

第三章 碳水化合物



什么是碳水化合物？

- 碳水化合物是由**碳原子**、**氢原子**、**氧原子**通过含有能量的化学键结合在一起的产物，也称糖类。

单糖

- **单糖**：是碳水化合物的基本单位，不能再被水解。
- 半乳糖、葡萄糖、果糖
- 所有食物中的低聚糖和多糖摄入人体后，都必须水解成单糖后才能被人体吸收。

双糖

- 是由2个单糖分子脱水缩合而成的糖，完全水解后得到相应分子数的单糖。
- 麦芽糖、乳糖、蔗糖

- 1、麦芽糖：
- 麦芽糖为白色晶体，易溶于水，甜度为蔗糖的46%。
- 麦芽糖在自然界主要存在于发芽的谷粒，尤其是麦芽中。
- 易消化，糖类中营养最丰富。

- 饴糖：利用大麦芽中的淀粉酶可使淀粉水解为糊精和麦芽糖的混合物。



➤ 2、乳糖:

- 乳糖存在于哺乳动物的乳汁中，人乳中含量约为5%-8%，牛羊乳中含量为4%-5%，人乳和牛乳等中含有的乳糖结构不同，被消化吸收状况不同。
- 乳糖能溶于水，无吸湿性，甜度为蔗糖的39%。

- 乳酸菌使乳糖发酵变为乳酸。
- 乳糖容易吸收香气成分和色素。
- 乳糖的存在可以促进婴儿肠道双歧杆菌的生长。
- 乳糖不耐症。



➤ 3、蔗糖:

- 蔗糖是无色晶体，易溶于水。
- 蔗糖是最重要的甜味剂，但近来发现许多疾病可能与过多摄入蔗糖有关，比如龋齿，肥胖，高血压，糖尿病。
- 蔗糖水解后，因其含有果糖，所以甜度比蔗糖大。



1) 冰糖的制作

利用蔗糖的再结晶性质，即蔗糖溶液在过饱和时，不但不能形成晶核，而且蔗糖分子会成列地排列，被晶核吸附在一起，从而重新形成晶体。烹饪中制作挂霜菜也是利用了这一原理。

2) 水果硬糖的制作

利用转化糖的难结晶。蔗糖若与转化糖浆熬制，随着浓度的升高，其含水量降低到2%左右时，停止加温并冷却。这时蔗糖分子不易形成结晶，而只能形成非结晶态的无定形态——玻璃体。玻璃体不易被压缩、拉伸，在低温时呈透明状并具有较大的脆性。拔丝菜的制作依据也在于此。

低聚糖

➤ 大豆低聚糖

棉子糖 } 胀气物
水苏糖 }

➤ 低聚果糖

明显改善肠道菌群

促进机体对钙的吸收

抗龋齿

代谢不依赖胰岛素

低聚果糖存在于天然植物中
香蕉、蜂蜜、大蒜、西
红柿、洋葱

多糖

■ **多糖：** 多糖是由很多个单糖分子失水缩合而成的高分子化合物，其单糖单体少则几十个，多则成千上万个，水解后可以生成多个单糖分子。

■ 淀粉，纤维素、果胶

➤ 多糖的性质：

- (1) 无甜味。
- (2) 不溶于水，大多数难以消化：如纤维素和半纤维素。
- (3) 不同水溶性多糖分子可形成不同特性的凝胶。
- (4) 多糖在酶或酸的作用下依水解程度不同而生成单糖残基数不同的糖类物质，最后完全水解生成单糖。

■ 淀粉：

➤ 淀粉的概念：

淀粉是许多葡萄糖组成的被人体消化吸收的植物多糖，是人类碳水化合物的主要食物来源。

- 淀粉积蓄于植物的种子、茎、根等组织中，是人类食物的重要物质，也是轻工业和食品工业的重要原料。
- 粮食是粮食种子中最重要的贮藏性多糖；淀粉在禾谷类籽粒中含量特别多，含糖总量的90%左右。



淀粉的糊化：

(1) 概念：

淀粉粒不溶于冷水，若在冷水中不加以搅拌，淀粉粒因其比重大，而沉淀。但若把淀粉的悬浮液加热，到达一定温度时（一般在55℃以上），淀粉粒突然膨胀，因膨胀后的体积达到原来体积的数百倍之大，所以悬浮液就形成粘稠的糊状胶体溶液，这一现象称为“淀粉的糊化”。

