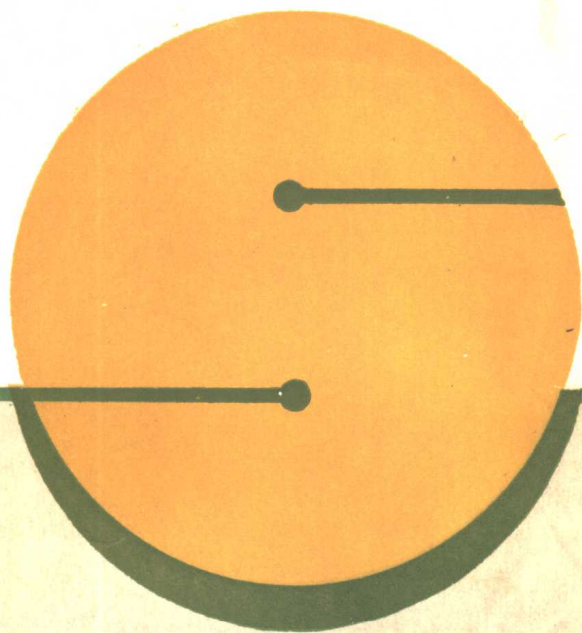




食品色香味化学

黄梅丽 姜汝焄 江小梅 编

轻工业出版社

食品色香味化学

黄梅丽 姜汝焘 江小梅 编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书主要包括：食品中存在的各种与色香味有关的化学成分及色香味形成的机理；它们在加工制造、烹调和贮藏过程中可能出现的变化；对如何促进有利的变化和防止不利的变化，也作了一定说明。本书可供从事食品加工制造、质量检验、烹饪、贮藏等方面的技术人员学习之用，也可供食品科研和教学人员参考。

食品色香味化学

黄梅丽 姜汝燕 江小梅 编

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张：7 $\frac{12}{32}$ 字数：160千字

1984 年5月 第一版第一次印刷

印数：1-12,000 定价：0.97元

统一书号：15042·1840

前 言

社会主义的生产目的是为了不断地满足人民物质文化生活日益提高的需要。在我国人民消费的生活资料中，吃仍是占第一位。随着现代化建设的发展和人民购买力的不断增长，不仅要求有足够数量的食品，而且食品的质量也需要精益求精。关于食品质量的要求，除了必须符合卫生和具有较高的营养价值外，食品的色、香、味也是评价食品质量的一个重要方面。

在现代人的生活中，对食品色、香、味的要求越来越高。食品的色、香、味不仅能使人们在感官上享受到真正的愉快，而且还直接影响着食品的消化吸收。正像巴甫洛夫指出的：“食欲即消化液”。没有食欲就不可能有消化液的分泌，从而食品的消化吸收就会缓慢甚至受到阻碍。倘若食品的颜色悦目，香气诱人和滋味可口，那么，只要见到或嗅到这种食品，甚至只要想到它们，就会引起条件反射，消化器官就能分泌出大量的消化液，帮助人体对食品的消化吸收。巴甫洛夫把这种在食用前所引起的消化液的分泌，称为“反射相”分泌；当食品与消化器官接触后引起的消化液的分泌，称为“化学相”分泌。只有当两者相互结合时，才能产生旺盛的食欲。所以力求把食品的色、香、味搞得更好些，这并不是什么过分的奢侈，而是基于人体生理上的必需，是为了提高人体对食品消化率。

不仅如此，人们通过食品色、香、味的反映和变化，可直接用感官鉴定食品的新鲜度、成熟度、加工精度、品种特征及其发生变化的情况。它比用理化鉴定既节省又方便。即使现代检测技术已广泛应用于食品质量的鉴定，仍不可能完全代替这种又快又省的感官鉴定。但要使食品质量的感官鉴定建立在正确和科学的基础上，必须具备有关于食品色、香、味化学方面的基本知识。因此，研究食品色、香、味化学对提高食品质量有着多方面的实际意义。

