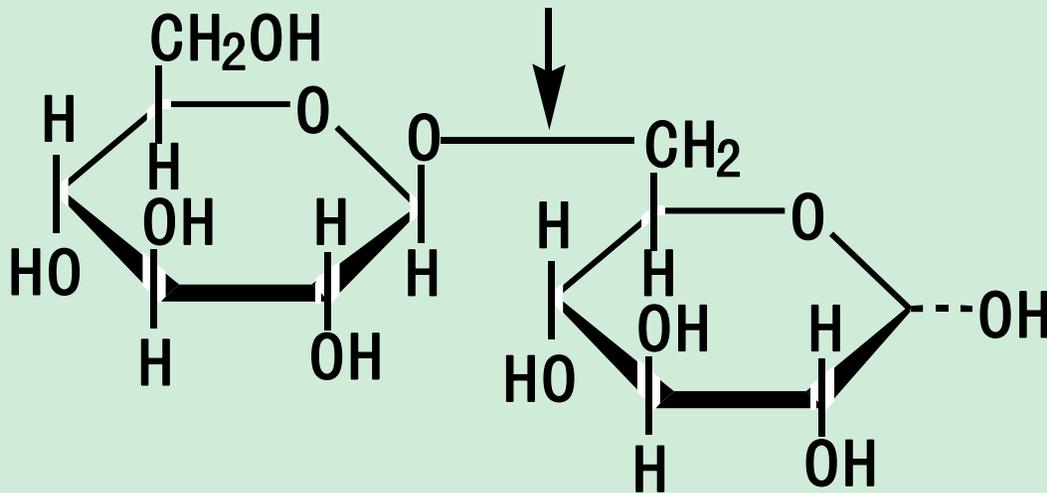


- 水解前后旋光度发生改变（由右旋变为左旋），
- 蔗糖的水解产物叫做转化糖，
- 转化糖具有还原糖的一切性质。

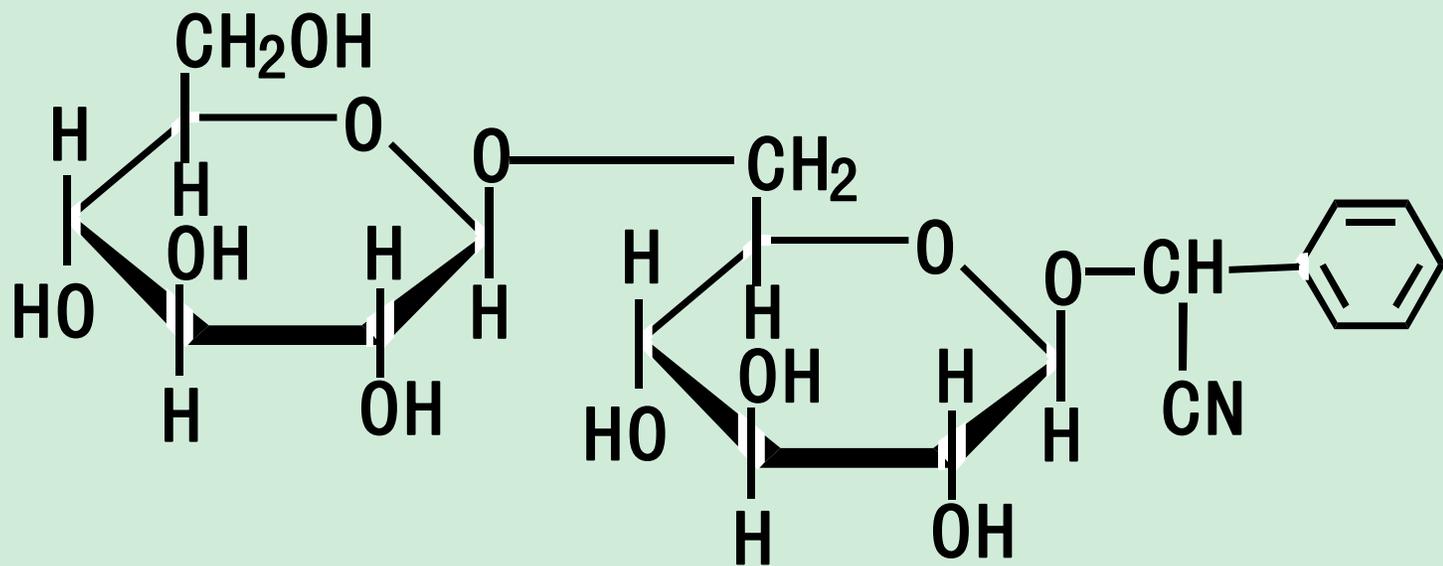
名称	结构单位	苷键类型	结构式
麦芽糖	D-葡萄糖	α -1,4-苷键	
纤维二糖	D-葡萄糖	β -1,4-苷键	
乳糖	β -D-吡喃半乳糖, D-葡萄糖	β -1,4-苷键	
蔗糖	α -D-吡喃葡萄糖, β -D-呋喃果糖	α -1,2-苷键 或 β -2,1-苷键	