(2) 糊化的淀粉的特点：

- 更可口，更利于人体的消化吸收，更容易被淀粉酶所水解（原因：多糖分子吸水膨胀和氢键断裂，从而使淀粉酶能更高地对淀粉发挥酶促消化作用）。

➤ 淀粉的老化:

(1) 概念:

已糊化的淀粉稀溶液，在低温下静置一定时间后，溶液变混浊，溶解度降低，而沉淀析出。如果淀粉溶液浓度比较大，则沉淀物可以形成硬块而不再溶解，也不易被酶作用，这种现象称为淀粉的凝沉作用，也叫淀粉的老化作用。这种淀粉叫“凝沉淀粉”或“老化淀粉”。

老化

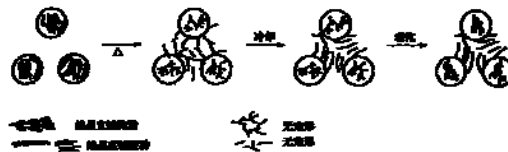


图 8-81 淀粉颗粒在加热与冷却时变化

稀淀粉溶液冷却后，线性分子重新排列并通过氢键形成不溶性沉淀。

一般直链淀粉易老化，直链淀粉愈多，老化愈快。支链淀粉老化需要很长时间。

■ 糖原:

➤ 1、**概念:** 糖原是动物体内的多糖类贮藏物质，又称动物淀粉。

➤ 2、**生理功能:** 主要存在于肝和肌肉中，因此有肝糖原和肌糖原之分。糖原在动物体中的功用是调节血液中的含糖量，当血液中的含糖量低于常态时，糖原就分解为葡萄糖，当血液中含糖量高于常态时，葡萄糖就合成糖原。

■ 纤维素:

➤ 1、**存在:** 棉花，麻，木材，植物细胞壁。

➤ 2、**功能:**

- (1) 促进肠胃的正常蠕动;
- (2) 降低体内胆固醇水平;
- (3) 调节糖尿病患者的血糖水平;
- (4) 食品加工中，半纤维素能提高面粉结合水的能力，且有助于蛋白质与面团的混合，增加面包体积和弹性，改善面包结构，延缓面包的老化。

➤ 3、**改性纤维素:** 将天然纤维素经适当处理，改变其原有性质以适应不同食品的加工需要，称为改性纤维素。

(1) 羧甲基纤维素 (CMC)

a、概念: 由纤维素与氢氧化钠、一氯乙酸作用生成的含有羧基的纤维素醚称为羧甲基纤维素。

b、性质: 良好的持水性，粘稠性，保护胶体性，薄膜形成性。

c、用途: 增稠剂，胶凝剂，组织改进剂。

(2) 甲基纤维素 (MC)

a、概念: 由纤维素与氢氧化钠、一氯甲烷反应而成。

b、性质: 增稠、表面活性、薄膜形成性和形成热凝胶。

c、功能: 添在焙烤食品中可增加焙烤食品的吸水力和持水力; 添加在油炸食品中，可降低食品的吸油率; 在一些疗效食品中，用作低热量无营养填充剂。在无面筋食品中提供了质构，用于冷冻食品时能抑制脱水收缩。

■ 果胶:

- 1、**分布:** 植物细胞的细胞壁和胞间层中, 水果蔬菜中含量较多。
- 2、**分类:** 原果胶, 果胶酯酸和果胶酸

原果胶: 泛指一切水不溶性果胶类物质。存在于未成熟的水果和植物的茎叶里。它使未成熟的水果, 蔬菜质地坚硬。随着水果的成熟, 原果胶在酶的作用下逐步水解为有一定水溶性的果胶酯酸, 水果也就由硬变软了。

- 3、**性质:** 亲水胶体物质, 水溶液在适当条件下可以形成凝胶。
- 4、**用途:** 制作果酱, 果冻的胶凝剂, 还可用于乳制品, 冰淇淋, 调味汁, 蛋黄酱, 果汁, 饮料等食品中作稳定剂和乳化剂。

膳食纤维

食物中不能被人体消化酶分解的多糖的总称。

严格而言不是营养素, 但因其特殊生理作用, 营养学上仍将它作为重要的营养素。

种类	主要食物来源	主要功能
不溶性纤维		
木质素 纤维素 半纤维素	所有植物 所有植物 (如小麦制品) 小麦、黑麦、大米、蔬菜	正在研究之中 增加粪便体积 促进胃肠蠕动
可溶性纤维		
果胶、树胶、粘胶 少数半纤维素	柑橘类、燕麦制品 和豆类	延缓胃排空时间、减缓葡萄糖吸收、降低胆固醇

