

## 第二章 碳水化合物 (Carbohydrates)

### 前言

#### 一. 碳水化合物的存在:

是自然界中最丰富的一类天然有机物质, 占生物界3/4, 主要存在于植物中和人类摄入量的60%左右, 是生物体维持生命活动所需能量的主要来源, 也是食品加工过程中非常重要的一种原料, 不仅含量高, 而且种类也相当多 (表3-1)

同人类关系密切

#### 二. 分类: 多聚物聚合度大小

1. 单糖: Monosaccharides 组成单位, 不能被水解的最简单糖类
2. 双糖: Disaccharides 蔗糖
3. 低聚糖: Oligosaccharides n: 2-10 寡糖、棉籽糖
4. 多糖: Polysaccharides 淀粉

### 第一节 单糖及其相关化合物

#### 一. 单糖:

(一). 定义: 碳水化合物的最小组成单位, 不能进一步水解, 是带有醛基或酮基的多元醇

(二). 种类

1. 醛糖 (Aldose): 有醛基 由D-甘油醛衍生 (图3-1)
2. 酮糖 (Ketose): 有酮基 由二羟基丙酮衍生 (图3-2)
3. 衍生物:
  - (1). 糖醇 (Sugar alcohols): 羰基被还原  $-\text{CHO} \rightarrow -\text{CH}_2\text{OH}$
  - (2). 醛糖酸 (Aldonic acids): 醛基被氧化  $-\text{CHO} \rightarrow -\text{COOH}$
  - (3). 糖醛酸 (Uronic acids): 羰基对侧末端  $-\text{CH}_2\text{OH}$  变成酸  $-\text{COOH}$
  - (4). 氨基糖 (Amino-sugars): 导入氨基  $-\text{OH}$  被  $-\text{NH}_2$  取代
  - (5). 脱氧糖 (Deoxy-sugars): 脱氧  $-\text{OH}$  被  $-\text{H}$  取代
  - (6). 脱水糖 (Anhydro-sugars): 分子内脱水成环
- (三). 食品中单糖存在的形式: 半缩醛式或酮

1. 呋喃糖 (Furanoses): 5元环半缩醛结构
2. 吡喃糖 (Pyranoses): 6元环半缩醛结构 比呋喃糖稳定

(四). 通性:

(五). 食品中存在:

水果, 蜂蜜. 食品加工原料: 葡萄糖, 淀粉糖浆, 异构糖

#### 二. 单糖的相关化合物 (衍生物):

##### (一). 氨基糖

存在于粘多糖, 血型物质, 软骨和糖蛋白中 (图3-3)

##### (二). 糖苷 (Glycosides):

1. 定义: 单糖以半缩醛或酮形式存在, 生成一个新的羟基, 特别活泼, 称为半缩醛羟基, 和其它分子醇的羟基或酚羟基结合, 脱去一分子水生成糖苷

糖苷配基: 结合到分子上的物质 (非糖部分) (图3-4)

2. 通性:

3. 苦杏仁苷: (产氰糖苷) (图3-5)

存在杏仁, 木薯, 高粱, 竹和菜豆中

防止氰化物中毒: 不食或少食用, 收获后短时间贮存, 经蒸煮后充分洗涤除去氰化物

(三). 糖醇: 不含醛基、无还原性 (图3-6)

山梨糖醇, 木糖醇: 用作糖尿病人的食糖代用品

人体代谢中, 被E氧化首先转化为果糖, 比葡萄糖和蔗糖好得多

较稳定, 能长期保存, 制成糖果受热或冷却时不会损耗, 用于保鲜和保软 (糖果业)

木糖醇: 不会造成龋齿 (口腔细菌不能发酵木糖醇) 风味清凉爽口

(四). 脱氧糖: DNA的糖组分 2-脱氧-D-核糖 (图3-7)

### 第二节 低聚糖

一. 定义: 由2-10个左右的单糖, 靠糖苷键接合, 醛糖C-1上半缩醛的羟基 (酮糖则在C-2上) 和其它单糖的羟基经脱水, 通过缩醛形式结合而成的

二. 性质: 水溶性, 分为还原型和非还原型两类

### 三. 种类 (图3-8)

食品中常见的双糖类型: (图3-9)

