

## 第2章 糖类化合物



---

**2.1 前言**

**2.2 单糖**

**2.3 寡糖**

**2.4 多糖**

**2.5 糖复合物**

## 2.1 前言

---

- 糖的生物功能
- 糖类化合物的定义
- 糖的通式
- 糖的分类
- 常用单词、前缀和后缀

# 糖的生物功能

---

- **能量储备**

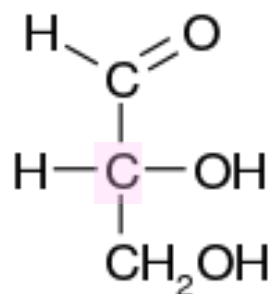
- **结构组分**

- 植物细胞壁中的纤维素
- 细菌细胞壁的肽聚糖
- 节肢动物外骨骼几丁质
- 动物软骨中的蛋白聚糖

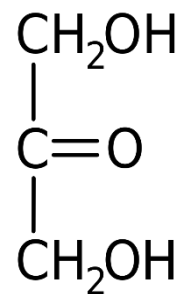
- **碳源物质**

- **特殊生理功能**

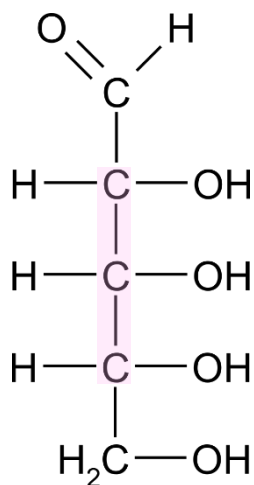
- 作为信息分子，是人的血型、细胞和许多微生物分型的分子基础
- 作为受体、细胞标记、抗原决定簇等，参与细胞粘着、细胞识别、免疫活性等多种生理活性功能



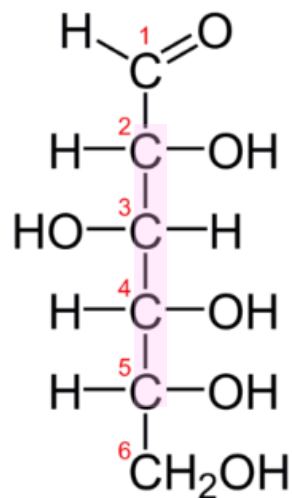
**D-甘油醛**  
**D-Glyceraldehyde**



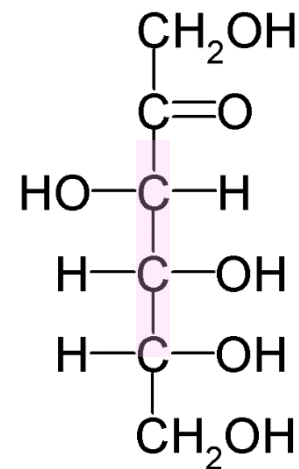
**二羟丙酮**  
**Dihydroxyacetone**



**D-核糖**  
**D-Ribose**



**D-葡萄糖**  
**D-Glucose**



**D-果糖**  
**D-Fructose**

# 糖类化合物的定义

---

- 糖类化合物是多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。
- 根据分子能否水解，以及水解产物组成情况，可将糖类化合物分为：单糖、寡糖、多糖、糖的衍生物和复合糖。

# 糖的通式

•  $C_n(H_2O)_n$ :

Name	Formula
三碳糖(Triose)	$C_3H_6O_3$
四碳糖(Tetrose)	$C_4H_8O_4$
五碳糖(Pentose)	$C_5H_{10}O_5$
六碳糖(Hexose)	$C_6H_{12}O_6$
七碳糖(Heptose)	$C_7H_{14}O_7$
八碳糖(Octose)	$C_8H_{16}O_8$

• 例外：脱氧糖，甲醛( $CH_2O$ )，乙酸( $C_2H_4O_2$ )，乳酸( $C_3H_6O_3$ )，脱氧核糖等



# 糖的分类

---

根据分子能否水解，以及水解产物组成情况，可将糖类化合物分为：

- 1. 单糖** 仅包含一个多羟基醛或多羟基酮单位。
- 2. 寡糖** 由2-10个相同或不同的单糖分子缩合而成，水解时可获得相应数目和种类的单糖分子。
- 3. 多糖** 含10个以上单糖结构的缩合物。
- 4. 糖的衍生物** 指糖的还原产物、氧化产物、氨基取代物以及糖苷化合物等。
- 5. 糖复合物** 指糖与非糖物质共价结合而成的复合物，包括蛋白聚糖、糖蛋白、糖脂等。



## 2.2 单糖

---

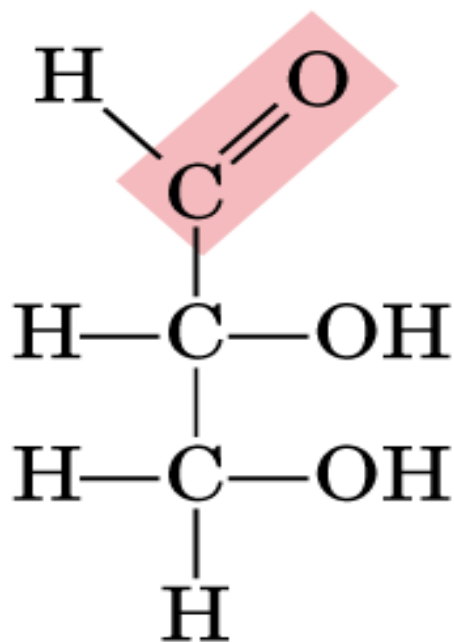
- 单糖的分子结构
  - ◆ 单糖的构型
  - ◆ 单糖的环状结构
  - ◆ 单糖的构象
- 单糖的理化性质
  - ◆ 单糖的物理性质
  - ◆ 单糖的化学性质
- 重要的单糖及重要的单糖衍生物
  - ◆ 重要的单糖
  - ◆ 重要的单糖衍生物

# 单糖的分子结构

---

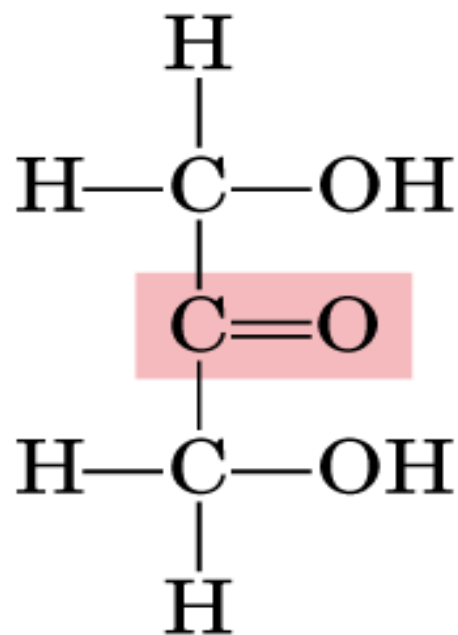
- 单糖含有一个羰基和多个羟基。
- 根据羰基在碳链上的位置可分为，**醛糖(Aldoses)** 和**酮糖(Ketoses)**。
  - 最简单的醛糖是甘油醛 (Glyceraldehyde)
  - 最简单的酮糖是二羟丙酮 (Dihydroxyacetone)
- 含有不同碳原子数的单糖都有其醛糖和酮糖形式。

# 醛糖和酮糖



Glyceraldehyde,  
an aldotriose

甘油醛



Dihydroxyacetone,  
a ketotriose

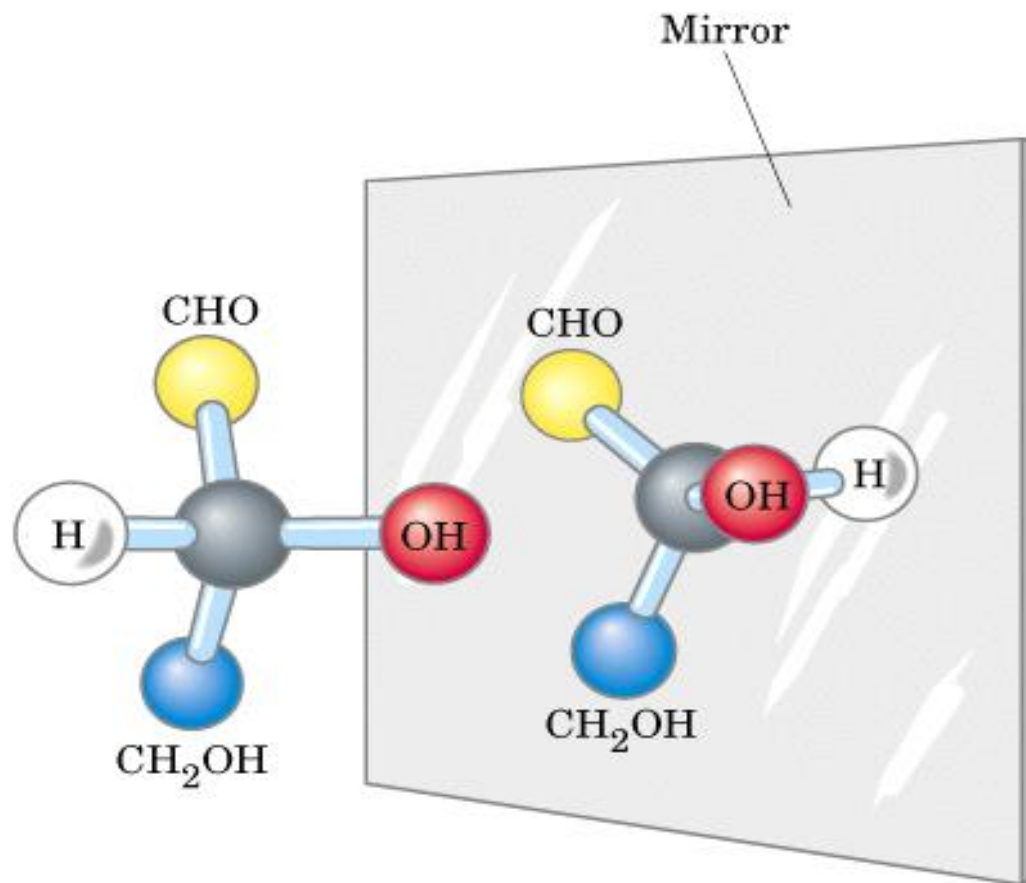
二羟丙酮

(a)

# 单糖的构型

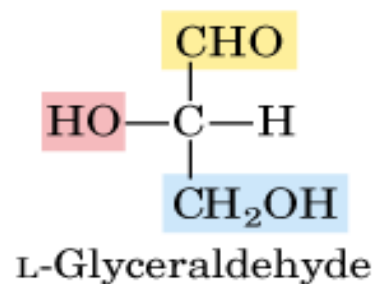
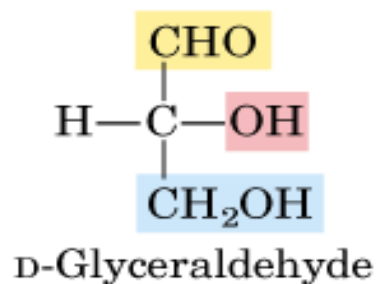
- **构型**是指一个分子由于**不对称碳原子**上各原子或原子团特定的空间排列，而形成的特定立体化学结构。
- 除了二羟丙酮以外的其他单糖都具有一个或多个**不对称(手性)碳原子**。
- **醛糖与酮糖的构型是由分子中离羰基最远的不对称碳原子上的羟基方向来决定的。该羟基在费歇尔投影式右侧的称为D-型，在左侧的称为L-型。**
- **D-葡萄糖与L-葡萄糖互为对映体(enantiomers)。一对对映体，旋光方向相反，旋光度数、熔点、沸点等都一样。**

# 对映体

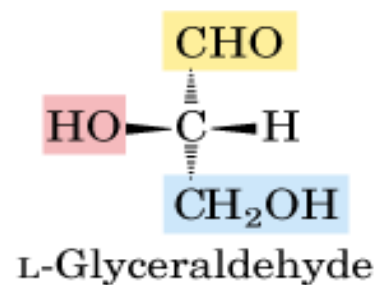
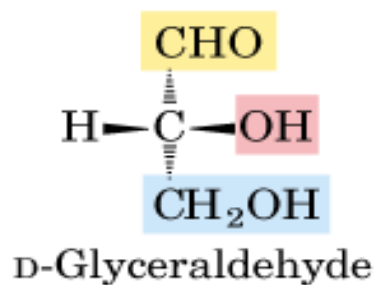