译自: Perspective in Nutrition, 第三版, 第82页, 1996年。



碳水化合物		主要特性
可利用碳水化合物	葡萄糖	机体基本的碳水化合物, 亦称血糖
	果糖	果糖代谢不受胰岛素控制, 甜度比葡萄糖高
	蔗糖	食用量最多的双糖, 与血脂有一定的关系
	乳糖	存在于乳汁中, 其主要功能为提高婴儿肠道抵抗力和钙的吸收率
	淀粉	自然界中最多的碳水化合物之一, 不溶于冷水, 加热成胶状易于消化

碳水化合物		主要特性
不可利用碳水化合物	糖 原	易溶于水，在酶作用下迅速分解为葡萄糖，动物肝、肌肉等组织含量高
	纤维素	葡萄糖以 β -1、4糖苷键合成，人类无酶分解它，纤维素具有维持机体正常消化功能
	果胶类	以葡萄糖醛酸为主链构成的一种无定形物质，主要存在与果蔬等软组织中，易与食物中无机盐结合，而影响无机盐的吸收
	木质素	人类和草食动物都不能消化，具有刺激肠道蠕动，维持机体消化功能的正常

§ 2 碳水化合物的功能

一、供给能量

- 比脂肪和蛋白质更易消化吸收，产能快，更经济。
- 每克葡萄糖可供能4kcal(17kJ)，是生命的燃料。
- 肌肉活动的肌糖原是肌肉活动最有效的能量来源。
- 心肌的活动靠磷酸葡萄糖和糖原氧化供给能量。

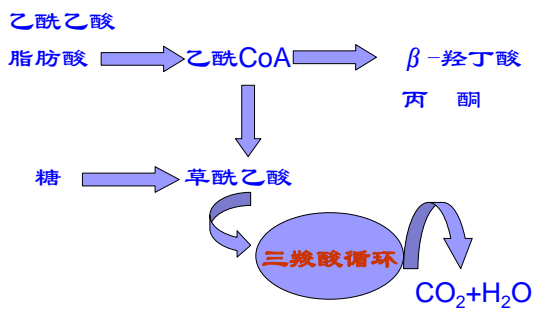
二、构成肌体

- 糖脂是细胞膜和神经组织的结构成分之一
- 糖蛋白是细胞膜的组成成分之一
- 机体中许多抗体、维生素、激素的重要组成部分
- 血糖则是神经组织的唯一能源
- 传递信息

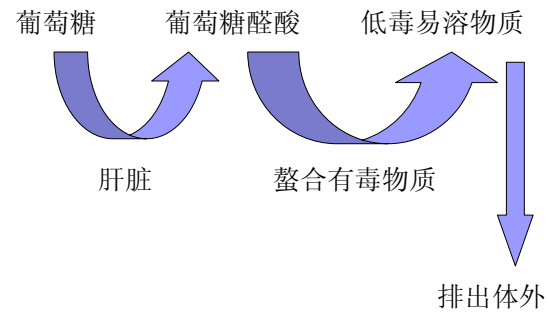
三、节约蛋白质

- 肌体一切生命活动都是以能量为基础，当碳水化合物供能不足时，将由蛋白质、脂肪产能来弥补。即为糖类对蛋白质的保护作用。

四、脂肪代谢的调节作用



五、保肝解毒作用



六、增强肠道功能

非淀粉多糖类如纤维素和果胶、抗性淀粉、功能性低聚糖等抗消化的糖水化合物，虽然不能在小肠内消化吸收，但能刺激肠道蠕动，增加结肠的发酵，发酵产生的短链脂肪酸和肠道菌群增殖，有助于正常消化和增加排便量。

七、起润滑作用

- 糖蛋白和蛋白多糖有滑润作用。
- 关节液中有大量透明质酸，是关节活动的润滑剂。
- 消化液中的糖蛋白，使食糜易于移动，且可包裹食糜和粪便，使肠粘膜免受机械和化学的损伤。
- 呼吸道的糖蛋白，有防止支气管和肺泡上皮干燥、保护呼吸道免受气体和微生物侵入的作用。
- 生殖系统的糖蛋白和蛋白多糖，有润滑和利于精子运动，保护胚胎等作用。

