

## 第六章 色素

### 概述

#### 一. 色(color):食品质量的第一要素

表示人们对有色物质的一种统称,如红,绿或蓝  
(Colorants)着色剂:

表示具有色泽的任何一种化学物质

#### 二. 色素(Pigments):

##### 1. 定义:

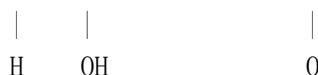
指具有色泽的细胞或组织中的正常成分,属于有机化合物

##### 2. 特点:

###### (1). 可能具有着色剂所没有的性质

能量受体. 氧的载体. 反辐射的保护剂

###### (2). 含有特定的发色基团(>C=C<, >C=O, -C=O, -N=N-, -N=O, -N=S)



和助色基团(-OH, -OR, -NH<sub>2</sub>, -NR<sub>2</sub>, -SH, -Cl, -Br)

##### 3. 呈色性质

自然光 ⊃ 可见光 λ : 4000-8000Å

↳ 不可见光 λ : <4000Å 或 >8000Å

色素吸收一定波长区域内的可见光,反映出被吸收光颜色的互补色

##### 4. 分类: ⊃ 天然色素:食品原料固有的本色或它们原来并没有颜色经简易加工处理(

性质 | 热炒,火烤,发酵等)形成的自然色

↳ 人工色素:外加色素而呈现的色泽

来源: 动物色素. 植物色素和微生物色素三大类

是构成食品色泽的主体

⊃ 四吡咯化合物: 血红素. 叶绿素 ⊃ 脂溶性(Lipochrome)

| 异戊二烯衍生物: 类胡萝卜素 ⊃

色素类型 | 苯呋喃衍生物: 花青素, 类黄酮 水溶性

↳ 其它天然、合成色素

#### 三. 染料 (Pigments): 用在纺织工业上的着色剂, 而不能用于食品

色淀(Lakes): 吸附在惰性载体表面上的食品着色剂

##### 第一节 四吡咯色素 (Porphine Pigments)

共价键

基本单位 : 卟啉环(4个吡咯构成)——>金属元素

配位键

母体结构: 雷核(Porphinnucleus)复杂共轭体系

#### 一. 血红素(Heme): 高等动物血液和肌肉中的红色色素

呼吸过程中O<sub>2</sub>和CO<sub>2</sub>的载体血红蛋白的辅基

##### 1. 类型:

⊃ 肌红蛋白(Myoglobin, Mb): 一分子血红素 + 一分子一条肽链的肌球蛋白 分子量 17000

↳ 血红蛋白(Hemoglobin, Hb): 4个血红素+ 4条肽链的血球蛋白 分子量 67000(4倍)

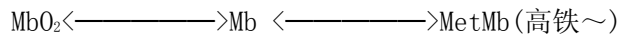
##### 2. 结构:(图6-1)

##### 3. 性质: 新鲜肉中, 存在着三种色素的动态系统

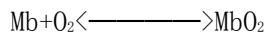
Fe<sup>++</sup>

Fe<sup>++</sup>

Fe<sup>+++</sup>



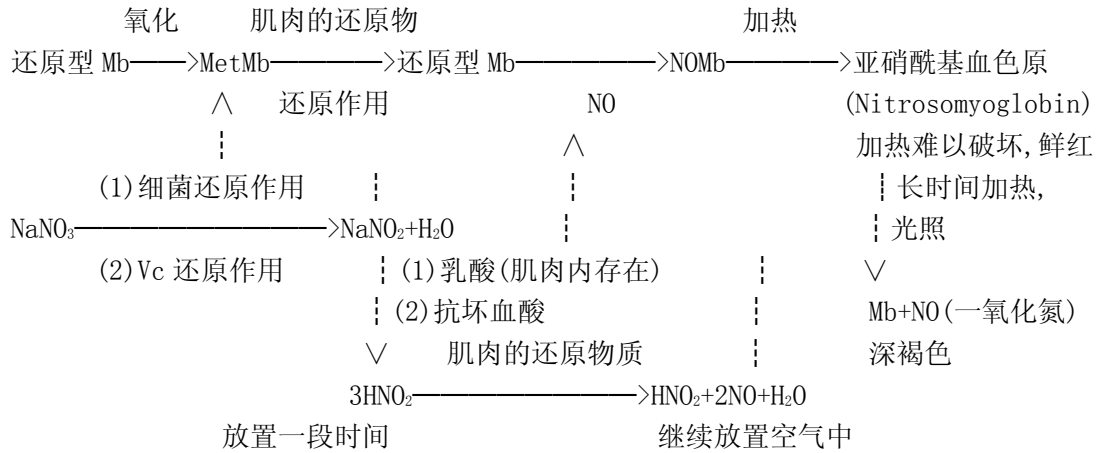
红色                      紫红色                      褐色



高铁血色原 (Hemichrome)