**Ball-and-stick models**

# D/L-甘油醛



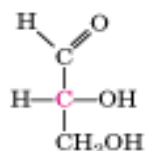
## Fischer projection formulas



## Perspective formulas

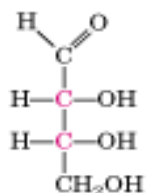
# D-醛糖

Three carbons

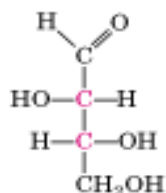


D-甘油醛

Four carbons

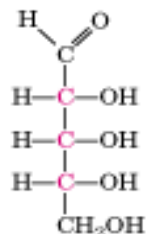


D-赤藓糖

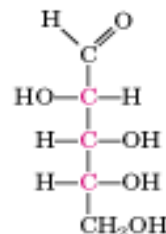


D-苏阿糖

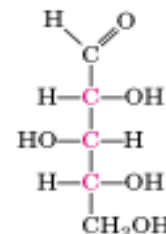
Five carbons



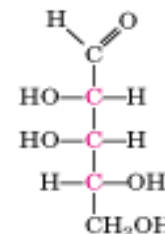
D-核糖



D-阿拉伯糖

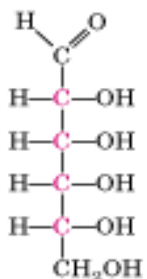


D-木糖

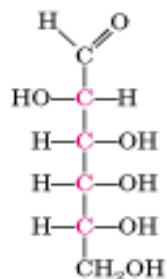


D-来苏糖

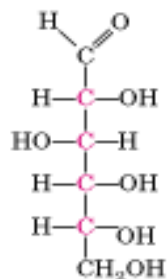
Six carbons



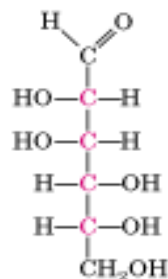
D-阿洛糖



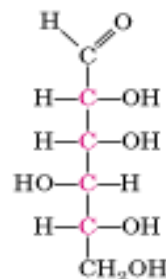
D-阿卓糖



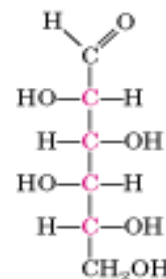
D-葡萄糖



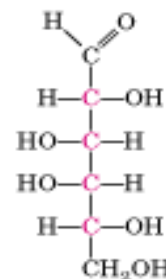
D-甘露糖



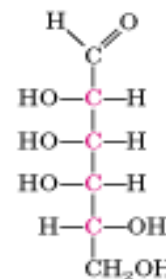
D-古洛糖



D-艾杜糖



D-半乳糖



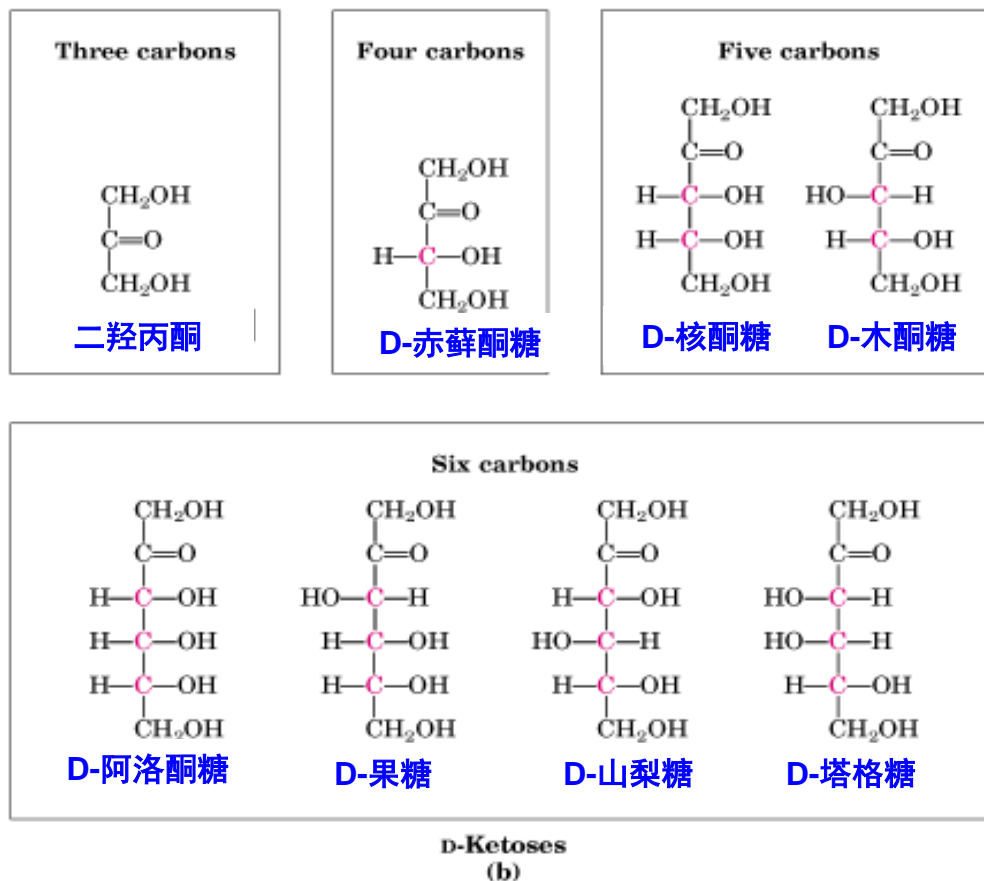
D-塔罗糖

D-Aldoses

(a)

醛糖的对映异构体数=2<sup>(n-2)</sup>

# D-酮糖

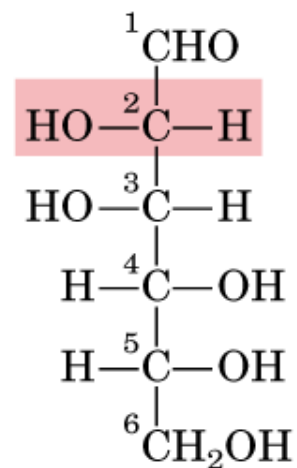


醛糖的对映异构体数=2<sup>(n-3)</sup>



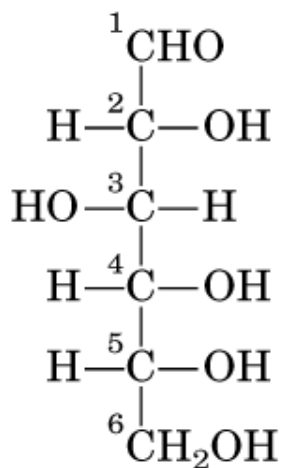
# 差向异构体

- 两个单糖仅仅在一个手性碳原子上构型不同的，互称为差向异构体 (Epimers)。
- D-葡萄糖与 D-甘露糖为 C-2差向异构。
- D-葡萄糖与 D-半乳糖为 C-4差向异构。

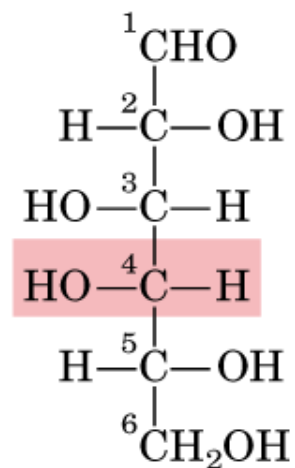


D-Mannose  
(epimer at C-2)

D-甘露糖



D-Glucose

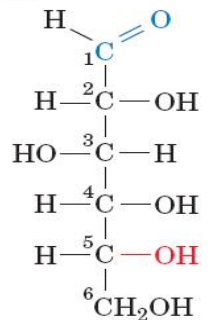


D-Galactose  
(epimer at C-4)

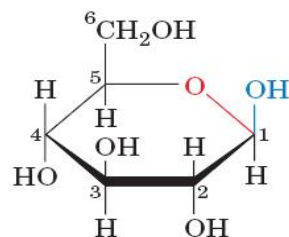
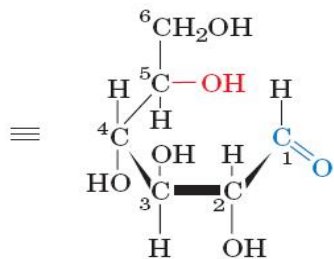
D-半乳糖

# 单糖的环状结构

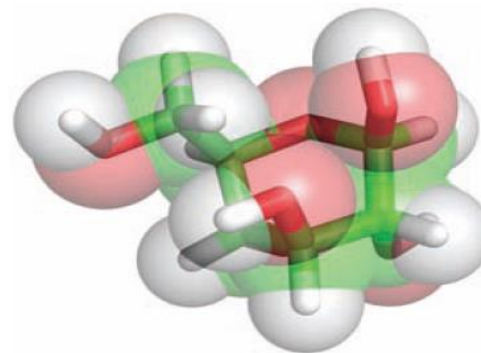
(a)



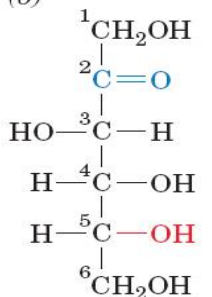
D-Glucose  
(linear form)



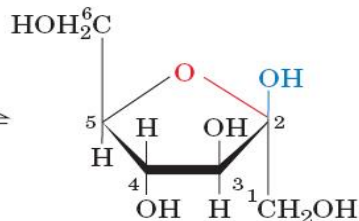
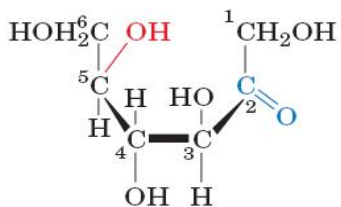
$\beta$ -D-Glucopyranose  
(Haworth projection)



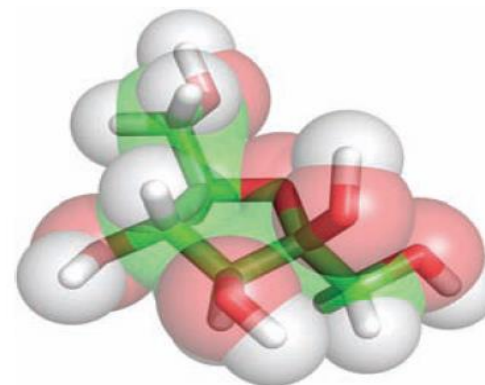
(b)



D-Fructose  
(linear form)

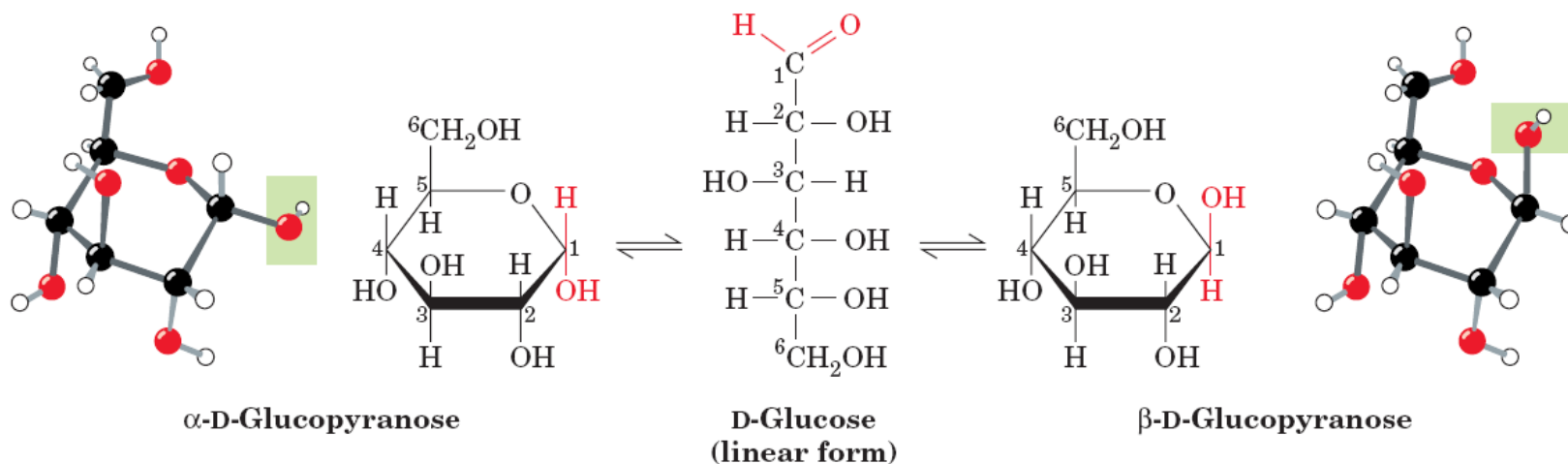


$\beta$ -D-Fructofuranose  
(Haworth projection)



单糖在水溶液中的成环反应，形成分子内的**半缩醛或半缩酮**

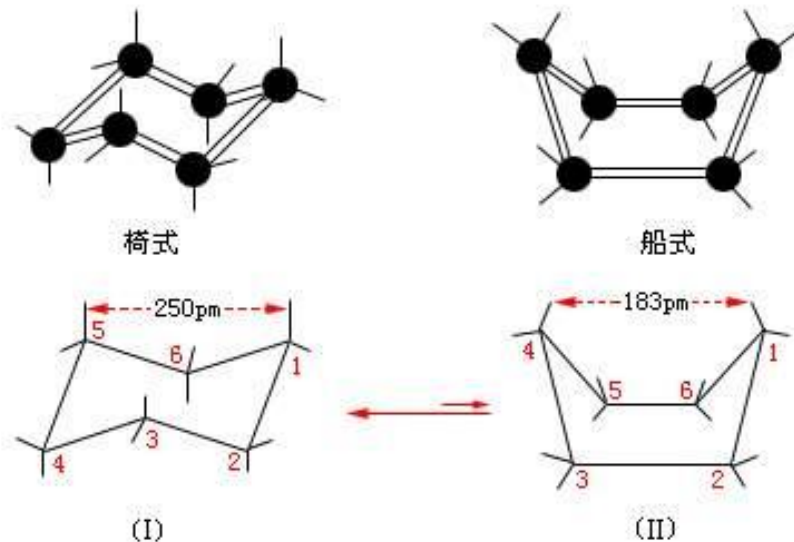
# 异头体



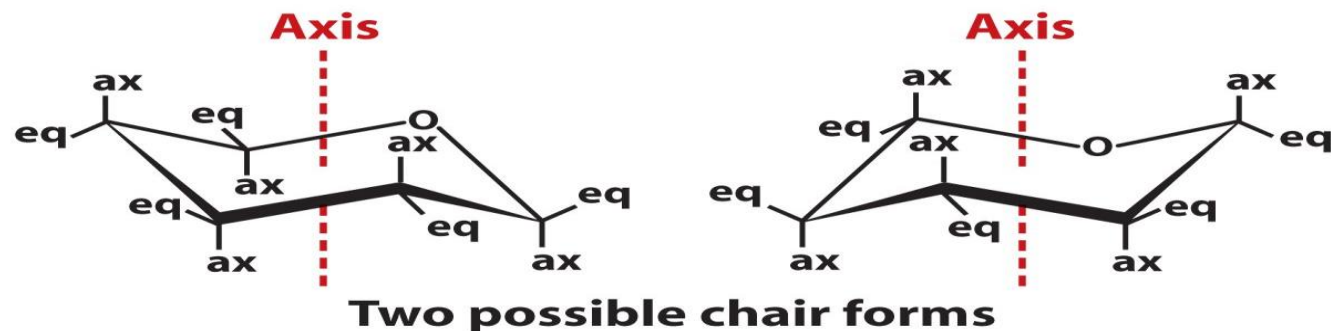
- ✓ 直链状单糖分子上的醛基与分子内的羟基形成半缩醛时，分子成为环状结构，同时C1便成为不对称碳原子，半缩醛羟基可有两种不同的排列方式，由此产生了 $\alpha$ 型和 $\beta$ 型两种异构体——**异头体**(anomers)
- ✓ 规定异头体的半缩醛羟基和分子末端-CH<sub>2</sub>OH基邻近不对称碳原子的羟基在碳链**同侧**的称为 **$\alpha$ 型**，在**异侧**的称为 **$\beta$ 型**