龙胆二糖

β -1,6-苷键

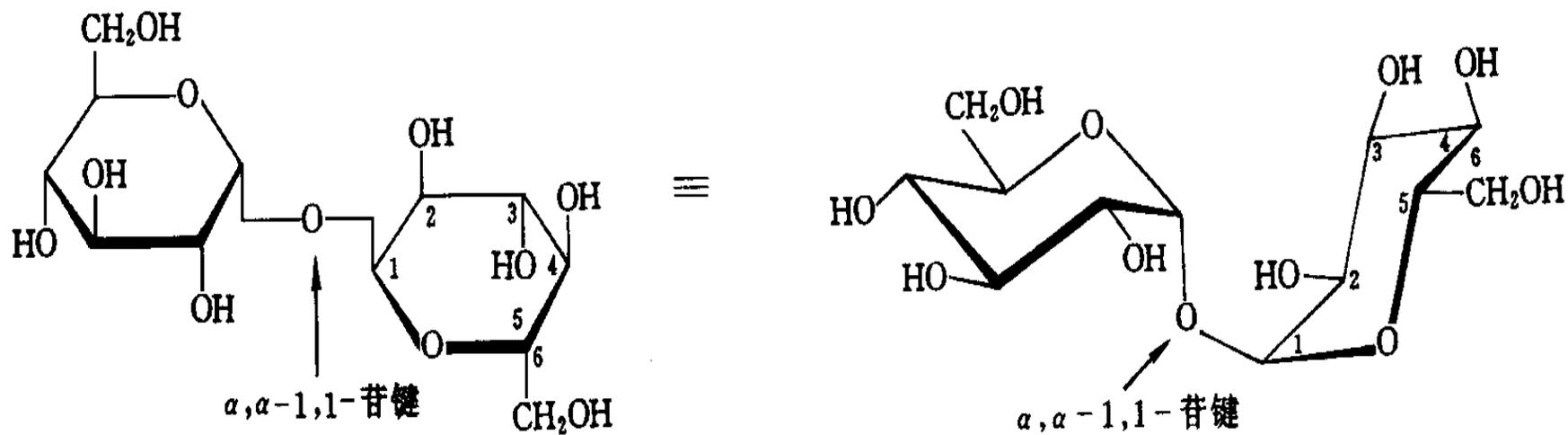


6-O- (β -D-吡喃葡萄糖苷基) -D-吡喃葡萄糖



苦杏仁苷或扁桃苷

海藻糖



(+)-海藻糖

α -D-吡喃葡萄糖苷基- α -D-吡喃葡萄糖苷

多糖

多糖 { 均多糖：最终水解产物是一种单糖
杂多糖：最终水解产物是两种以上单糖或单糖衍生物

基本结构单位：单糖

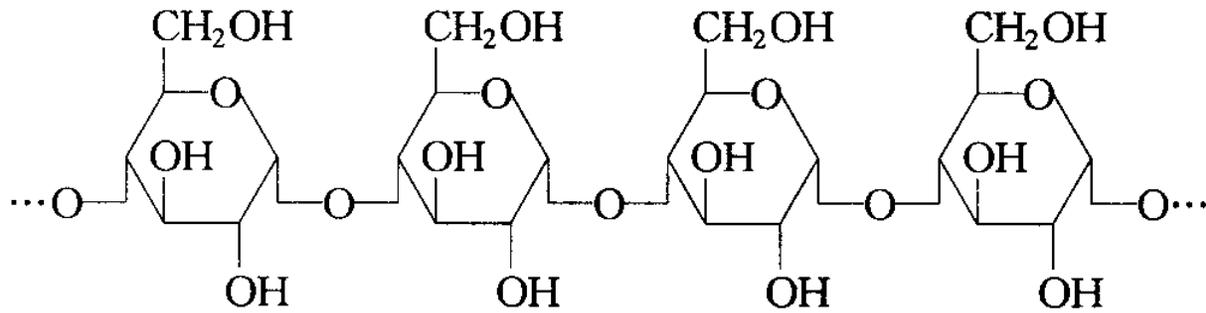
常见的苷键类型：
 α -1,4-苷键，
 α -1,6-苷键，
 β -1,4-苷键

多糖的性质：无还原性和变旋光现象，
不溶于水或与水形成胶体溶液。
多糖具有重要的生物活性

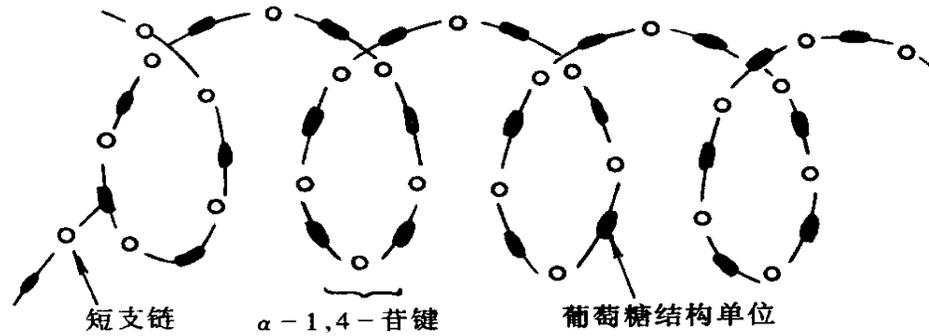
淀粉

	直链淀粉	支链淀粉
含量	20~25%	75~80%
溶解性	不溶于冷水 溶于热水	热水中可膨胀 成糊状
苷键	α -1,4-苷键	α -1,4-苷键 α -1,6-苷键
空间排列	有规律的螺旋状	多分支
最终水解	D-葡萄糖	D-葡萄糖
与碘作用	紫蓝色	紫红色