我国食品素以色、香、味佳美而称著于世。然而，在我国已出版的食品方面的书籍中，专门论述食品色、香、味化学的书籍还很少。我们收集了国内外有关资料，编写了《食品色香味化学》一书，其主要内容包括：食品中存在的各种与色、香、味有关的化学成分及色、香、味形成的机理；它们在加工制造、烹调 and 贮藏过程中可能出现的变化；对如何促进有利的变化和防止不利的变化，也作了一定说明。本书可供从事食品加工制造、质量检验、烹饪、贮藏等方面的技术人员学习之用，也可供食品科研和教学人员参考。

限于编者的水平，书中出现错误和不足之处在所难免，衷心欢迎读者提出批评和指正。

编 者

目 录

第一章 食品的颜色及其变化	(1)
一、物质的颜色与结构的关系.....	(1)
二、食品中的天然色素.....	(5)
(一) 四吡咯衍生物.....	(6)
(二) 异戊二烯衍生物-类胡萝卜素	(12)
(三) 多酚类衍生物.....	(15)
(四) 酮类衍生物.....	(34)
(五) 甾类衍生物.....	(39)
(六) 甜菜红.....	(43)
三、食品的人工着色.....	(46)
(一) 国内外关于食用色素的使用规定和卫生评价.....	(46)
(二) 食用合成色素的化学结构和性质.....	(49)
(三) 使用合成色素注意的事项.....	(53)
四、食品在加工和贮藏中颜色的变化.....	(54)
(一) 褐变.....	(54)
(二) 植物性食品颜色的变化.....	(78)
(三) 动物性食品色泽的变化.....	(90)
(四) 罐头食品颜色的变化.....	(103)
第二章 食品的滋味及呈味物质	(108)
一、味觉的生理学.....	(109)

二、味的分类·····	(113)
三、酸味和酸味剂·····	(114)
四、甜味和甜味剂·····	(122)
(一) 甜味与化学结构·····	(123)
(二) 影响糖甜度的因素·····	(127)
(三) 甜味剂·····	(131)
五、苦味·····	(143)
(一) 苦味与化学结构·····	(146)
(二) 茶叶与啤酒中的苦味物质·····	(147)
六、辣味·····	(152)
七、咸味·····	(157)
八、涩味·····	(158)
九、鲜味·····	(159)
(一) 琥珀酸(丁二酸)及其钠盐·····	(160)
(二) 谷氨酸及其钠盐·····	(162)
(三) 核武酸·····	(164)
第三章 食品中香味物质·····	(169)
一、嗅味理论·····	(171)
二、香气与化学结构·····	(172)
三、食品中香味形成的途径·····	(182)
四、植物性食品的香气·····	(184)
(一) 水果的香气·····	(184)
(二) 蔬菜的香气·····	(184)
(三) 茶叶的香气·····	(189)
(四) 发酵食品的香味·····	(197)
五、动物性食品的香气·····	(210)
(一) 水产品的香气·····	(210)

(二) 乳与乳制品的香气	(213)
六、食品加热后产生的香气	(216)
(一) 肉类加热后的香气	(219)
(二) 面包加热后的香气	(220)
(三) 花生加热后的香气	(220)
七、香味物质的稳定作用	(221)
八、香味增强剂	(223)
(一) 麦芽酚	(223)
(二) 乙基麦芽酚	(225)
主要参考资料	(227)

第一章 食品的颜色及其变化

食品的色泽是人们评价食品感官质量的一个重要因素。弄清食品中存在的色素及其性质，是食品在加工或贮藏中为保持其正常色泽和防止变色所应采取的各项技术的主要依据。

一、物质的颜色与结构的关系

自然光是由不同波长的射线组成的，肉眼能见到的光，其波长在400~800nm之间，在这区域内的光，叫作可见光。小于400nm和大于800nm区域的光，是肉眼看不到的光，叫不可见光。在可见光区域内，不同波长的光所显示的颜色也不同。

不同的有机物能吸收不同波长的光，如果有机物吸收的光，其波长在可见光区域以外，那么这种有机物是无色的；如果有机物吸收的是可见光区域以内的某些波长的光，那么这种有机物就会有不同的颜色，其颜色是由未被吸收的光波所反映出来的颜色(即被吸收光波颜色的互补色)。例如一种有机物选择吸收的光，其波长为510nm，这是绿色光谱，那么人们能看到它的颜色是紫色，紫色是绿色的互补色。