# 单糖的构象

- **构象**是指一个分子中，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，不要求其共价键的断裂和重新形成
- 吡喃糖环和呋喃糖环并非平面环。吡喃糖环常采取椅式(chair)和船式(boat)构象，其中**椅式构象使扭张强度减到最低因而较稳定**。呋喃环则有信封式(envelope)和扭曲式(twist)构象

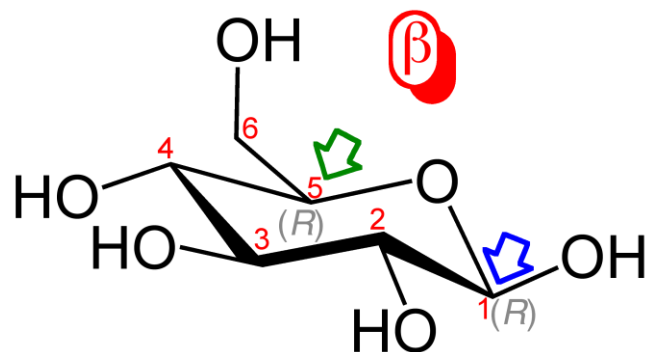
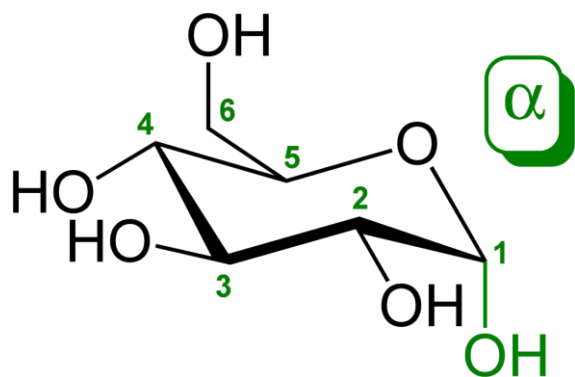


# 葡萄糖分子的椅式结构



ax: axial (vertical)  
直立键

eq: equatorial  
平伏键



一般而言，**平伏键比直立键更稳定。**  
因此在溶液中， $\beta$ -D-葡萄糖比 $\alpha$ -D-葡萄糖更占优势

# 单糖的物理性质

- 溶解性
- 甜度
- 旋光度和比旋光度

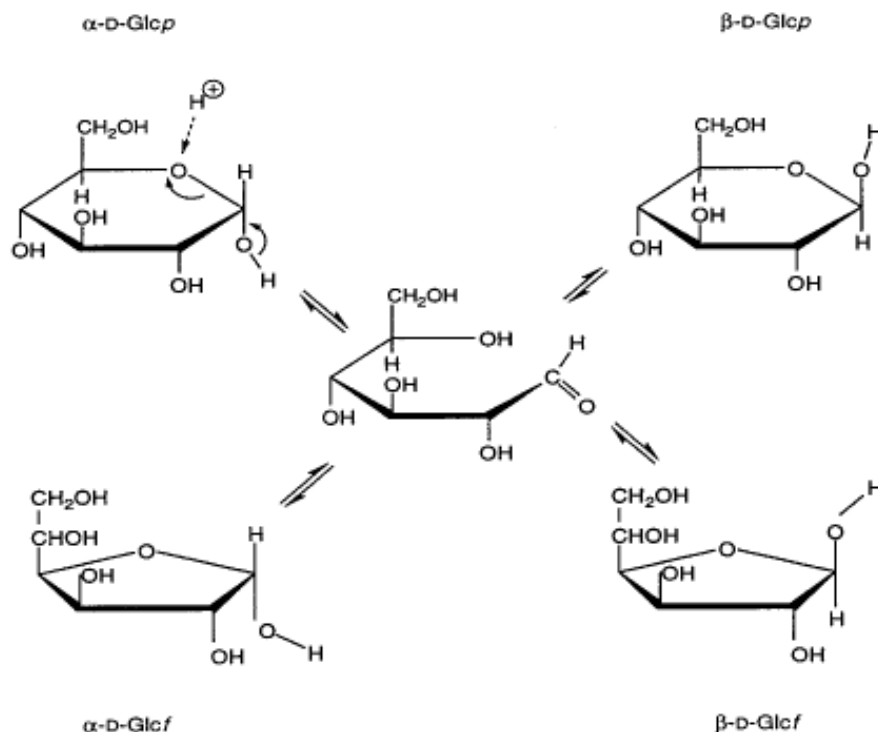
$$[\alpha]_D^t = \frac{\alpha}{l \times c}$$

$\alpha$ : 测得的旋光度 ( $^{\circ}$ )  
 $l$ : 旋光管的长度 (dm)  
 $c$ : 糖液浓度(g/mL)

- 注意: D/L立体异构命名与 d/l (dextrorotatory右旋 / levorotatory左旋)(+/-) 旋光方向的区别。
- 变旋现象

# 变旋现象

- 一个有旋光性的糖溶液放置后，它的比旋光度会发生变化，这种现象叫**变旋现象**。
- 变旋的**原因**是糖从一种结构的 $\alpha$ 型变为 $\beta$ 型或由 $\beta$ 型变为 $\alpha$ 型。
- 变旋现象是**可逆的**。



D-葡萄糖的变旋，反应由弱酸催化。

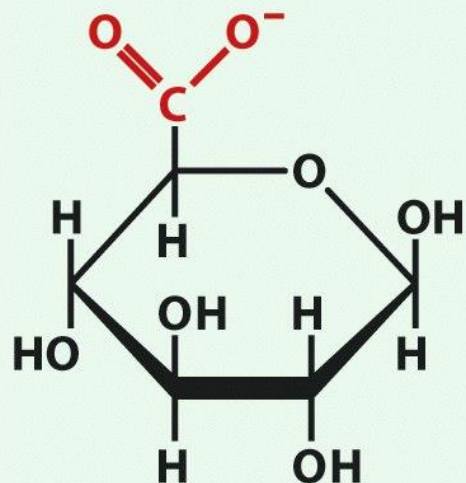
# 单糖的化学性质

---

- 氧化反应
- 还原反应
- 成脎反应
- 成苷反应
- 成酯反应

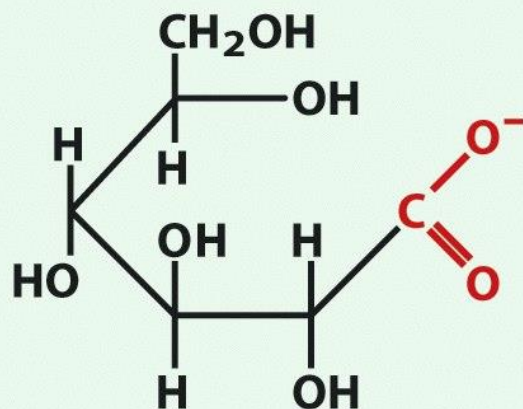


# 氧化作用



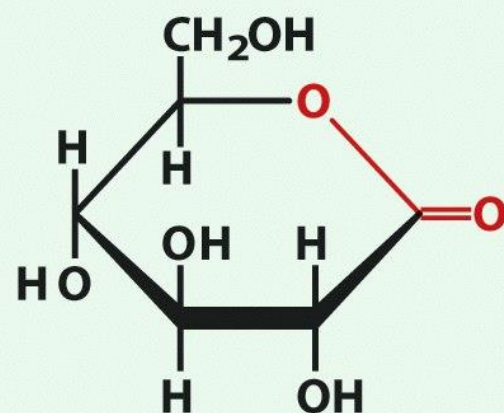
$\beta$ -D-Glucuronate

$\beta$ -D-葡萄糖醛酸



D-Gluconate

D-葡萄糖酸



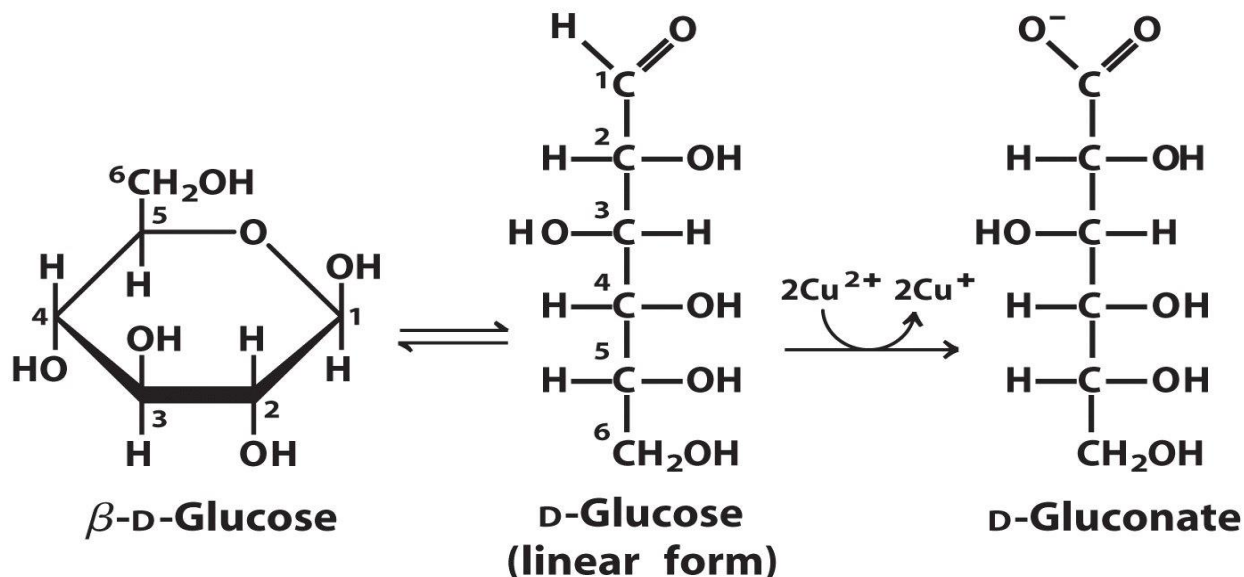
D-Glucono- $\delta$ -lactone

D-葡萄糖酸- $\delta$ -内酯

# 氧化作用

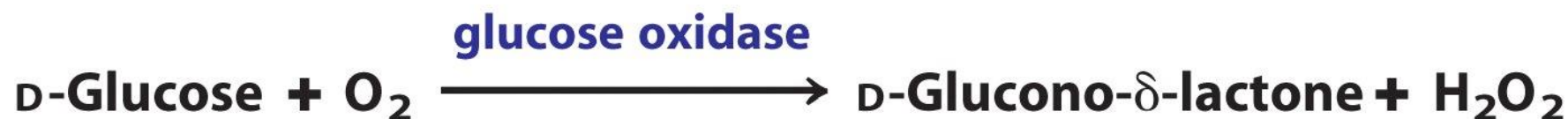
## -----Fehling反应

- 单糖开链中的自由羰基可以还原 $\text{Cu}^{2+}$  为 $\text{Cu}^{+}$ ，后者可形成砖红色的氧化亚铜沉淀。
- 这种颜色反应是Fehling反应的基础，可用于对还原糖的定量，也用于测定血糖和糖尿病患者的尿糖。



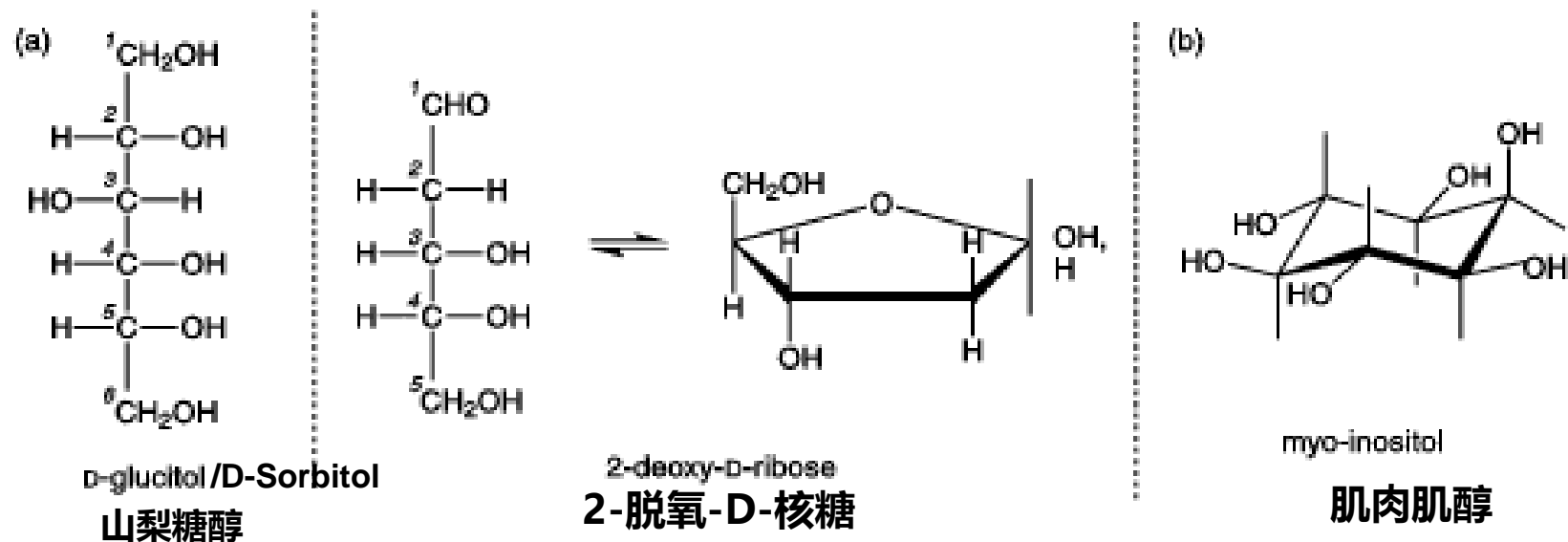
# 氧化作用

---



此反应可用于酶法测定血液葡萄糖。

# 还原作用



(a)被还原为糖醇或脱氧糖

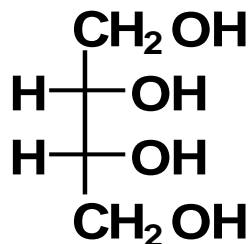
(b)肌醇结构

当 D-甘油醛被还原为甘油，为什么不再有 D/L 异构体？

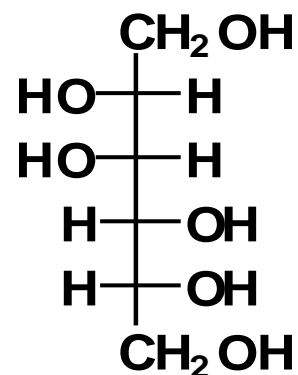
D-果糖的还原产物是什么？

# 还原作用

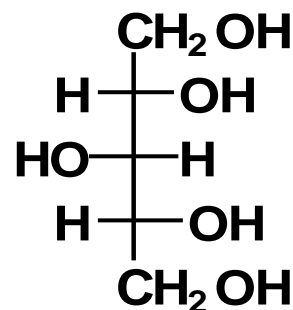
- 山梨醇广泛存在于植物中，如浆果、樱桃、李子、梨、苹果、海草和藻类等。
- 它的甜度相当于蔗糖的60%，但不被人体代谢，所以可作为糖尿病患者的替代甜味剂。
- 以下三种其它糖醇在生物界中较为重要。