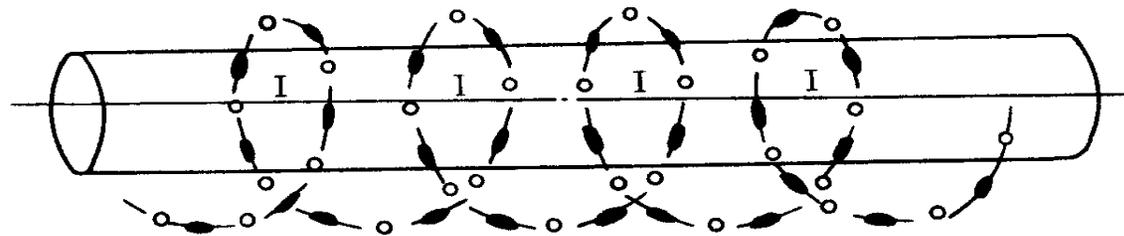
直链淀粉



直链淀粉的结构式

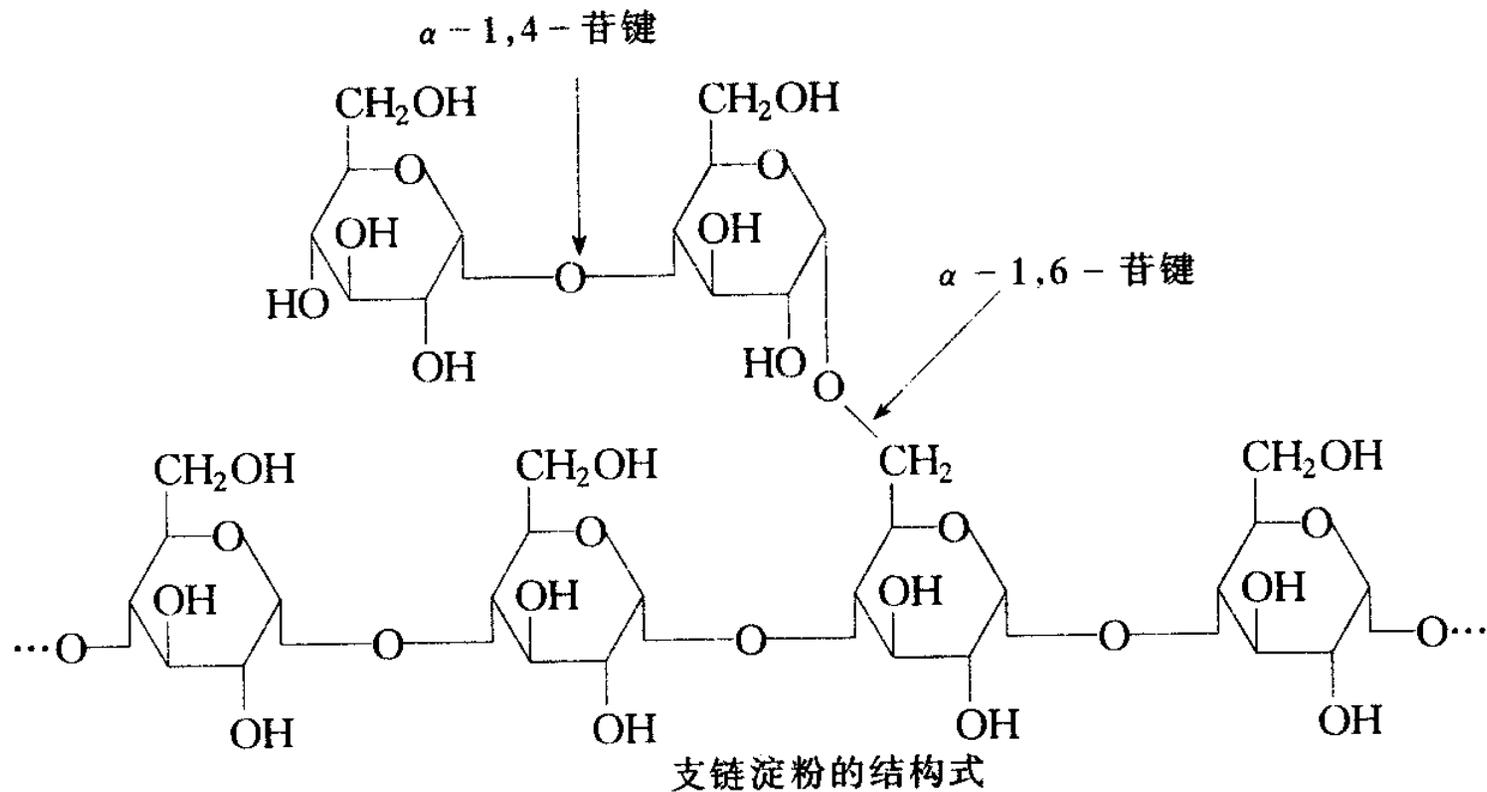