1. 海藻糖型:两个单糖都以还原性基团形成糖苷键

无还原性

蔗糖, 海藻糖

2. 麦芽糖型:存在一个自由醛基,有还原性 (还原型半缩醛羟基与非还原性醇羟基相结合)

麦芽糖, 异麦芽糖, 龙胆二糖, 纤维二糖

四. 蔗糖:

1. 分布:广泛分布于植物果实和汁液中,高能量食物的主要成分,尤以甘蔗和甜菜中含量最多

2. 结构:2-D-吡喃葡萄糖-β-D-呋喃果糖苷

3. 性质

五. 乳糖:还原糖

游离态存在于哺乳动物乳汁中,牛乳4.5-5.5% 人乳5.5-8.0%

乳酸菌使乳糖发酵变乳酸,乳糖存在可促进婴儿肠道双歧杆菌的生长

小肠内β-半乳糖酶作用

不易吸潮,不易被E水解,常用作赋形剂

### 第三节 碳水化合物的性质

#### 一. 变旋作用(Mutarotation)

当一个结晶的还原糖溶解于水时,产生重排而达到平衡状态,原先的旋光值也要变化达到最后一个常数

β-D-葡萄糖  $[\alpha]_D + 18.7^\circ$  ----|

α-D-葡萄糖  $[\alpha]_D + 112^\circ$  ----|  $[\alpha]_D + 53^\circ$

放置一段时间,达到最后平衡过程往往很慢

煮沸,加酸或碱催化加速反应速度

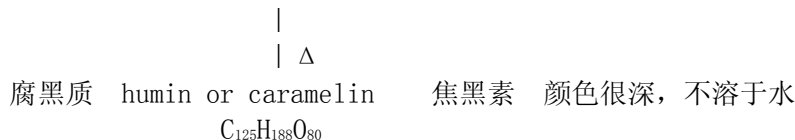
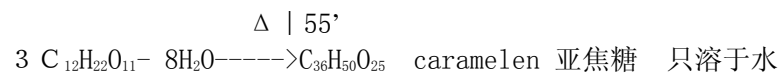
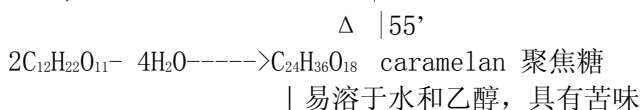
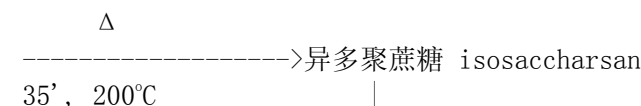
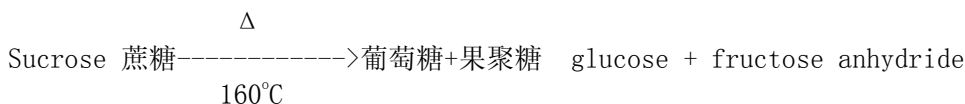
如加几滴氨水,立即达到平衡,但过量产生其它反应

所用还原糖都有变旋作用 (图3-10)

#### 二. 焦糖化反应(Caramelization)

糖和糖浆直接加热,在温度超过100°C时,随着糖的分解形成褐色,引起焦糖化反应。少量的酸、碱、磷酸和某些盐催化下,这种反应会加速进行

大多数热解引起脱水,后产生脱水糖,用来制造焦糖色素和风味物



#### 三. 结晶作用(Crystallization):

1. 糖溶液越纯越易结晶

2. 非还原性低聚糖比还原性低聚糖易结晶

3. 混合糖比单一糖难结晶

4. 蔗糖结晶V受溶液浓度,温度,杂质的性质和浓度等因素影响

5. 乳糖 < 93.5°C 过饱和溶液中 --> α-水合型乳糖 (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub> · H<sub>2</sub>O)

水中溶解度小,质地坚硬,口中产生砂质感

> 93.5°C --> 无水β-乳糖 溶于水

#### 第四节 多糖 (Polysaccharides)

##### 一. 通性

##### 二. 分类: 生理功能

1. 形成植物的 " 骨骼 " 及组织者: 纤维素
2. 有贮存作用者: 淀粉, 肝糖元
3. 废弃物: 细菌, 微生物所产生的粘液

##### 三. 淀粉 (Starch)

1. 定义: 由直链淀粉 (Amylose) 和支链淀粉 (Amylopectin) 组成。都是 D-葡萄糖的聚合物, 在所有多糖中, 唯一以分离的小包形式 (颗粒) 存在, 是大多数植物的主要贮备物。种子, 根和茎中最丰富。