Erythritol  
赤藻糖醇



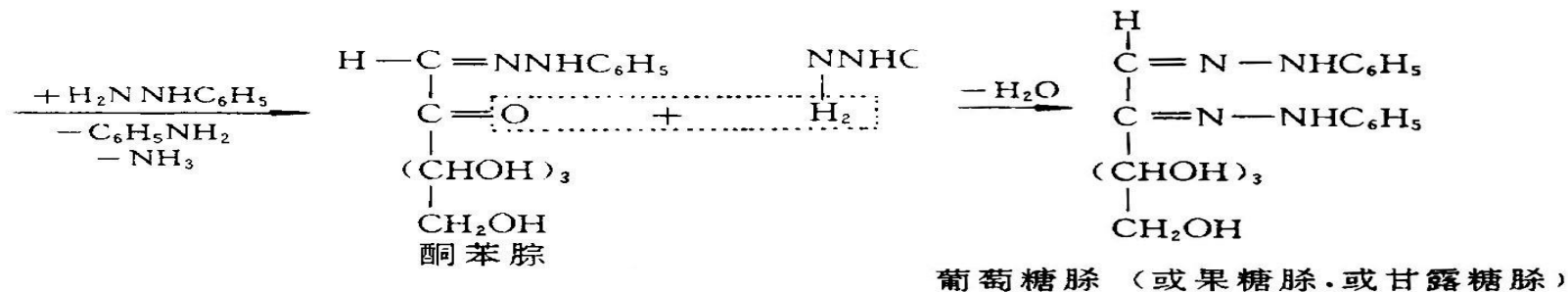
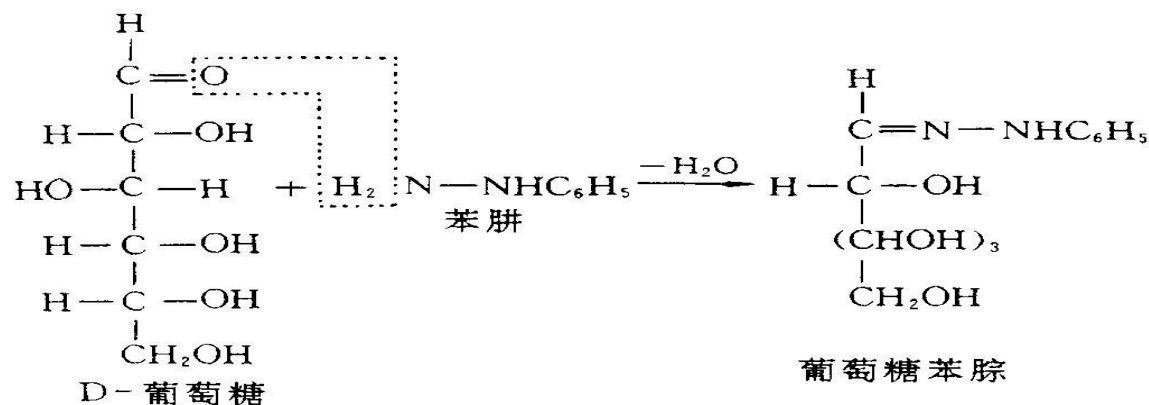
D-Mannitol  
D-甘露醇



Xylitol  
木糖醇

# 成脎反应

- 许多糖可以与苯肼( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHNH}_2$ )反应生成浅黄色的晶体——脎。各种糖的糖脎都有特异的晶形和熔点，因此常用糖脎的生成鉴定各种不同的糖。



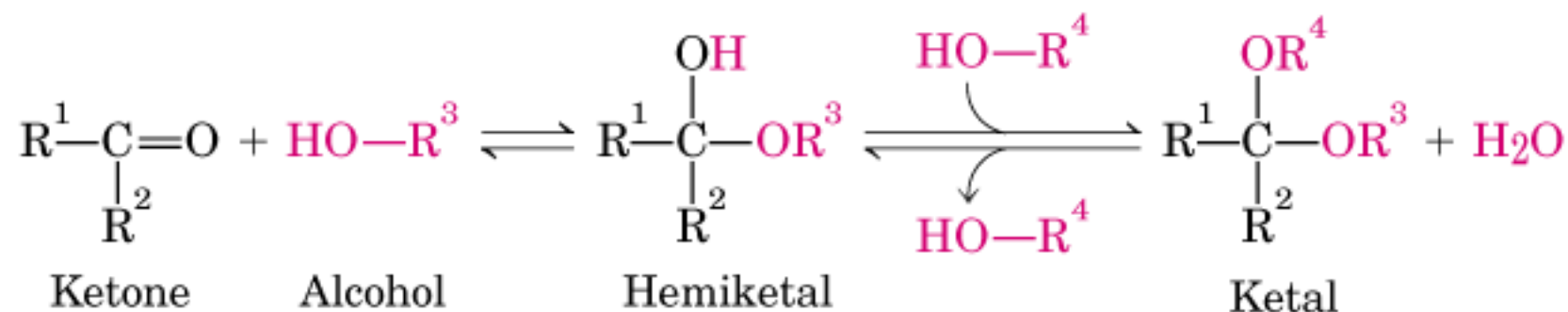
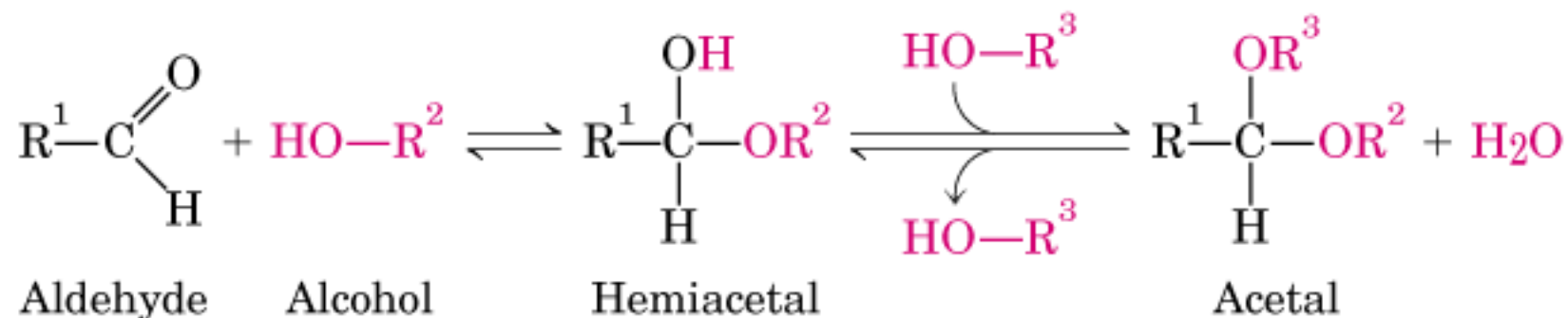
# 成脎反应

- 单糖脎衍生物的熔点

Monosaccharide	MP of anhydrous monosaccharide (°C)	MP of osazone derivative (°C)
Glucose	146	205
Mannose	132	205
Galactose	165–168	201
Talose	128–130	201

- 为什么葡萄糖与甘露糖的糖脎、半乳糖与塔洛糖的糖脎熔点相同?

# 成苷反应



成苷反应：由半缩醛形成缩醛。

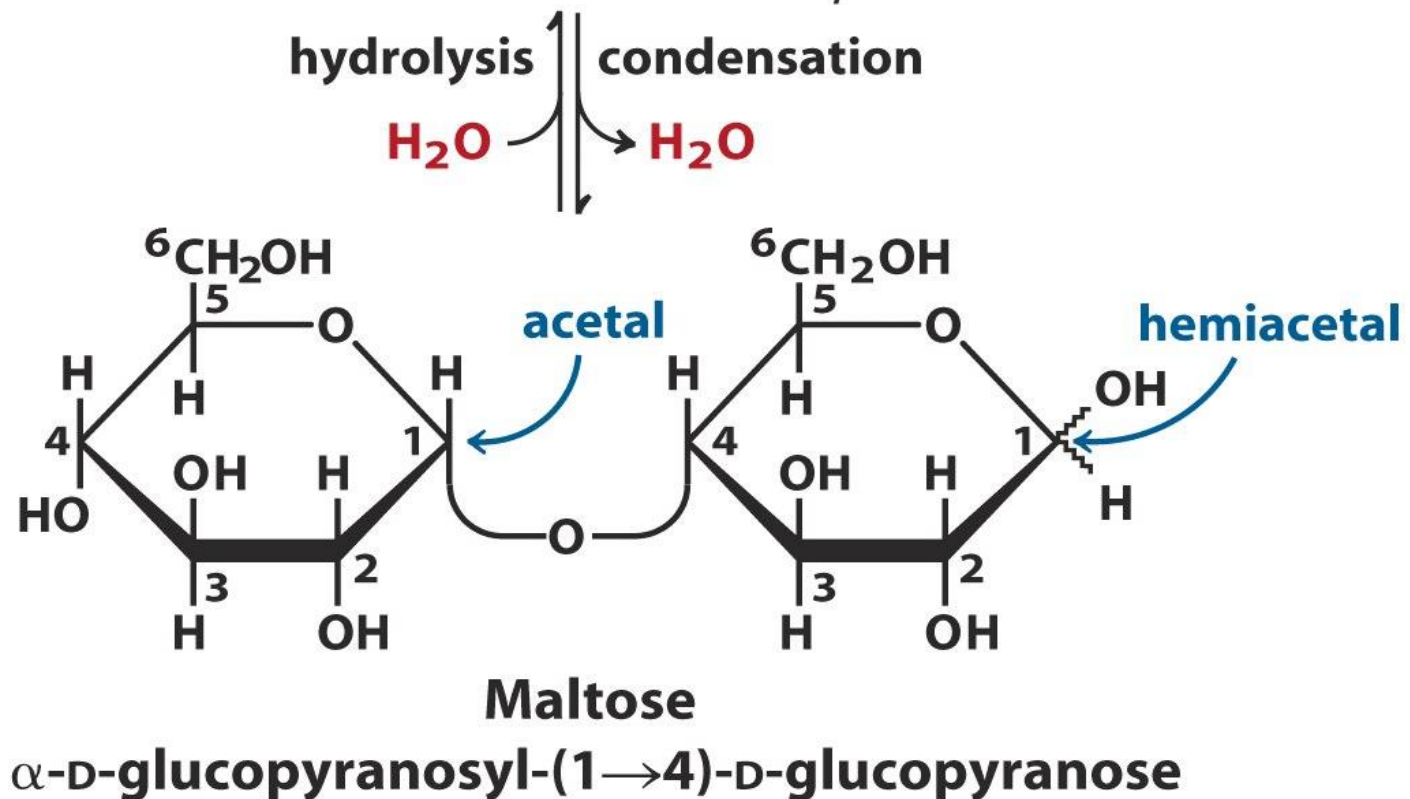
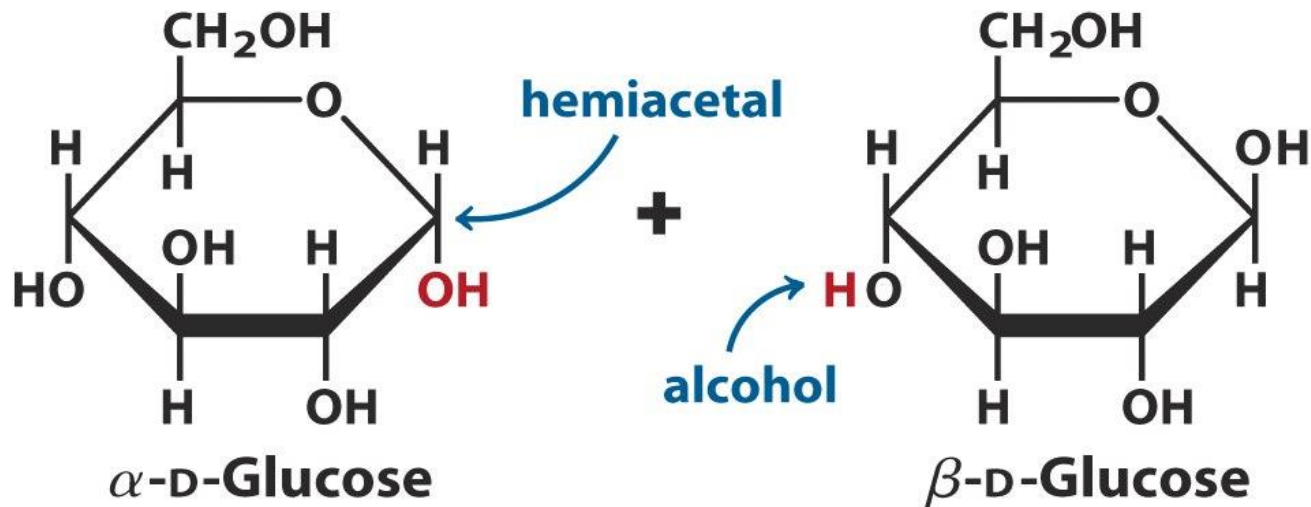