还原性血色原 (Hemochrome)

4. 腌制火腿, 香肠等添加硝酸盐或亚硝酸盐发色剂. 抗坏血酸发色助剂  
作用机制:



5. 刚屠宰新鲜肉 → 肉中还原物质耗尽 → 棕褐色 → 绿色  
鲜红色                      黄褐色                      腐败不可食

二. 叶绿素 (Chlorophylls): 能量的“转化剂”

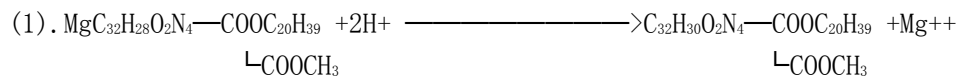
能进行光合作用的色素, 是果蔬中存在的绿色色素

1. 结构: 以雷核为主体

叶绿酸 (Chlorophyllin) 与叶绿醇 (phytol), 甲醇组成的二醇酯

2. 性质:

加热加速反应



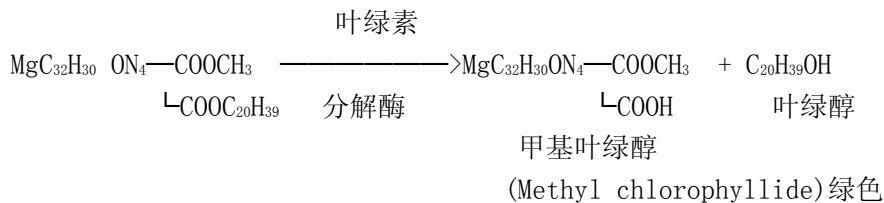
b

脱镁叶绿素 (褐色) (pheophytin)

(2). 弱碱性尚安定, 加热 → 叶绿酸 + 叶绿醇 + 甲醇  
鲜绿色 (较安定)

较高浓度碱处理 → 叶绿酸盐 (更为安定)

(3). 绿叶受伤



杀青 (Blanching) or 漂烫: 保绿措施

将新鲜果蔬经过筛选, 清洗等初加工后, 在 PH6.5-7.0 或稍高一些, 经高温 (75℃ 以上), 短时间烫煮一下, 使叶绿素相结合的蛋白质发生凝固, 从而使叶绿体颗粒不易松散, 可排除组织中的氧气, 避免高温氧化, 使叶绿素分解酶受热失活。

(4). 低温, 中性, 干燥, 绝氧或有还原剂共存时较稳定

## 第二节 类胡萝卜素 (Carotinoids)

### 概述

#### 一、定义:

又称类叶红素, 是类脂溶性的色素, 为动植物产品中许多黄色或红色的来源

二. 结构: 除藏花酸, 胭脂树橙外, 都为四萜类化合物 (图 6-2)

4 个类异戊二烯单位首尾缩合, 两个 20C 的单位再尾, 尾相接, 分子两端连接两个开链结构 or 二个环状结构 or 一个开链一个环状结构

三. 分类: 按其组成和溶解性

1. 胡萝卜素类 (Carotenes): 多不饱和碳氢化合物, 以异戊二烯残基为组成单元的共轭多烯烃色素, 颜色从橙, 黄, 红到紫都有, 溶于石油醚, 微溶于甲醇, 乙醇

2. 叶黄素类 (xanthophylls): 共轭多烯的含氧衍生物, 以醇, 醛, 酮, 酸的形态存在, 溶于甲醇和乙醇

四. 呈色性质:

1. 共轭双键: 数目越多, 主要吸收带越向长波区域移动, 颜色越偏向红色

2. 食物中类胡萝卜素一般全反式, 偶尔单顺式或二顺式

顺反异构体: 新 (neo)- 至少一个顺式双键 原 (pro)- 多一顺

全反式化合物颜色最深, 顺式双键数增加, 颜色变浅

光, 热, 酸等因素 反式——>顺式

#### 一. 类胡萝卜素:

1. 分类:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -及番茄红素

2. 生理活性:  $\beta$ - ——>2VA  $\alpha$ ,  $\gamma$ - ——>1VA 番茄红素无 VA 活性

3. 性质:

常与蛋白质形成络合物, 比游离类胡萝卜素更稳定, 耐 PH 变化, 对热也较稳定, 在有 Zn, Cu, Sn, Al 等金属情况下也不易破坏, 但光和氧起破坏作用, 酶也能引起分解而退色

#### 二、叶黄素类:

#### 三. 食物中的类胡萝卜素

存在形式: 游离态, 结晶态 or 不定形的固体

多与脂肪酸形成酯, 与蛋白质形成配合物, 与还原糖以配糖键结合

## 第三节 多酚类色素 (polyphenols pigment)

基本结构: 母核由苯环和  $\gamma$ -吡喃环结合而成, 配糖基 (aglycone)