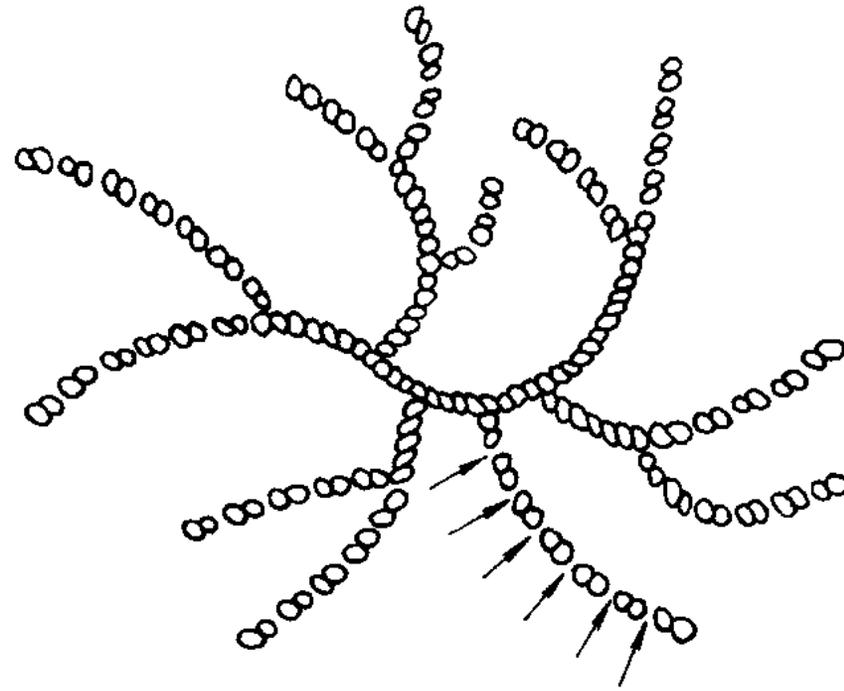
直链淀粉的形状示意图



碘-淀粉结构示意图

支链淀粉