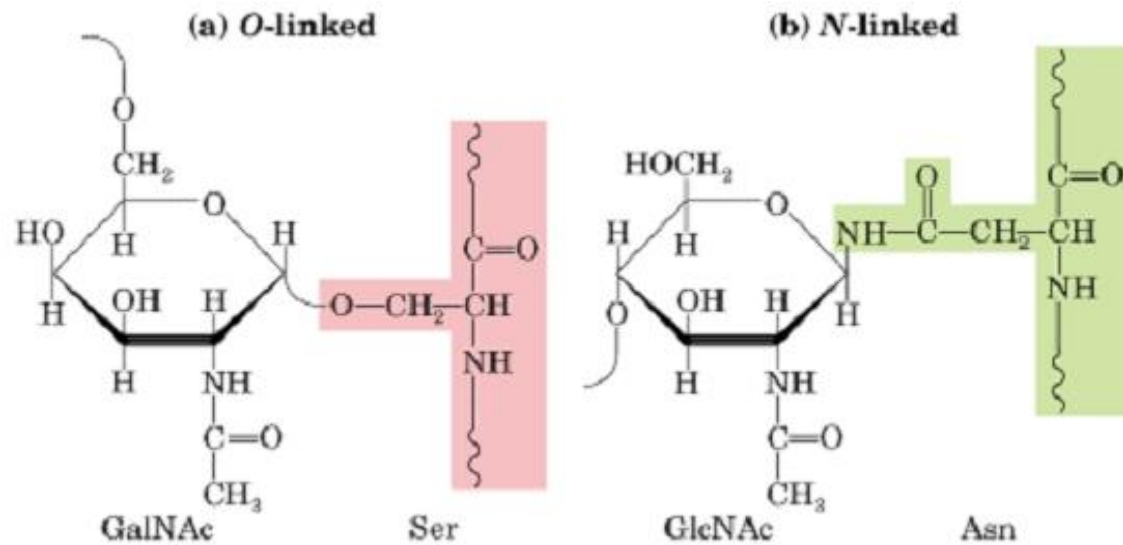
# 成苷反应

---

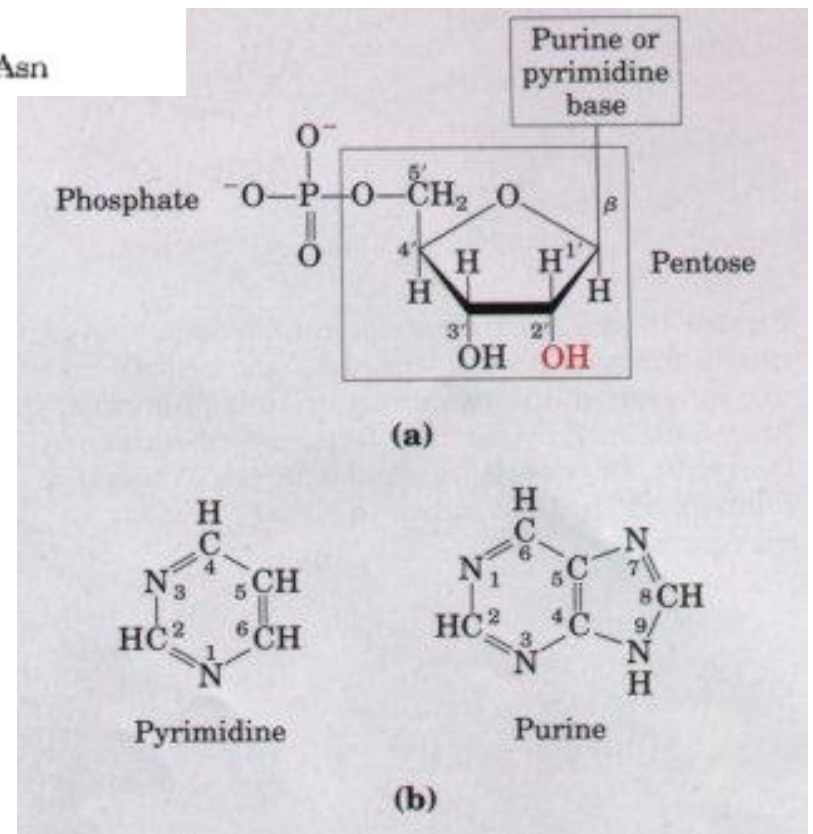
## 糖苷键的形成

- 糖可以与醇或胺形成糖苷。
  - 糖环中的半缩醛可以与醇反应生成缩醛，形成的C-O苷键称为O-糖苷键。
  - 糖环中的半缩醛也可以与胺中的氮原子反应成苷，称为N-糖苷键。N-糖苷键存在于糖蛋白和核苷中。
- 单糖可以通过O-糖苷键相互连接形成寡糖和多糖。





糖蛋白和核苷中的糖苷键。



# 成酯反应

---

**醇可以与酸、酸酐、酰卤反应成酯。自然界最重要的糖酯有：**

- (1) 磷酸酯**
- (2) 酰基酯（包括乙酰酯和脂肪酰酯）**
- (3) 硫酸酯**

# 重要的单糖

1. 丙糖：D-甘油醛和二羟丙酮
2. 丁糖：D-赤藓糖和D-赤藓酮糖
3. 戊糖：戊醛糖主要有D-核糖、D-2-脱氧核糖等。戊酮糖主要有D-核酮糖、D-木酮糖。
4. 己糖

单糖中的己糖最为重要。

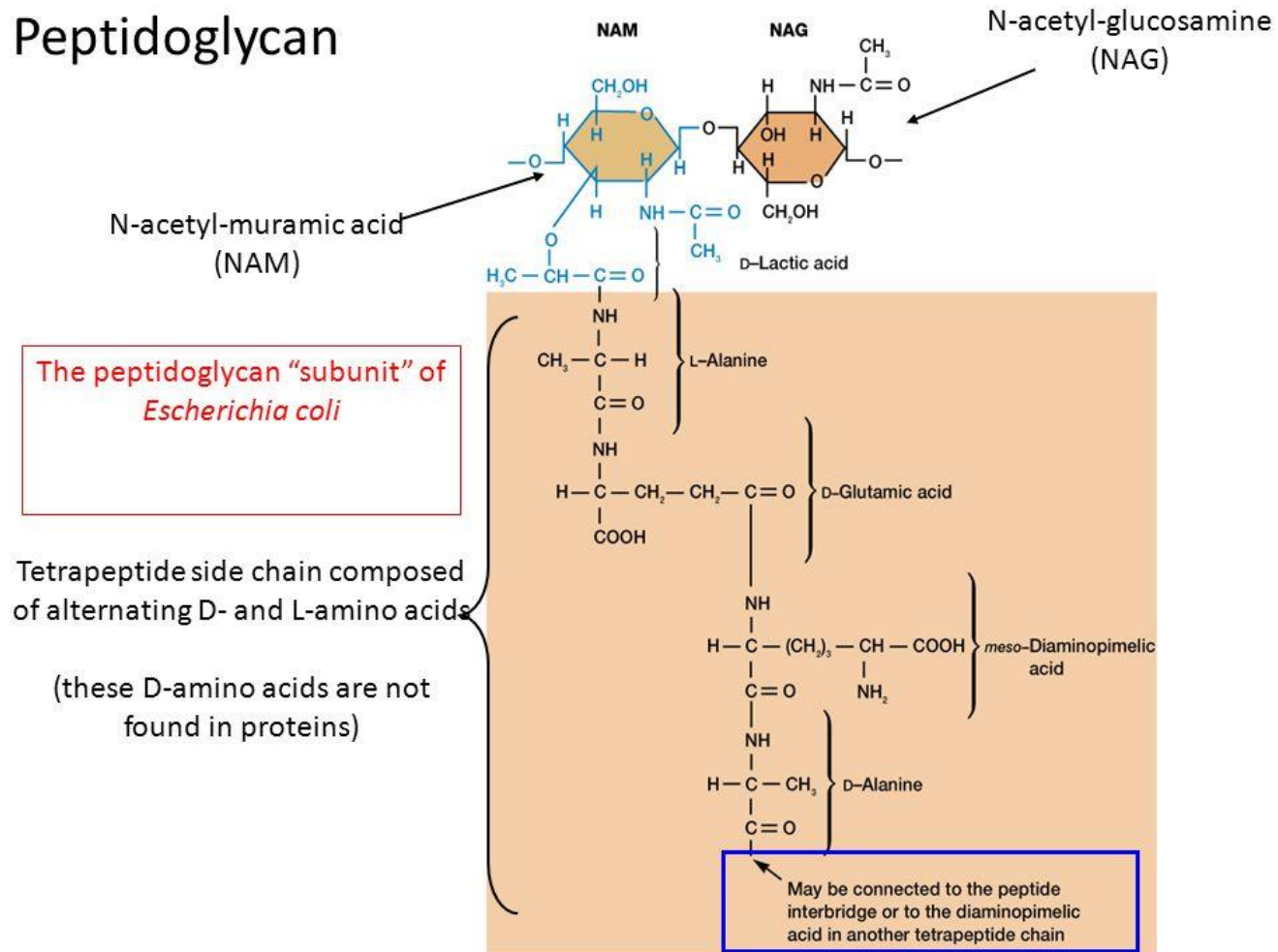
重要的己醛糖有D-葡萄糖、D-半乳糖、D-甘露糖、D-山梨糖等，重要的己酮糖有D-果糖等。在自然界中只有葡萄糖和果糖有大量的游离状态存在，其它一些单糖主要存在于双糖或多糖中。

# 氨基糖

- 单糖的一个羟基（多数在C<sub>2</sub>位）被氨基取代，称为**氨基糖或糖胺**，如葡萄糖胺，半乳糖胺，甘露糖胺，N-乙酰葡萄糖胺等。
- 氨基糖常存在于结构多糖中。例如：
  - 细菌细胞壁中的**肽聚糖(peptidoglycan)**，是由N-乙酰-β-D-葡萄糖胺(NAG, GlcNAc)和 N-乙酰胞壁酸(NAM)形成的杂多糖。
  - 节肢动物外骨骼中的**几丁质(chitin)**，是由 N-乙酰-β-D-葡萄糖胺形成的同多糖。
  - **神经氨酸**(3-脱氧-5-氨基九碳糖酸) 是酸性氨基酸，自然界中常以N-乙酰化形式存在，N-乙酰神经氨酸(NAN)又被称为唾液酸(Sia)，普遍分布在细菌及动物组织中。

# 肽聚糖

## Peptidoglycan



# 常见单糖及其衍生物的缩写

- 单糖常缩写为三个字母，如葡萄糖 Glucose, 半乳糖 galactose, 果糖 fructose 可分别缩写为 Glc, Gal, Fru。

**TABLE 7-1** Abbreviations for Common Monosaccharides and Some of Their Derivatives

Abequose	Abe	Glucuronic acid	GlcA
Arabinose	Ara	Galactosamine	GalN
Fructose	Fru	Glucosamine	GlcN
Fucose	Fuc	N-Acetylgalactosamine	GalNAc
Galactose	Gal	N-Acetylglucosamine	GlcNAc
Glucose	Glc	Iduronic acid	IdoA
Mannose	Man	Muramic acid	Mur
Rhamnose	Rha	N-Acetylmuramic acid	Mur2Ac
Ribose	Rib	N-Acetylneuraminic acid	Neu5Ac
Xylose	Xyl	(a sialic acid)	

---



## 2.3 寡糖

---

### □ 二糖

- ◆ 蔗糖
- ◆ 麦芽糖
- ◆ 乳糖
- ◆ 海藻糖

### □ 三糖

### □ 环糊精

### □ 寡糖的还原端

# 二糖

---

- 二糖包含两个通过糖苷键连接的单糖。
- 二糖的单糖基有两种状态：
  - 一种是以一个单糖的半缩醛羟基与另一个单糖的非半缩醛羟基形成糖苷键，这种二糖仍有一个游离的半缩醛羟基，因而有还原性，称为**还原糖**。
  - 另一种二糖的糖苷键由两个半缩醛基连接而成的，因没有游离的半缩醛羟基，为**非还原糖**。
- **蔗糖(Sucrose)，乳糖(lactose)和麦芽糖(maltose)是自然界最为丰富的二糖。**

# 二糖的水解

---

- **酸解**

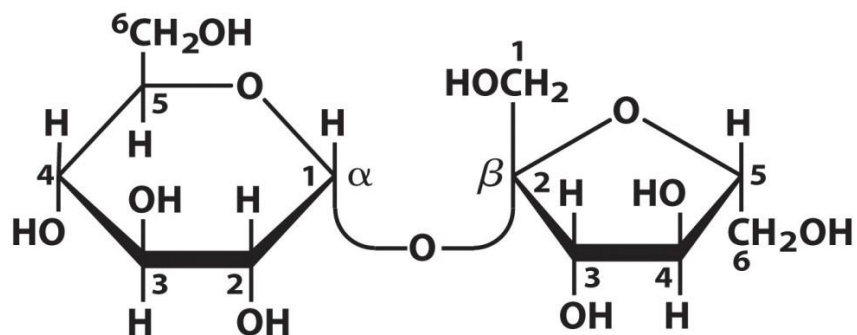
- **糖苷键易于酸解但对碱耐受。**因此可在稀酸下煮沸而水解二糖得到游离的单糖组分。

- **酶解**

- 二糖可以通过特异的酶降解为单糖，如水解蔗糖的**蔗糖酶** sucrase (也称转化酶invertase)，水解乳糖的**乳糖酶** lactase(细菌中称 $\beta$ -半乳糖苷酶)，水解麦芽糖的**麦芽糖酶** maltase存在于小肠表皮细胞的外表面。牛奶过敏症是由于肠道缺乏乳糖酶。

# 蔗糖

- 蔗糖是由一分子 $\alpha$ -D-葡萄糖和一分子 $\beta$ -D-果糖通过 $\alpha$ -1,2- $\beta$ 糖苷键相连而成。
- 蔗糖分子中**没有半缩醛羟基，无还原性，为非还原糖。**
- 蔗糖是植物组织中最丰富的二糖，主要从甘蔗和甜菜中提取，是人类需要量最大的寡糖。