八、保护蛋白质不被蛋白酶消化

- 有些蛋白质，如酶和消化液中的糖蛋白，平常不被蛋白酶所消化，是由于分子中的糖链在保护他们。
- 糖链结构的改变，如颌下腺分泌的糖蛋白去掉末端的唾液酸后，即被消化道的蛋白酶消化。

食品中单糖和低聚糖的功能

1、甜味:

- 甜度：一般以10%或15%的蔗糖水溶液在20℃时的甜度为1.0 人所能感觉到的甜味因糖的组成、构型和物理形态而异。
- 单糖都有甜味，果糖最甜。
低聚糖部分有甜味
多糖无甜味
- 优质的糖应甜味纯正，甜度适宜，达到最甜和消失甜味的速度都很快。

2、风味结合功能:

- 碳水化合物可使糖-水的相互作用转变为糖-风味物质的相互作用。这样就保持了食品的颜色和风味
- 双糖和分子量较大的低聚糖比单糖更能有效结合风味。

➢ 焦糖化反应:

焦糖化反应：直接加热 $T > 100^{\circ}\text{C} \rightarrow$ 焦糖化

焦糖色素：我国使用的天然色素之一，安全性高，但加铵盐制成的焦糖色素含4-甲基咪唑，有强致惊厥作用，含量高时对人体造成危害，我国食品卫生法规定焦糖色素在食品中的添加量不得超过200mg/kg。

美拉德反应:

还原性糖 + 蛋白质

反应生成类黑精色素和褐变风味物质, 产生一定的色泽和风味

不利: 部分氨基酸的损失, 尤其是L-赖氨酸



■ 有利:

增加色泽、香味, 产生风味。类黑精可抑制脂肪自动氧化。

■ 不利:

引起食品色泽变劣

破坏食品中的必需氨基酸、造成营养损失

产生有害物质

3、结晶性:

- 糖溶液越纯越容易结晶。
- 某些糖产生内在“不纯”而难以结晶。
- 混合的糖比单一的糖难结晶。
- 各种糖的结晶性不一样

蔗糖易结晶, 晶体大

葡萄糖易结晶, 晶体小

果糖、转化糖难结晶。

4、渗透压

- 单糖的渗透压对于抑制不同的微生物生长是有差别的。
- 50% 蔗糖液可以抑制一般酵母生长。
- 65% 蔗糖液才能抑制一般细菌生长。
- 80% 蔗糖液才能抑制一般霉菌生长。
- 蜜饯、果脯是靠糖的渗透压高才具有较好的保存性。

5、粘度

在食品生产中, 可调节糖果的粘度以适应糖果制作中拉条、成型, 提高粘度和可口性, 如: 水果罐头, 果汁饮料、食用糖浆中应用淀粉糖浆以增加粘稠感。

6、吸湿性与保湿性 (亲水功能)

吸湿性——糖在较高的空气湿度下吸收水分的性质。

保湿性——糖在较低空气湿度下散失水分的性质, 即保持水分的性质。

果糖、转化糖的吸湿性最强

葡萄糖、麦芽糖的吸湿性次之,

蔗糖的吸湿性最小

糖类的消化和吸收

- 当谈到淀粉和糖类时,身体各系统的主要任务就是要把它们转化为葡萄糖从而为细胞的活动提供能量;
- 膳食纤维在帮助控制消化的同时也能在肠道细菌的作用下产生少量能量。

§ 4 体内葡萄糖的利用

1、葡萄糖降解提供能量

- 不可逆点;
- 在低于身体最低需要时: 身体将降解自己的肌肉或其他蛋白质组织以获得葡萄糖, 或将脂肪转化为酮体并导致酮病。

2、将葡萄糖贮存为糖原

- 糖原是身体储存葡萄糖的形式;
- 肝脏存储着供全身利用的糖原;
- 肌肉存储着供它们自己用的糖原;
- 胰高血糖素刺激肝糖原释放葡萄糖。

3、向血液释放葡萄糖

- 血糖主要通过胰岛素和胰高血糖素调节;
- 食物的糖血效应: 某些食物会导致血糖更大的波动;
- 大多数人能调控好自己的血糖浓度, 尤其是食用一般的混合性食物时。

4、将葡萄糖转化为脂肪

- 肝将多余的能量转化为脂肪;
- 和糖原相比, 脂肪是一种更长久而不受限制的储存能量的化合物。

糖尿病和低血糖

1、什么是糖尿病?