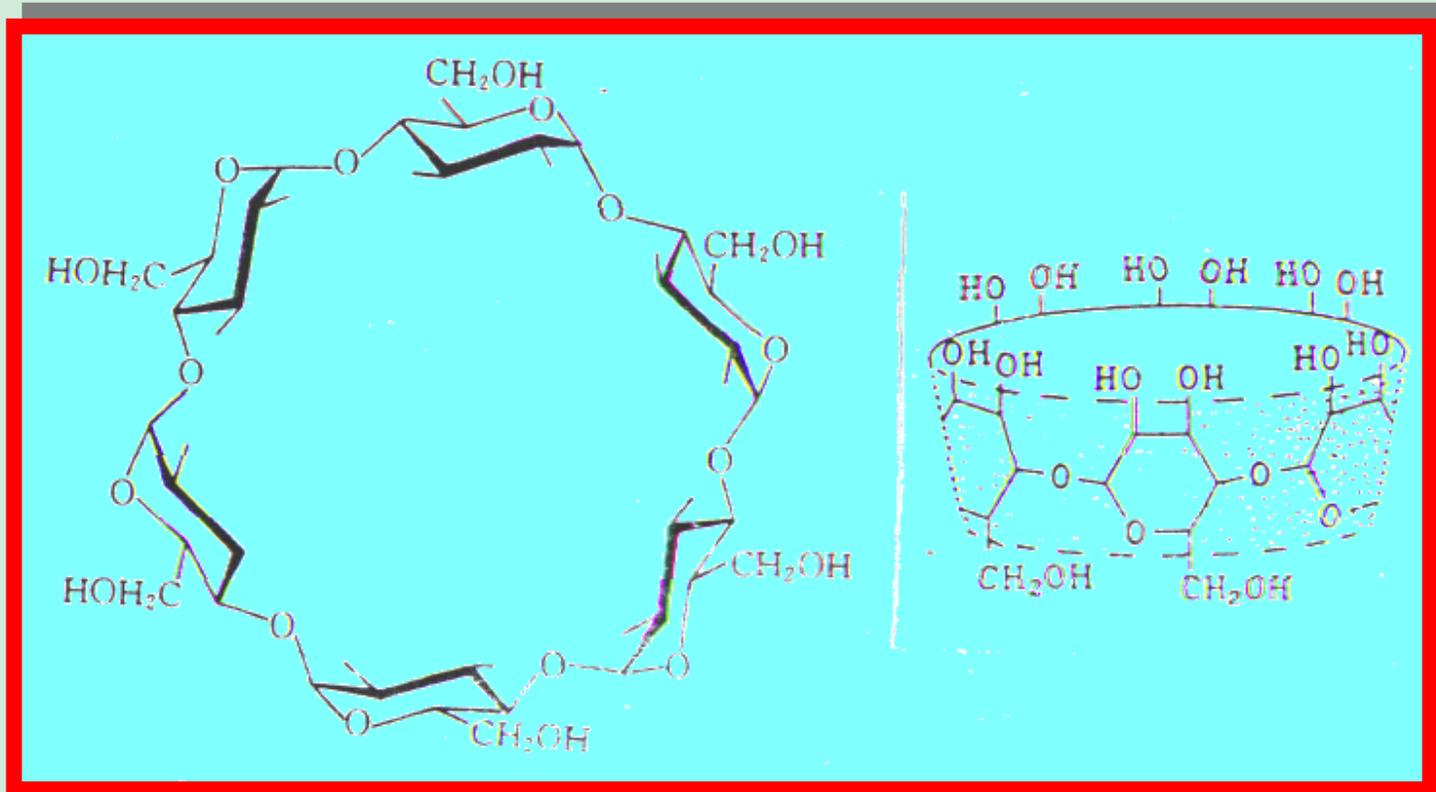
支链淀粉结构示意图(每一个圆圈代表一个葡萄糖单位,
∞代表麦芽糖单位,箭头所指处为可被淀粉酶水解的部分)