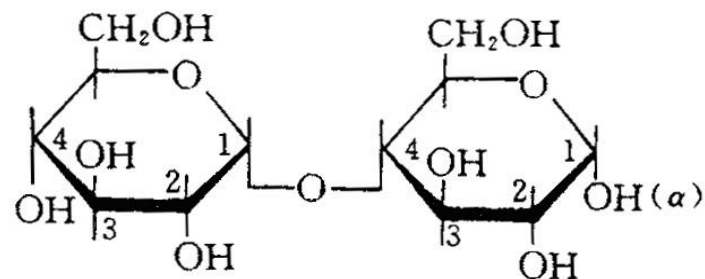
Sucrose

$\alpha$ -D-glucopyranosyl  $\beta$ -D-fructofuranoside  
 $\text{Glc}(\alpha 1 \leftrightarrow 2\beta)\text{Fru}$

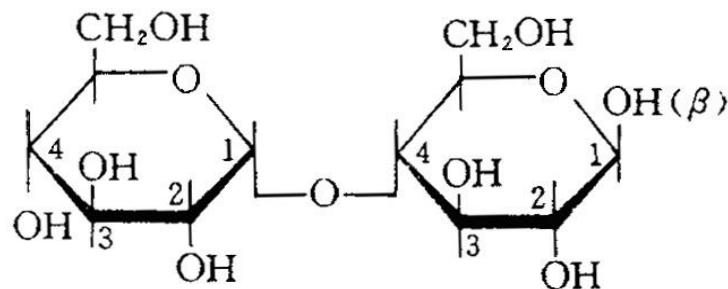
蔗糖由 $\alpha$ -D-glc与 $\beta$ -D-fru通过各自的异头碳羟基连接。缩写为Glc( $\alpha 1$ -2 $\beta$ )Fru, 或者Fru( $\beta 2$ -1 $\alpha$ )Glc。

# 麦芽糖

- 麦芽糖是由二分子D-葡萄糖通过 $\alpha$ -1,4糖苷键相连而成的。
- 麦芽糖分子中存在着半缩醛羟基，为还原糖。
- 麦芽糖有 $\alpha$ -及 $\beta$ -两型。通常的晶体麦芽糖为 $\beta$ 型。
- 麦芽糖大量存在于发芽的种子中，特别是麦芽中。



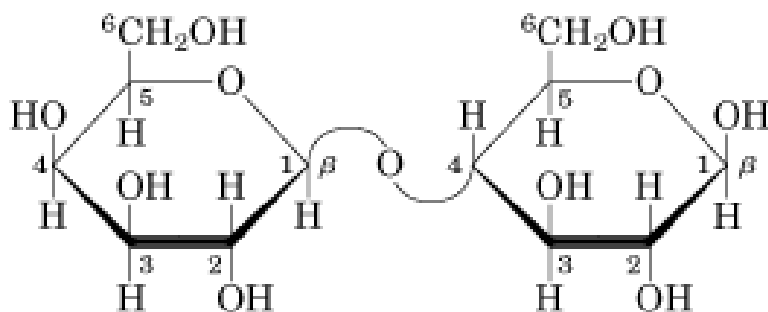
$\alpha$ -麦芽糖



$\beta$ -麦芽糖

# 乳糖

- 乳糖由一分子 $\beta$ -D-半乳糖和一分子D-葡萄糖以 $\beta$ -1,4糖苷键缩合而成。
- 乳糖为**还原糖**，主要存在于人与动物乳汁中。
- 乳糖也有 $\alpha$ 、 $\beta$ 两型，奶中的乳糖为它们的混合物，一般晶型乳糖为 $\alpha$ 型。



Lactose ( $\beta$  form)

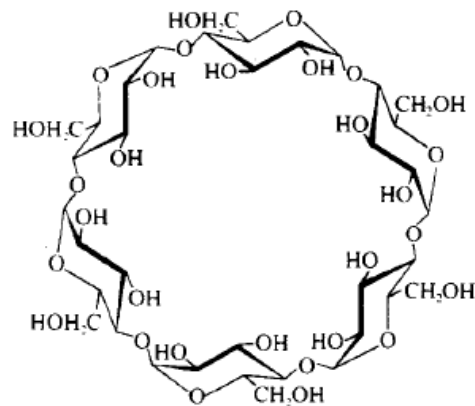
$\beta$ -D-galactopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucopyranose

Gal( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc

乳糖由 $\beta$ -D-gal与D-glc通过  
 $\beta$ 1,4键连接。缩写为Gal( $\beta$ 1-  
4)Glc。

# 环糊精

- 环糊精是直链淀粉在由芽孢杆菌产生的环糊精葡萄糖基转移酶作用下生成的一系列**环状低聚糖的总称**。
- 通常含有6 ~ 12个D-吡喃葡萄糖残基，以 $\alpha(1 \rightarrow 4)$ 糖苷键连接而成。
- 其中含有6、7、8个葡萄糖残基的分子，分别称为 **$\alpha$ -环糊精**、 **$\beta$ -环糊精**、 **$\gamma$ -环糊精**。
- **非还原糖**



$\alpha$ -环糊精

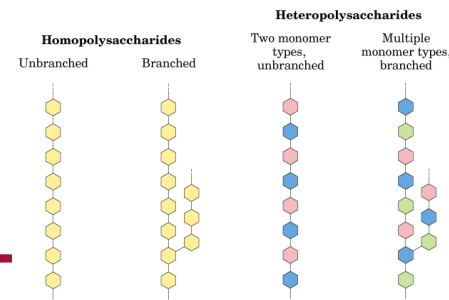
# 寡糖的还原端

---

- 寡糖和多糖链上具有自由异头碳的一端称为**还原端**。
- **乳糖和麦芽糖有还原端**，因此具有还原性。
- **蔗糖没有还原端**，不具有还原性。



## 2.4 多糖



- **多糖**是由多个单糖单位通过糖苷键连接而成的多聚体。
- 天然的糖类绝大部分是以多糖形式存在。
- 多糖**有旋光性**，但**无变旋现象**。
- 多糖分子量大，**在水中呈胶态溶液**，**无甜味**，**无还原性**。

### 多糖的分类

#### 同多糖(Homopolysaccharides)

组成多糖的单体糖基相同，例如淀粉(starch)，糖原(glycogen)，纤维素(cellulose)，几丁质(chitin)。

#### 杂多糖(Heteropolysaccharides)

组成多糖的单体糖基有两种或两种以上。

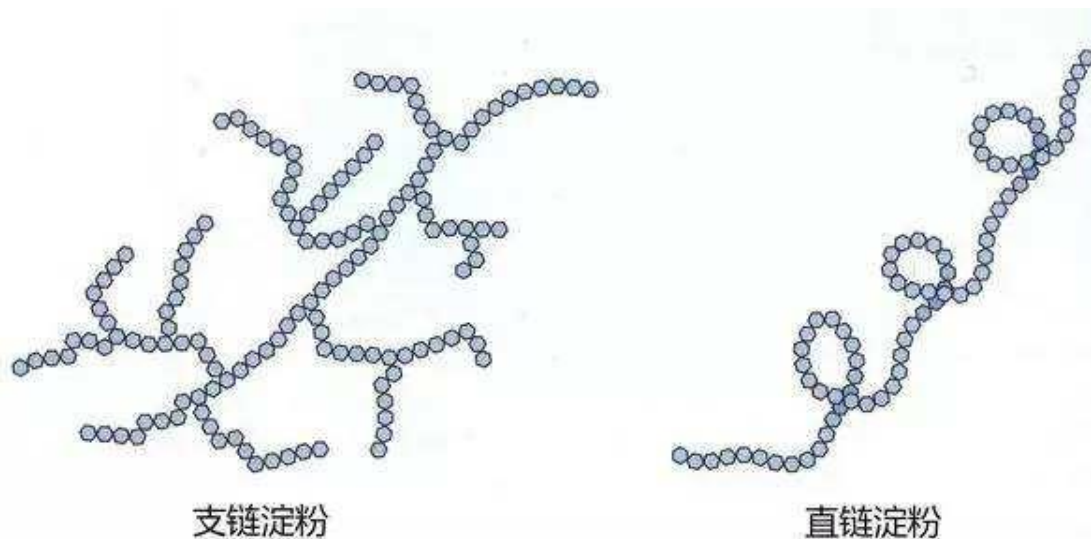
# 同多糖

---

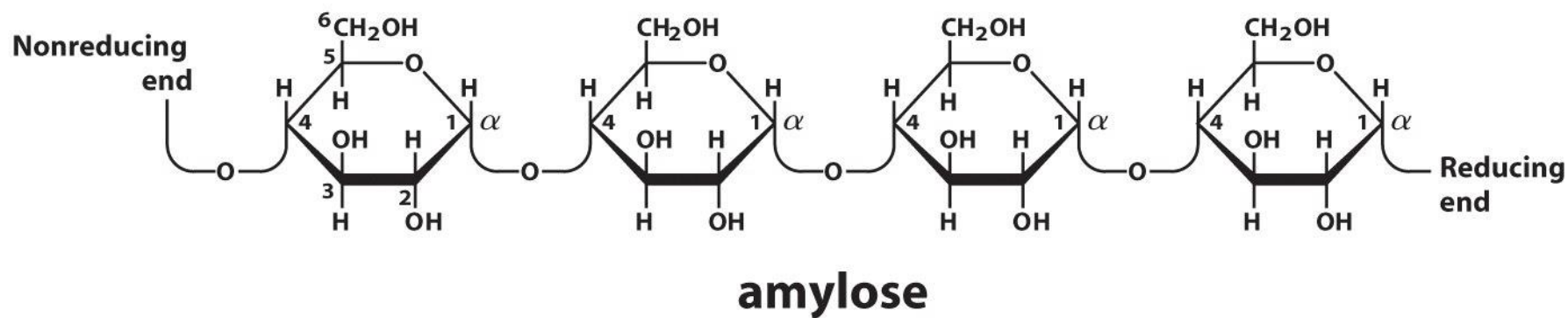
- 淀粉 (starch)
- 糖原 (glycogen)
- 纤维素 (Cellulose)
- 几丁质 (Chitin)

# 淀粉

- 淀粉主要存在于植物的种子、块根、块茎和果实中。
- 根据结构分为**直链淀粉**和**支链淀粉**。
  - **直链淀粉**(amylose)由D-Glc通过 $\alpha$ -1-4键连接而成。
  - **支链淀粉**(amylopectin)每隔8-9个葡萄糖残基就有一个分支，每个分支点上都有 $\alpha$ -1-6糖苷键。



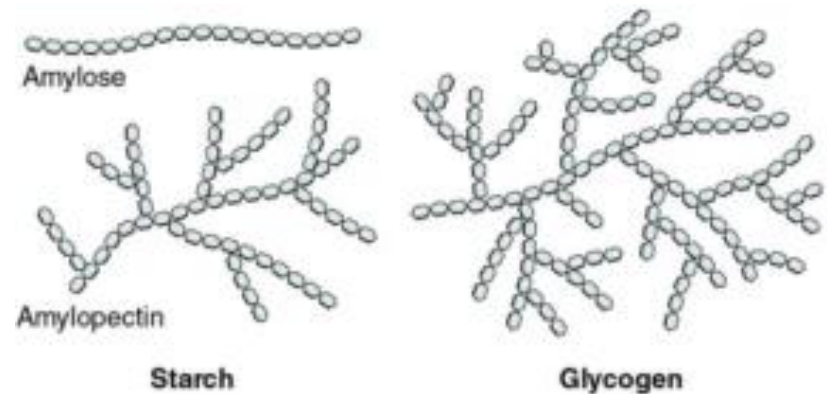
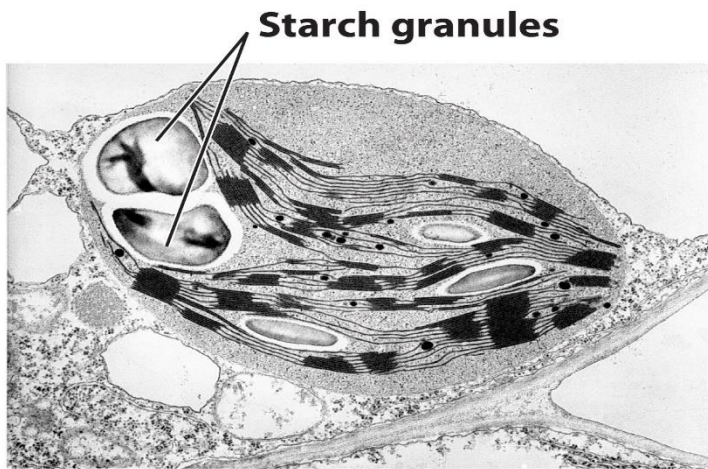
# 直链淀粉



# 糖原

- **糖原** (主要存在于肝脏和骨骼肌) 由葡萄糖残基通过 $\alpha$ -1-4糖苷键连接而成, 结构与支链淀粉相似, 但糖原分支更多

主链中每隔3-5个葡萄糖残基就有一个支链, 分支点也是 $\alpha$ -1-6糖苷键

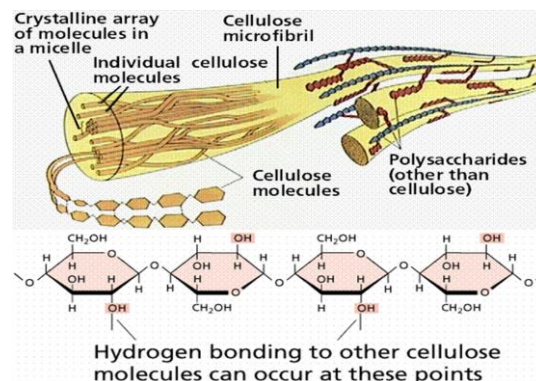


# 糖原和淀粉的高级结构

- **糖原、直链淀粉、支链淀粉是由几千个葡萄糖残基组成的多聚体，这些多聚体紧密盘绕为螺旋结构，形成动植物细胞中致密的颗粒。**
- **每一个直链淀粉分子都有一个非还原端和一个还原端，但每一个支链淀粉和糖原分子都有一个还原端和多个非还原端。**
- **食物中的淀粉和糖原可被唾液和肠液中的 $\alpha$ -淀粉酶降解，从非还原端开始，断裂葡萄糖残基之间的 $\alpha$ -1,4糖苷键**