- 糖尿病的诊断: 空腹血糖检测或葡萄糖耐量检测
- I型糖尿病 - 胰岛素依赖型糖尿病: 10%
- II型糖尿病 - 非胰岛素依赖型糖尿病: 90%
- 妊娠糖尿病

2、什么是低血糖？

- 饭后低血糖：在一餐之后会出现或导致低血糖。
- 对有饭后低血糖的人而言，最好避免饮食从低碳水化合物到含糖急速增加，应按时进食，搭配好饮食以保持血糖平稳。避免酒精饮料，酒精会损伤血糖调节功能。

碳水化合物的供给

总能量包括碳水化物的摄入不能过多。

防止碳水化合物占总能量摄入的比例较低、脂肪占总能量比例较高。

中国营养学会推荐我国居民的碳水化物的膳食供给量占总能量的55%~65%较为适宜，其中精制糖占总能量10%以下。

美国FDA提倡每人每天摄入纤维25g，或每天按11.5g/Kcal摄入较为合适。

争论：糖类代用品是否对人体有害

糖类代用品	相对甜度
糖类	
蔗糖	1.0
果糖	1.7
糖醇	
山梨醇	0.5
甘露醇	0.7
异麦芽糖醇	0.6
木糖醇	1.0
无热量的增甜剂	
糖精	300.0
阿斯巴甜	200.0
乙酰氨基磺酸钾	200.0
环己氨基磺酸盐	45.0
三氯蔗糖	600.0
阿力甜	2000.0

做做看

1、食用单糖包括_____。

- A. 蔗糖、果糖、葡萄糖
- ☒ B. 葡萄糖、果糖、半乳糖
- C. 乳糖、麦芽糖、葡萄糖
- D. 糖原、淀粉、纤维

2、人体把过多的葡萄糖转化为糖原或脂肪。

- ☒ A. 对
- B. 错

3、可消化的碳水化合物以_____形式被小肠吸收，随后被运到肝脏转化为_____。

- A. 双糖 / 蔗糖
- ☒ B. 葡萄糖 / 糖原
- C. 单糖 / 葡萄糖
- D. 半乳糖 / 纤维素

4、当没有碳水化合物的情况下，人体以脂肪为燃料会产生_____。

- ☒ A. 酮体
- ☐ B. 葡萄糖
- ☐ C. 淀粉
- ☐ D. 半乳糖

5、当血糖浓度升高时胰腺分泌_____,当血糖浓度降低时胰腺分泌_____。

- ☐ A. 糖原、胰岛素
- ☒ B. 胰岛素、胰高血糖素
- ☐ C. 胰高血糖素、糖原
- ☐ D. 胰高血糖素、胰岛素

6、帮助形成植物支撑结构的多糖为_____。

- ☒ A. 纤维素
- ☐ B. 麦芽糖
- ☐ C. 糖原
- ☐ D. 蔗糖

7、动物肌肉内碳水化合物的存在形式为_____。

- ☐ A. 葡萄糖
- ☐ B. 乳糖
- ☐ C. 半乳糖
- ☒ D. 糖原

8、植物中储存葡萄糖的主要形式为_____。

- ☐ A. 半乳糖
- ☐ B. 糖原
- ☐ C. 蔗糖
- ☒ D. 淀粉

9、构成RNA的糖是哪一种？

- ☐ A. 果糖
- ☐ B. 乳糖
- ☒ C. 核糖
- ☐ D. 蔗糖

10、膳食纤维的功能有_____。（多选）

- ☒ A. 能促进肠道蠕动；
- ☒ B. 降低脂肪的吸收；
- ☐ C. 促进锌的吸收；
- ☒ D. 有饱腹感。

11、麦芽糊精属于_____。

- ☐ A. 单糖
- ☒ C. 寡糖
- ☐ B. 双糖
- ☐ D. 多糖

12、人体中肝脏和肌肉以多糖---糖原的形式储存葡萄糖。

- ☒ A. 对
- ☐ B. 错

13、婴儿膳食中碳水化合物的主要来源是_____。

- ☐ A. 半乳糖
- ☐ B. 糖原
- ☐ C. 葡萄糖
- ☒ E. 乳糖
- ☐ D. 淀粉

14、不溶性膳食纤维包括_____。

- ☒ A. 纤维素
- ☒ C. 半纤维素
- ☐ B. 甘露醇
- ☒ D. 木质素
- ☐ E. 果胶

作业题

- 你认为不良的饮食习惯都有哪些？