不同波长的光相应的颜色及肉眼所见到的颜色见表1。

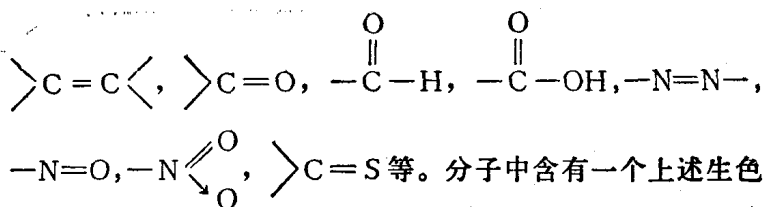
不同波长的光的能量不同，波长越短，能量越高。分子

吸收光后，能引起分子内能量的某些变化，从而产生吸收光谱。如果分子吸收红外区域的光(波长较长，能量较低)，则能引起分子转动和振动能级的变化，产生红外光谱。分子若吸收紫外或可见区域的光，则可引起分子内电子能级(当然也包括转动和振动能级)的变化而产生电子光谱(即紫外和可见光谱)。

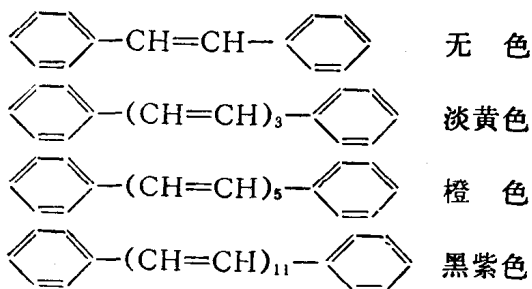
表 1 不同波长光的颜色及其互补色

物质吸收的光		互补色
波长 (nm)	相应颜色	
400	紫	黄绿
425	蓝青	黄
450	青	橙黄
490	青绿	红
510	绿	紫
530	黄绿	紫
550	黄	蓝青
590	橙黄	青
640	红	青绿
730	紫	绿

电子光谱是价电子由能量较低的基态，被激发到能量较高的激发态而产生的。如果价电子在分子中结合较牢，那么激发所需的能量较高，吸收波段应在波长较短的远紫外区。 σ 键(单键)中价电子属于这种情况，因此由 σ 键形成的有机物是无色的。激发 π 键(双键)中的价电子所需的能量较低，因此含有 π 键化合物的吸收波段在紫外或可见光区域内。使有机物分子在紫外及可见光区域内(200~700nm)具有吸收峰的基团即生色团(生色基或发色团)，属于这些基团的有



基的物质，由于它们的吸收波段在200~400nm之间，所以仍是无色。如果在化合物分子中有两个或两个以上的生色基共轭时，由于共轭体系中电子的离域作用，而使激发这些电子所需的能量比激发单独的 π 键为低，也就是这些化合物可以吸收波长较长的光。所以，当两个或两个以上生色基共轭时，可以使分子对光的吸收移向长波方向。共轭体系越长，该物质吸收峰所对应的波长也越长，当物质吸收的光波移向可见光区域内时，该物质就能显示颜色。例如1,2-二苯乙烯是无色的，但在两个苯环之间连接三个共轭的碳-碳双键化合物，便开始显示淡黄色；连接五个共轭的碳-碳双键化合物则呈橙色，连接十一个共轭的碳-碳双键化合物则呈黑紫色。



共轭多烯类化合物的吸收光波与其共轭双键数的关系如表 3。

有些基团，如 $-\text{OH}$ ， $-\text{OR}$ ， $-\text{NH}_2$ ， $-\text{NR}_2$ ， $-\text{SR}$ ，

—Cl, —Br 等, 它们本身的吸收波段在紫外区, 但这些基团与共轭键或生色基相连接, 可使共轭键或生色基的吸收波段移向长波方向, 所以把这些基团称为助色基。从以上基团的结构可以看出, 它们都是含有未共用电子对的基团。显然, 这种使吸收波段向长波方向移动的作用, 是由于这些基团中