淀粉的水解情况如下:

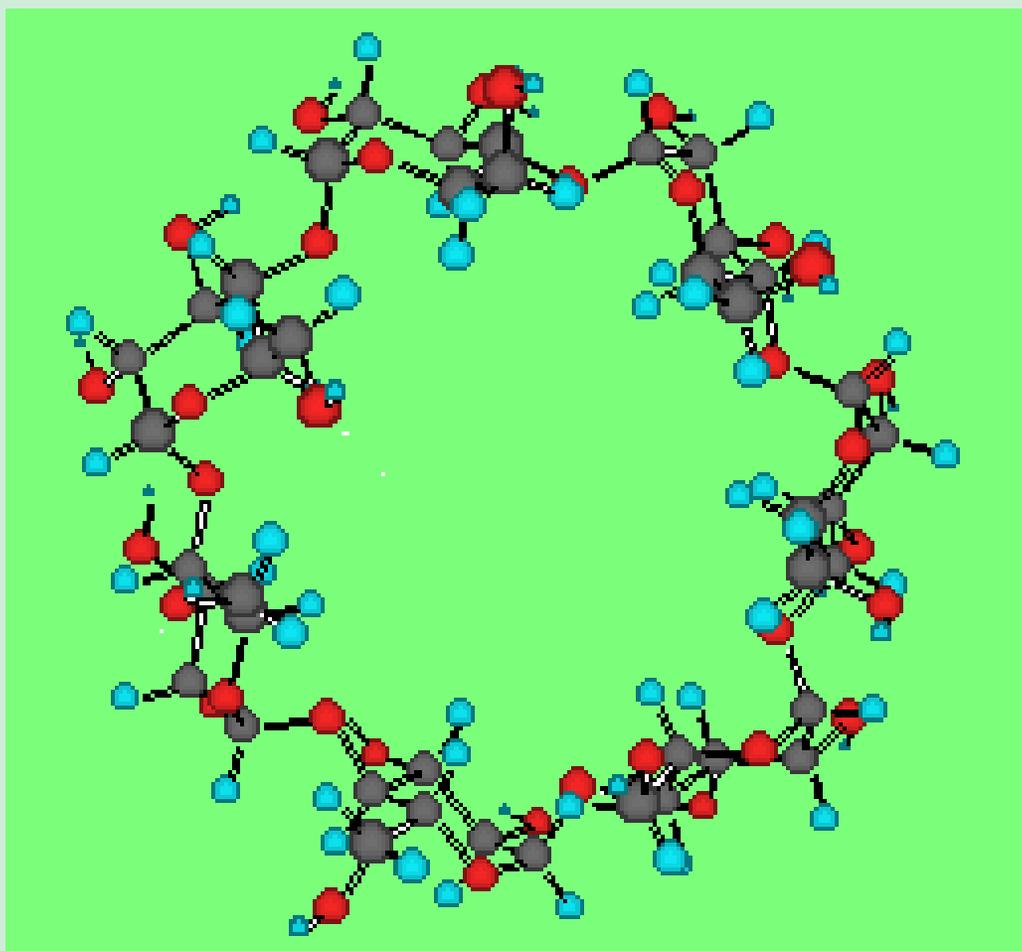
淀粉 → 红糊精 → 无色糊精 → 麦芽糖 → 葡萄糖

环糊精 (Cyclodextrins)