##### 2. 性质 (表3-2)

(1) 直链淀粉: 溶于热水, 由100~2000葡萄糖分子以  $\alpha-1, 4$ -键连结, 难以糊化, 易于老化

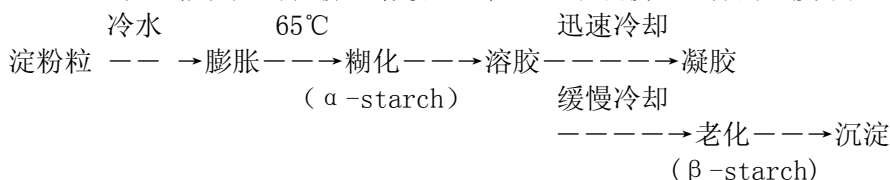
(2) 支链淀粉: 热水中膨胀成胶体, 以  $\alpha-1, 4$ -键结合形成主链, 有长度不等 (10-20葡萄糖残基) 的支链, 以  $\alpha-1, 6$ -键结合在主链上

##### 3. 淀粉的膨胀, 糊化及老化:

(1) 膨胀: 淀粉粒在冷水中不溶, 但可吸水湿润

(2) 糊化: 膨胀后如加热至65°C左右, 淀粉粒子会发生急剧膨胀, 溶液粘度骤增, 淀粉粒也有少量可 " 溶化 ", 继续加热, 最终会消失淀粉粒而全部 " 溶于 " 水中, 稍冷后, 则形成溶胶, 淀粉糊化温度, 随淀粉的种类而异, 大约在60°C-80°C之间

(3) 老化: 糊化后的淀粉 " 溶液 ", 在室温下或较室温低的温度下久置后, 会发生凝结而沉淀



##### 老化条件:

一般已糊化的食品, 在水分含量30-60%, 温度为0°C时, 最易老化

老化作用随溶液冷却的程度而变, 直链淀粉较支链淀粉更易老化

##### 防止老化:

添加适当膨胀剂, 保持在较高温度上, 糊化后对产品迅速脱水

$\alpha$ -淀粉: 糊化, 淀粉形成海绵状的网状结构, 易为酶所水解、口感上较柔软, 粘着力也大, 易为人们食用

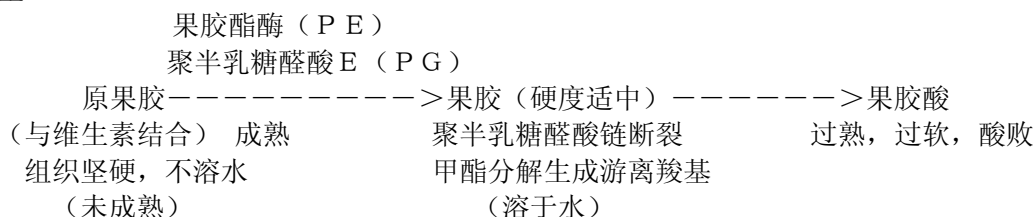
$\beta$ -淀粉: 老化, 分子发生收缩, 恢复原有组织结构, 弹性差, 口感上发硬, 不易为酶所水解

#### 七. 果胶质 (Pectic substances)

(一) 组成: 是果胶及其伴随物 (阿拉伯聚糖, 半乳聚糖, 淀粉和蛋白质等) 的混合物, 果胶是半乳糖醛酸基单位组成的高聚物, 其中羧基部分地被甲酯化

(二) 结构: (图3-11)

(三) 类型:



(四) 形成凝胶的条件、形成机理、影响强度的因素:

1、形成机理: 高度水合的果胶束因脱水和电性中和形成凝聚体, 凝胶连接成松弛的三维网络结构, 氢键, 范德华力

2、影响强度的因素:

(1) 酯化程度 (甲氧化度) 最主要。越高, 凝胶强度越大, V 越快。网络结构中心位于酯基团之间

(2) 分子量

3、形成凝胶的条件:

浓度0.3-0.5% PH2.0-3.5 蔗糖浓度60-65%

多价阳离子代替糖, PH值不需那么低, 形成盐的果胶分子离解不可逆,

果胶酯化度 (DE) 对凝胶形成有很大影响 (表3-3)

(五) 果胶在食品加工中的用途