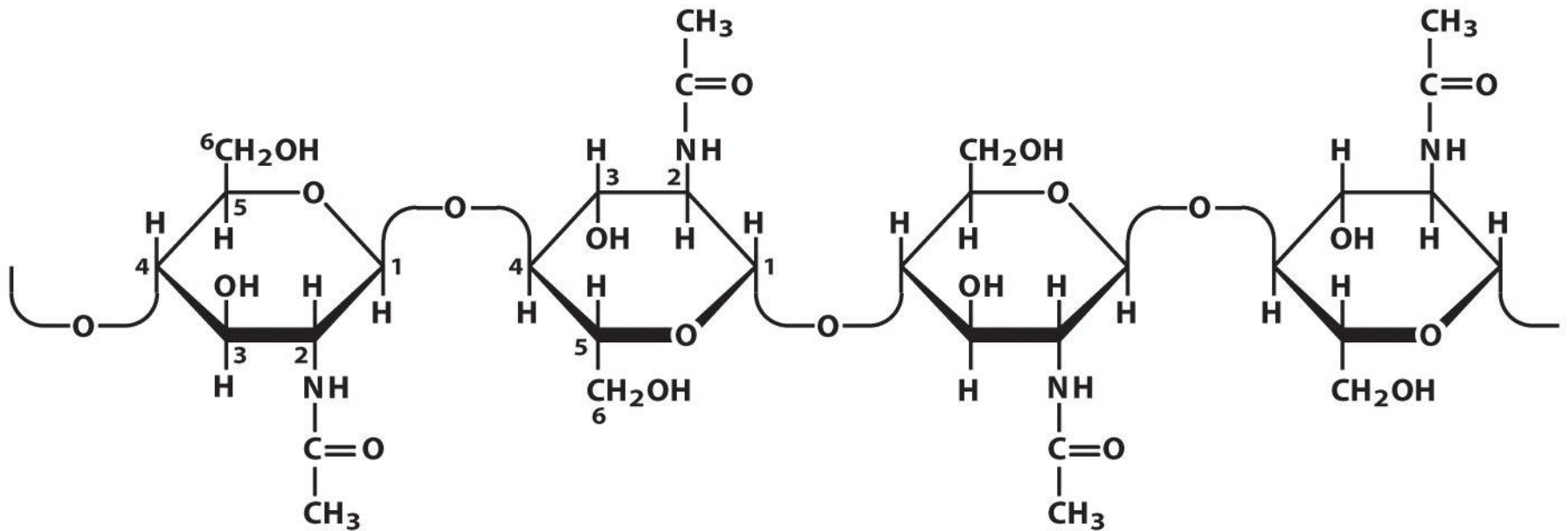
# 纤维素

- 纤维素是自然界中分布最广、含量最多的一种多糖。
- 纤维素是由 $\beta$ -D-葡萄糖以 $\beta$ -1,4糖苷键连接而成的直链状分子。
- 纤维素**不形成螺旋构象，没有分支结构。**
- 纤维素是**天然植物纤维的主要成分。**
- 大多数动物都缺乏裂解纤维素的酶，但有些动物(如白蚁和反刍动物)可以利用体内共生微生物分泌的**纤维素酶**来消化纤维素。



# 几丁质

- 几丁质是一种**N-乙酰葡萄糖胺**通过 **$\beta$ -1,4糖苷键**连接起来的直链多糖。
- 几丁质是许多低等动物，特别是**节肢动物外壳的重要成分**，分布十分广泛。





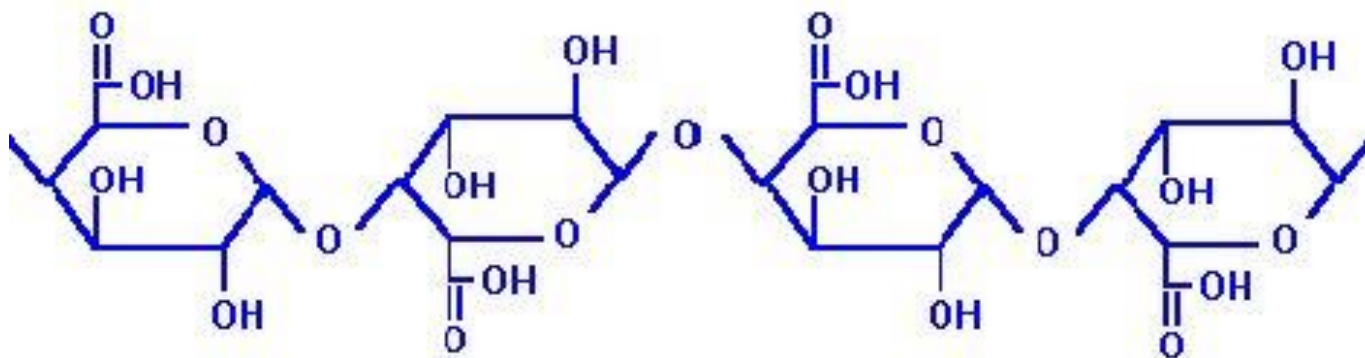
# 杂多糖

---

- 果胶质 (Pectin)
- 半纤维素 (Hemicellulose)
- 琼脂 (Agar) 和琼脂糖 (Agarose)
- 黄原胶 (Xanthan)
- 糖胺聚糖 (Glycosaminoglycan)

# 果胶质

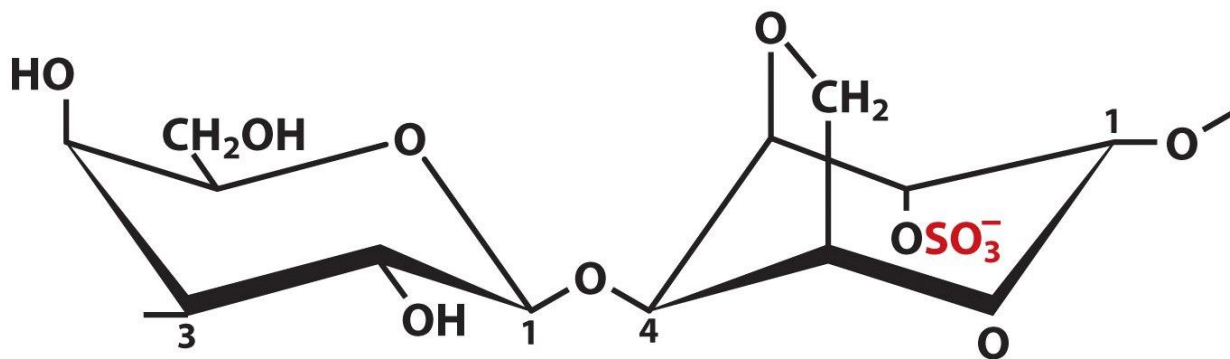
- 果胶质是**直线型高聚体**，以 **$\alpha$ -1,4糖苷键**连接的**D-半乳糖醛酸**为基本结构
- 果胶质除含多聚半乳糖醛酸外，还含少量糖类，如 L-阿拉伯糖、D-半乳糖、L-鼠李糖、D-木糖、D-葡萄糖等
- **果胶存在于植物的细胞壁和细胞内层，为内部细胞的支撑物质**
- 在水果成熟时，果胶（酯酸）和果胶酸盐在酶的作用下由不溶解状态变成溶解状态的果胶，使水果由较硬质的状态变成柔软的成熟水果。



Pectin (polygalacturonic acid)

# 琼脂和琼脂糖

- 琼脂是一种多糖混合物，来源于海藻，溶于热水，其胶凝性很好，1%~2%水溶液，在35~50℃就可形成凝胶。
- 琼脂由D-半乳糖和3,6-脱水-L-半乳糖基组成，分子间靠 $\alpha$ -1,4或 $\beta$ -1,3糖苷键连接，含有少量的硫酸酯。
- 琼脂实际上是琼脂糖和琼脂胶两种多糖的混合物。



Agarose

3) $\beta$ -D-Gal( $\beta$ 1 $\rightarrow$ 4)3,6-anhydro-L-Gal<sup>2S</sup>( $\alpha$ 1 repeats

# 低分子量肝素

---

- 低分子量肝素(LMWH, Low Molecular Weight Heparin)
- 五糖片段对于激活抗凝血酶与凝血因子Xa的结合已经足够，但是充分抑制凝血酶则需要至少18个糖基的寡糖片段
- 低分子量肝素抗血栓作用优于肝素，而抗凝血作用低于肝素，生物利用度高，体内半衰期长临床副作用小，成为肝素类药物研究的热点。

## 2.5 糖复合物

- 糖蛋白 (Glycoprotein)
- 蛋白聚糖 (Proteoglycan)
- 糖脂 (Glycolipid)
- 肽聚糖 (Peptidoglycan)
- 脂多糖 (Lipopolysaccharides)
- 核苷 (Nucleotide)
- .....

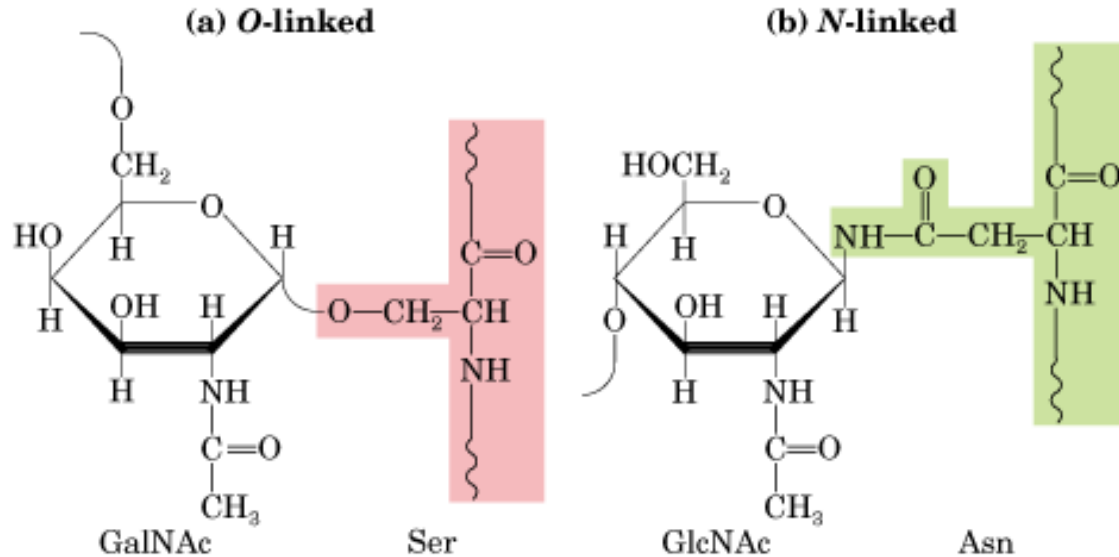
糖复合物中的糖链

# 糖蛋白

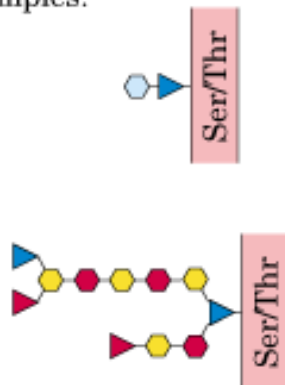
---

- 许多跨膜蛋白和分泌蛋白上都共价连接了寡糖链，形成糖蛋白。生物体内大多数蛋白质是糖蛋白。
- 寡糖链担负着一些重要作用，如细胞粘着、生长、分化、识别等等。
- 寡糖链上单糖残基种类和糖苷键变化导致其可能的排列组合的结果非常多样，所以寡糖链的信息量十分丰富。
- 糖蛋白中常见的糖基有Fuc, Gal, Man, GalNAc, 和 Sia (或 NeuNAc)。
- 糖链、糖肽键和多肽是组成糖蛋白的三部分。

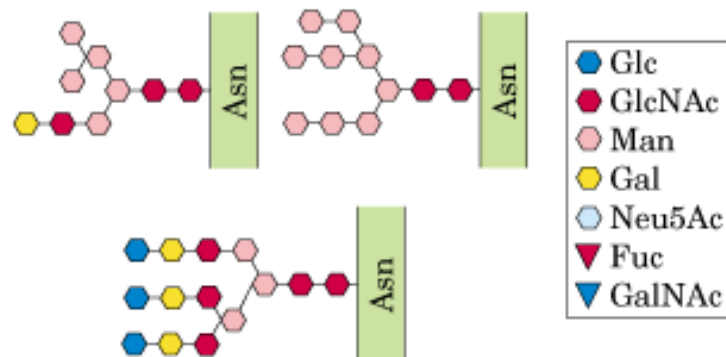
# 糖蛋白的结构



Examples:



Examples:



- Glc
- GlcNAc
- Man
- Gal
- Neu5Ac
- ▼ Fuc
- ▼ GalNAc

# 糖蛋白的结构

---

糖蛋白中的寡糖链有两种连接类型：

- **O-连接**：寡糖链共价连接在蛋白质的Ser和Thr残基的羟基氧上。
- **N-连接**：寡糖链共价连接在肽链的Asn残基的酰胺氮上。
  - N-连接寡糖通常具有**五糖核心**，由三个Man和两个 GlcNAc组成。
  - N-连接寡糖的三种类型：
    - 高甘露糖型
    - 杂合型
    - 复杂型