是6-12个D-葡萄糖用 α -1, 4苷键连结而成的环状淀粉



环糊精 (Cyclodextrins)



结构特点:

圆筒状；外缘亲水、内腔疏水，即具有极性的外侧和非极性的内侧；有手性。

环糊精中间的空穴可以包含适当大小的有机物而溶于水溶液中

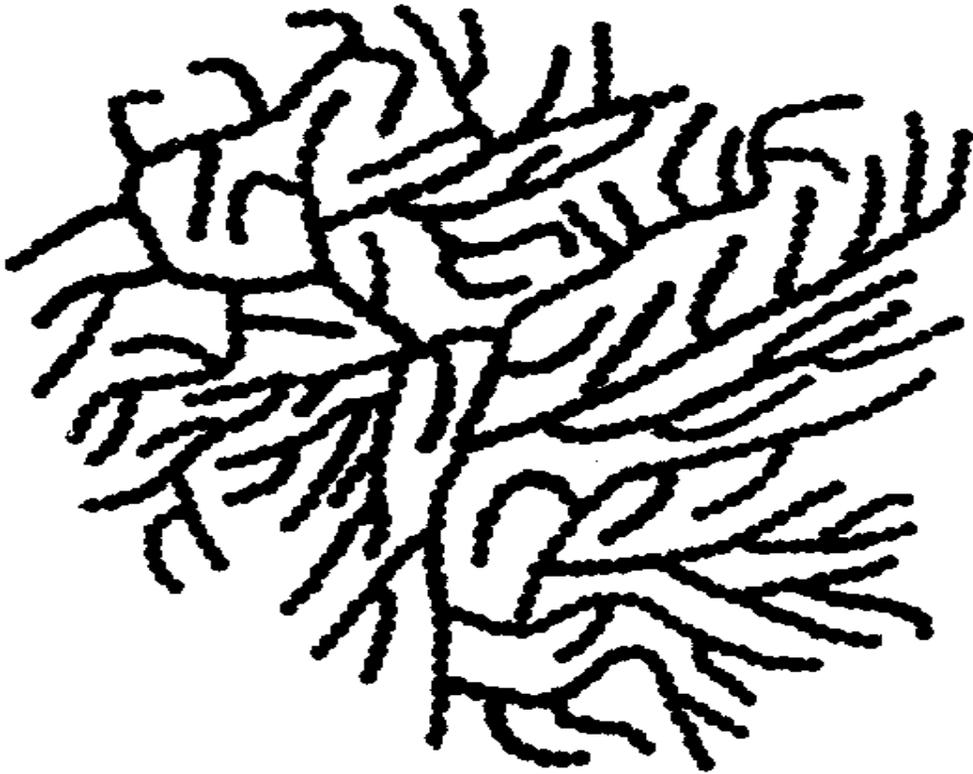
• 环糊精的性能与应用

- 形成主客体包合物，具有一定的选择识别能力；
- 用作相转移催化剂；
- 分离旋光异构体；
- 增加反应的立体选择性与区域选择性被用于有机合成；

酶模型、食品添加剂、分析增效剂、电化学生物传感器、色谱固定相、提高药物生物利用度、环境中有机污染物的富集和去除、乳化剂、抗氧化剂等等。

糖原

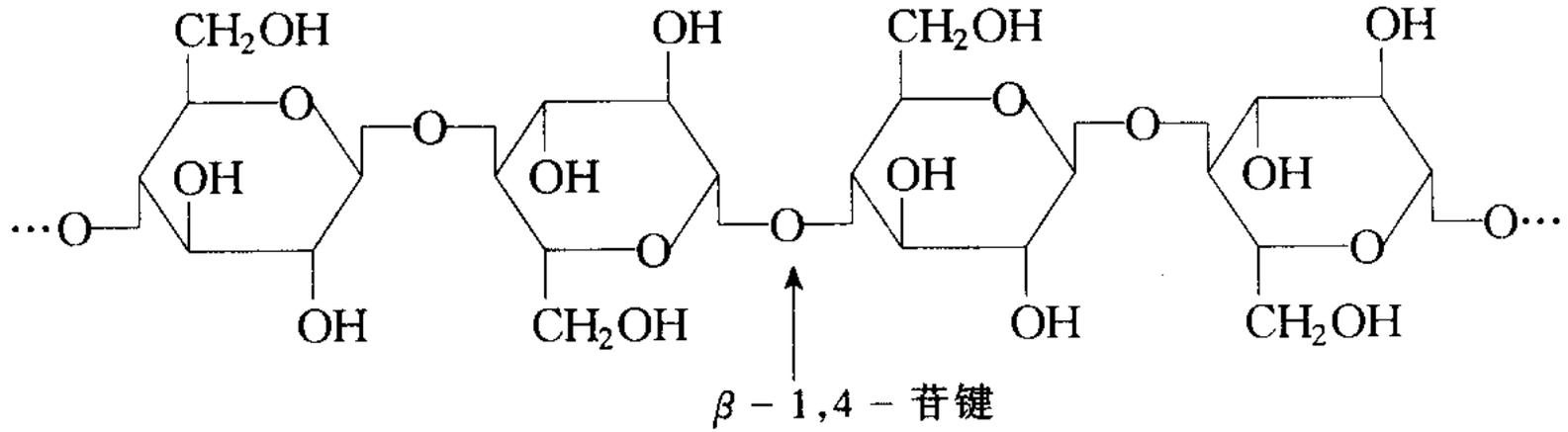
糖原：（动物淀粉）
┌ 肝糖原
└ 肌糖原



糖原的分支结构示意图

糖原的结构似支链淀粉，但分支程度更高，糖原是无定形粉末，易溶于水而不成糊状，与碘显红色。

纤维素



纤维素的结构式



扭在一起的纤维素链示意图

多糖思考题

- 1、多糖如何分类？
- 2、多糖在性质上与单糖、双糖有何差别？
- 3、淀粉用那两种结构类型？各有何特点？
- 4、淀粉的结构单元是什么？
- 5、淀粉与碘显兰色的原因何在？