以糖苷形式存在于细胞汁液中

常见三种类型: 花青素, 类黄酮和儿茶素

#### 一. 花青素 (Anthocyanins)

一类水溶性的红色色素, 使许多花, 水果, 蔬菜具有鲜艳的颜色

1. 类型: 已知有 20 多种, 食物中重要的有 6 种

名称	结构	存在
天竺葵色素 (pelargonidin)	3, 5, 7, 4-四羟基花青素	草莓, 葡萄
矢车菊色素 (cyanidin)	3, 5, 7, 3', 4'-五羟基花青素	无花果, 樱桃, 桑椹
飞燕草色素 (Delphinidin)	3, 5, 7, 3', 4', 5'-六羟基花青素	茄子, 石榴
芍药色素 (Peonidin)	3, 5, 7, 4'-四羟基-3'-甲氧基花青素	樱桃, 李梅
锦葵色素 (Malvidin)	3, 5, 7, 4'-四羟基-3', 5'-二甲氧基花青素	葡萄 (欧洲产)
牵牛色素 (Petunidin)	3, 5, 7, 4', 5'-五羟基-3'-甲氧基花青素	葡萄, 紫黑浆果

2. 结构:以糖苷形式存在,称花青苷,很少有游离的花青素 (图 6-3)

糖基:葡萄糖,鼠李糖,半乳糖,木糖和阿拉伯糖

非糖部分:3, 5, 7-三羟基花色基原盐酸盐衍生而来

3. 性质

花青素的盐酸盐呈不同的色泽

(1). 与结构有关(羟基, 甲氧基)

增加羟基基团的数目, 可使其蓝色增加, 增加甲氧基基团使红色增加 (图 6-4)

(2). PH 值:

花青素分子中氧原子为四价, 具有伪碱性性质, 与酸形成盐; 又具有酚羟基, 有酸的性质, 可与碱生成盐

∴ 分子结构随 pH 变化而改变, 使颜色变化

矢车菊色素为例:酸性 pH 呈红色, 稀碱溶液 (pH8-10) 呈蓝色

pH>11 时, 很快水解成完全离子化的无色或浅黄色的无色查耳酮 (图 6-5)

(3). 与 Ca, Mg, Mn, Fe, Al 等金属络合, 生成紫红色, 蓝色或灰紫色色淀, 不受 PH 影响而变色

(4). 对光和温度极敏感: 含花青素较多, 光照、较高温度下很快褐变

(5). SO<sub>2</sub>可使花青素退色呈微黄色, 不是由于氧化还原或PH值变化, 而是加成反应 (图 6-6)

(6). 氧或氧化剂存在下极不稳定, 反应机理尚不清楚, 可能酚羟基被氧化成醌

(7). 与盐酸共热生成无色花青素, 一定条件下可转变为相应有色花青素

(8). Vc, AAs, 酚及糖的衍生物, 可能与花青素直接缩合加速失色

(9). 一些酶反应也会使花青素失色

二. 类黄酮(Flavonoids):黄色或无色的色素

1. 结构:

母核 2-苯基苯并吡喃酮-[4], 以糖苷形式存在

与单糖相连位置 4, 5, 7, 3', 7 位置为最常取代者

2. 类型 (图 6-7)

约有 400 种, 主要的有 5 类的衍生物

黄酮, 黄酮醇, 黄烷酮, 黄烷酮醇, 异黄烷酮

食品中最常见的黄酮色素

3. 性质:

(1). 分子中酚羟基的数目和所在的位置对于显色有很大影响

3' or 4' -C 位上有羟基 or 甲氧基多呈深黄色

3-C 位上若有羟基仅显灰黄色

3, 3' or 4' -C 位上均有羟基则颜色加深

(2). 黄酮醇(槲皮素)紫外光下, C3 位上羟基影响带有显著荧光, 呈亮黄色或黄绿色

如在 C3 位上缺少羟基, 紫外光下显棕色

(3). 黄酮类易溶于碱性溶液 (pH11-12) 呈黄, 橙至褐色

OH<sup>-</sup>

橙皮素(白色) <-----> 橙皮素查耳酮(金黄色)

H<sup>+</sup>

(4). 黄酮类的酒精溶液, 强还原剂作用下, 黄酮色素变成橙红色, 黄酮醇变成红色, 黄烷酮和黄烷酮醇紫红色, 被还原后形成各种花青素

Mg+HCl

槲皮素----->青芙蓉色素

(5). 黄酮色素空气中久置, 易被氧化成褐色沉淀

(6). 加热相当稳定, 能与金属螯合

#### 第五节 食品中合成色素

天然色素: 一般稳定性差, 供应量有限

人工合成色素: 色彩鲜艳, 坚牢度大, 稳定性强, 价格低廉

许多以煤焦油作原料, 使用时注意安全性

我国允许使用 4 种: 苋菜红, 胭脂红, 柠檬黄, 靛蓝