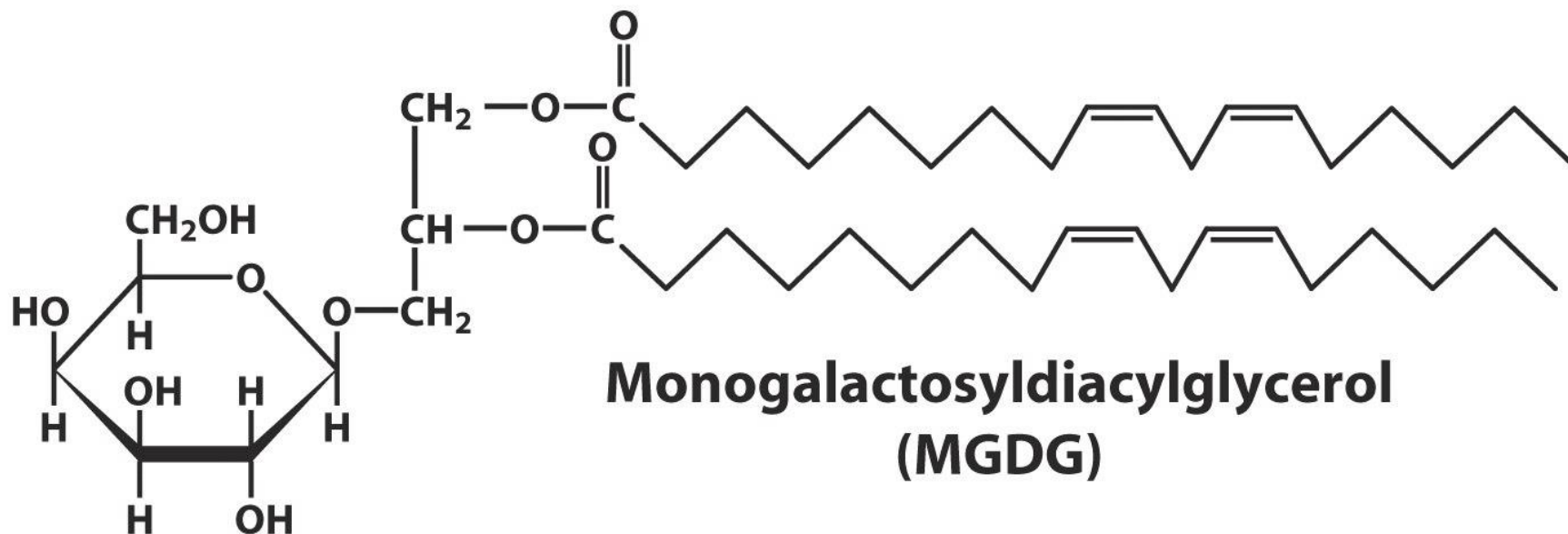


# 糖脂

---

- 甘油糖脂 (Glycoglycerolipids)
- 鞘糖脂 (Glycosphingolipids , GSL)
- 糖基磷脂酰肌醇化蛋白 (GPI protein)

# 甘油糖脂



# 糖复合物中的糖链

---

## 糖复合物中寡糖链的功能

- 亲水性
- 电荷
- 血型抗原
- 分子内相互作用
- 分子间或细胞间相互识别
  - 糖结合蛋白——**凝集素** (lectin) , 介导了许多生物识别过程。

# 分子间和细胞间识别

---

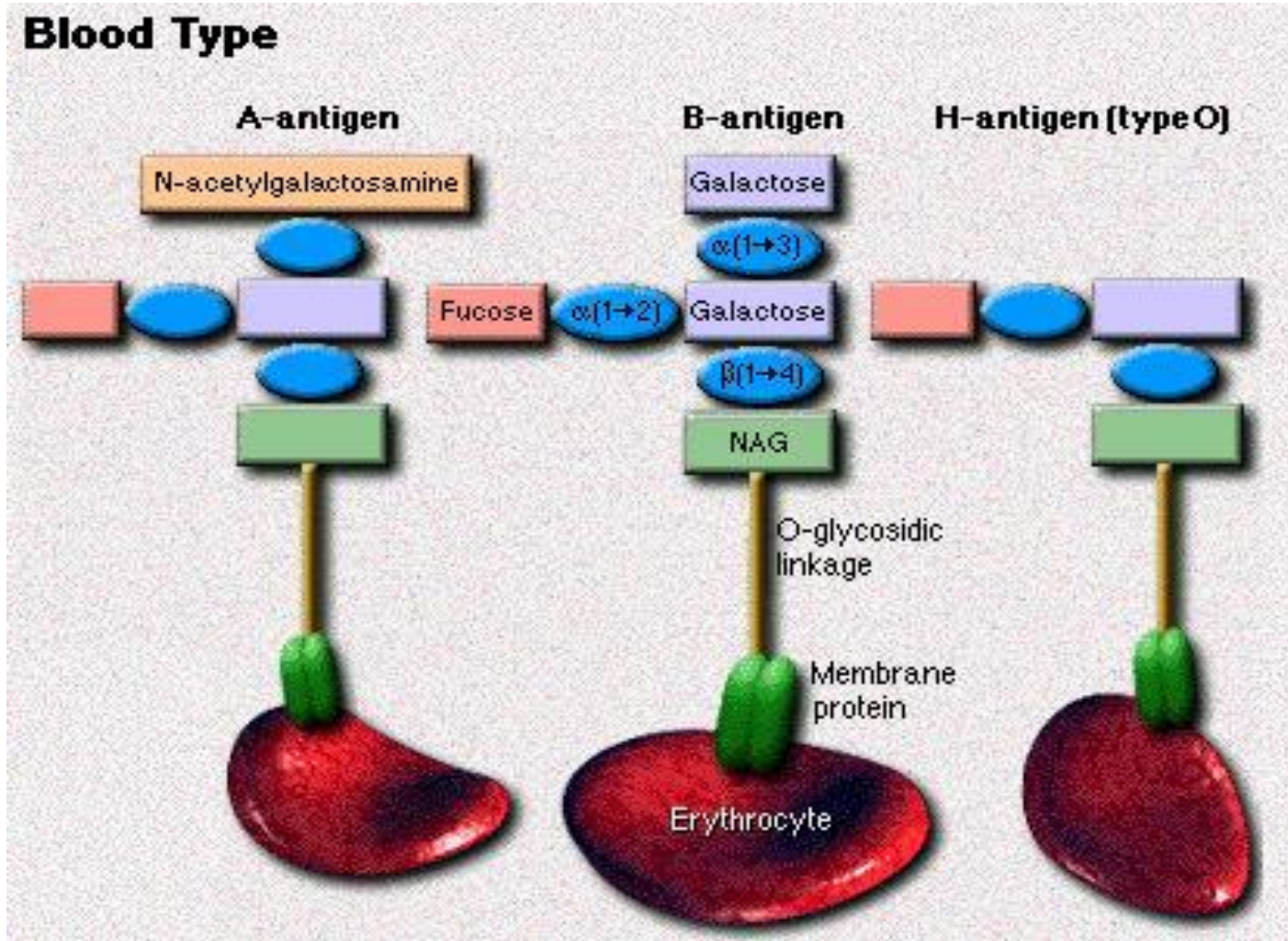
- 分子间识别

- 炎症 (Inflammation)
- 风湿性关节炎 (Rheumatoid Arthritis)

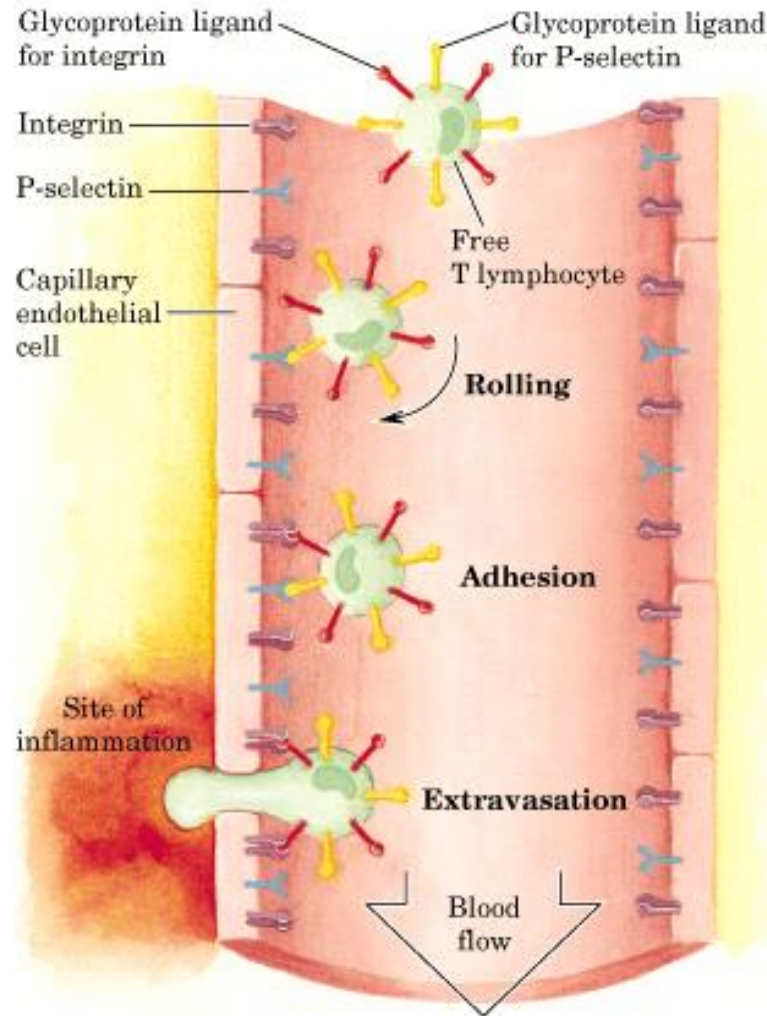
- 细胞识别和细胞粘附

- 受精 (Fertilizing): 卵子表面的糖链被精子表面的受体识别, 对于精卵识别过程十分重要。
- 感染 (Infection): 许多细菌和病毒进入宿主细胞的第一步就是借助细胞表面的糖链识别来完成特异性识别和粘附。

# ABO血型

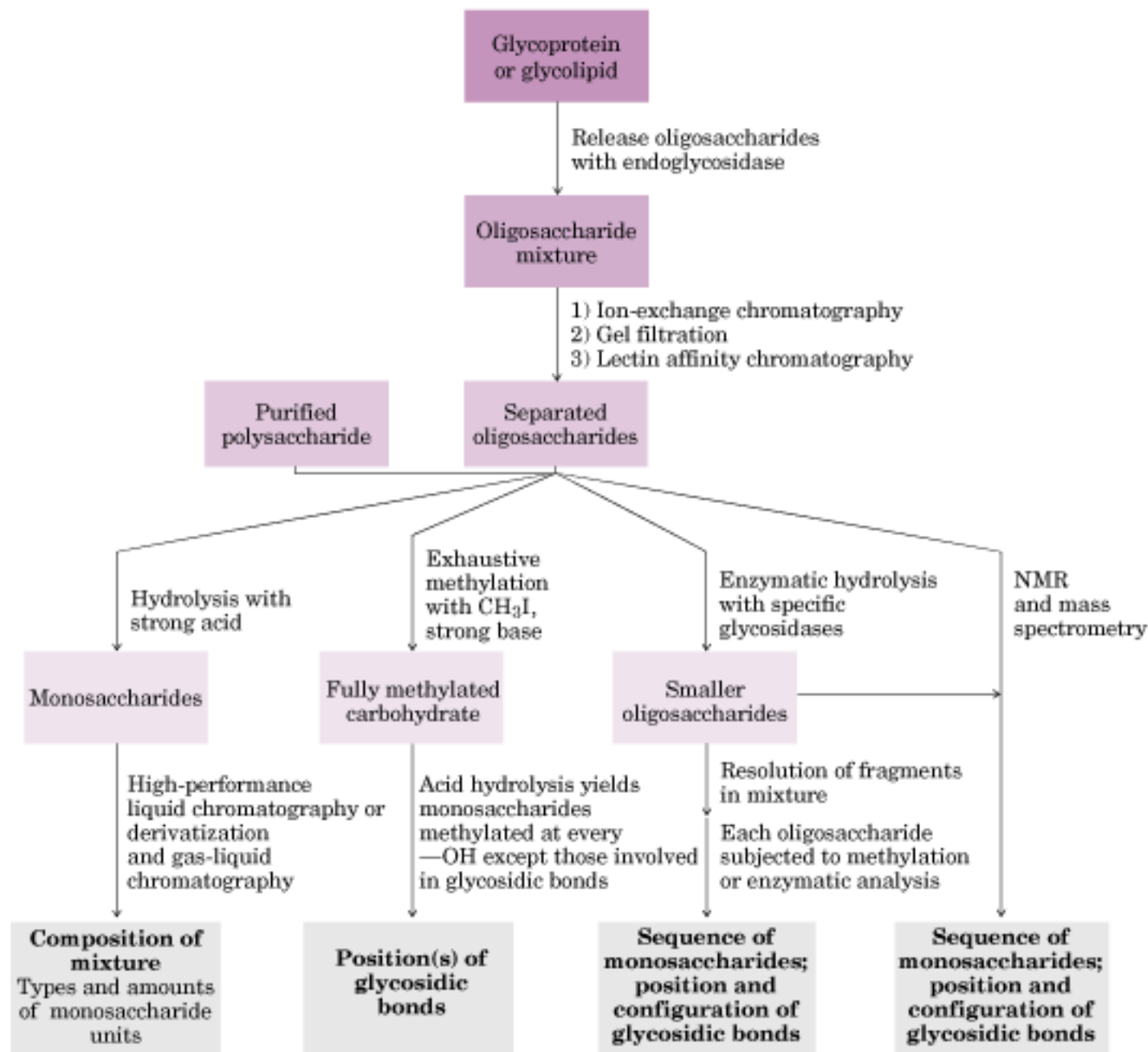


# 炎症反应中的细胞粘附



炎症反应中的细胞粘附是由凝集素与糖链相互作用介导的

# 糖链结构分析方法



# 本章知识点

- 本章需要同学主要掌握糖类化合物的定义，以葡萄糖为例记忆单糖的分子结构、构型、构象
- 掌握名词：构型、构象、差向异构体、对映体、异头体
- 掌握旋光度与变旋现象
- 单糖的化学性质：Fehling反应、成苷反应、糖苷键、
- 重要的二糖：还原糖非还原糖，还原端；蔗糖，乳糖、麦芽糖的还原性，糖苷键；
- 多糖：直链淀粉和支链淀粉、糖原、纤维素和几丁质
- 糖复合物包括糖蛋白的结构：O-连接：寡糖链共价连接在蛋白质的Ser和Thr残基的羟基氧上。N-连接：寡糖链共价连接在肽链的Asn残基的酰胺氮上。
- 糖脂的组成。
- 掌握糖及还原糖测定的基本方法。