- 6、淀粉及其水解的中间产物与碘作用显何种颜色？
- 7、糖原的结构与何者相似？有何区别？
- 8、糖原与淀粉有何区别？
- 9、纤维素的结构单元是什么？苷键类型及空间形状与淀粉有何不同？

练习题

1. 糖类化合物是_____和它们的_____,根据水解情况可分为_____。
2. 在弱碱作用下, D-葡萄糖_____三者可通过_____相互转化,并可形成相同的糖脎。
3. 葡萄糖与D-甘露糖是_____异构体,与半乳糖是_____异构体。
4. 糖在溶液中_____的现象,称为变旋光现象。
5. 葡萄糖溶液中, β -异头物占优势的原因是_____。

6. 能与 _____ 发生反应的糖，称为还原糖。
7. 蔗糖、麦芽糖、纤维二糖和乳糖的苷键类型分别是 _____。
8. 蔗糖水解，生成一分子 _____ 和一分子 _____。
麦芽糖的水解产物是 _____。
乳糖的水解产物是 _____。
9. 直链淀粉中存在 _____ 苷键，支链淀粉中存在 _____ 苷键，糖原的苷键类型是 _____ 苷键，纤维素的苷键类型是 _____ 苷键。
10. 淀粉、纤维素和糖原三者可用 _____ 试剂鉴别。

11、鉴别下列化合物

葡萄糖 }
蔗糖 }
淀粉 }

果糖 }
半乳糖 }
葡萄糖 }

糖原 }
淀粉 }
纤维素 }

麦芽糖 }
甲基葡萄糖苷 }

To be

continue