表 2 共轭多烯化合物吸收光波波长与双键数的关系

体 系	化 合 物	波 长 (nm)	颜 色	双键数
>C-C<	乙 烷	135	无色	无
>C=C<	乙 烯	185	无色	1
>C=C-C=C<	丁二烯-(1,3)	217	无色	2
-(C=C)-_3	己三烯	258	无色	3
-(C=C)-_4	二甲基辛四烯	296	淡黄色	4
-(C=C)-_5	维生素 A	335	淡黄色	5
-(C=C)-_8	二氢 β -胡萝卜素	415	橙色	8
-(C=C)-_{11}	蕃茄红素	470	红	11
-(C=C)-_{15}	去氢蕃茄红素	504	紫	15

未共用电子对与生色基或共轭键共轭的结果。一般说来, 引入这些助色基后, 可使波长移动的范围如下:

助色基

波长移动范围
(nm)

—NR₂

40~95

—SR	23~85
—OR	17~50
—X(Cl、Br、I等)	2~30

食品中能显示各种颜色的物质称为色素，各种色素都是由发色团和助色基所组成。

二、食品中的天然色素

食品呈现的各种颜色，主要来源于食品中固有的天然色素和人工着色两种。人工着色，可用天然的动植物色素或合成染料。食品中固有的天然色素，一般是指在新鲜原料中眼睛能看到的有色物质，或者本来无色而能经过化学反应而呈现颜色的物质。

天然色素按来源的不同可分为：植物色素，如蔬菜的绿色(叶绿素)，胡萝卜的橙红色(胡萝卜素)，草莓、苹果的红色(花青素)等；动物色素，如牛肉、猪肉的红色色素(血红素)，虾、蟹的表皮颜色(类胡萝卜素)等；微生物色素，如红曲色素等。按化学结构不同可分为：

(1) 四吡咯衍生物(或卟啉类衍生物)，如叶绿素、血红素和胆素；

(2) 异戊二烯衍生物，如类胡萝卜素；

(3) 多酚类衍生物，如花青素、花黄素(黄酮素)、儿茶素、单宁等；

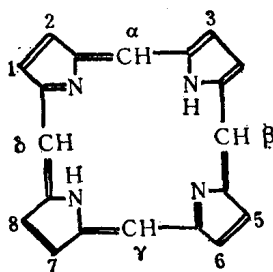
(4) 酮类衍生物，如红曲色素、姜黄素等；

(5) 醌类衍生物，如虫胶色素，胭脂虫红等。

此外，按溶解性质的不同，还可分为水溶性色素和脂溶性色素两类。

(一) 四吡咯衍生物

这类化合物是由四个吡咯环的 α -碳原子通过次甲基 ($-\text{CH}=\text{}$) 相连而成的复杂共轭体系，这个环系也叫卟核 (或卟啉)。结构式如下：



卟核是平面型，在四个吡咯环中间的空隙里以共价键和配位键与不同的金属元素结合，在叶绿素中结合的是镁，而在血红素中结合的是铁，同时四个吡咯环的 β -位上还有不同的取代基。

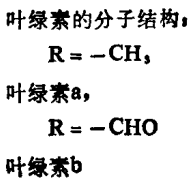
这类化合物分子中存在有共轭双键并形成闭合的共轭体系，因此具有特殊的吸光能力，而能够呈现各种颜色。

1. 叶绿素

叶绿素是存于植物体内的一种绿色色素，它使蔬菜和未成熟果实呈现绿色。叶绿素也是植物进行光合作用所必须的催化剂，植物只有通过叶绿素吸收太阳光能后才能进行光合作用，故又称它为光学敏化剂。

叶绿素在植物中，与蛋白质共同形成复合的叶绿体。其组成约如表 3。

叶绿素是由叶绿酸、叶绿醇和甲醇三部分组成的酯，其结构式如下：



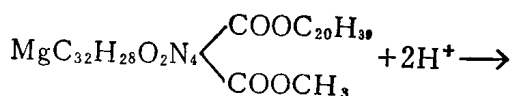
纯粹的叶绿素 a 是蓝黑色的粉末，熔点 $117\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，它

的乙醇溶液呈蓝绿色，并有深红色萤光。叶绿素 b 是深绿色粉末，熔点120~130°C，它的乙醇溶液呈绿色或黄绿色，有红色萤光。两者都易溶于乙醇、乙醚、丙酮、氯仿等，而难溶于石油醚，都具有旋光活性。用丙酮从植物新鲜叶片中能提取叶绿素 0.9~1.2 克/千克，以石油醚可自干叶中，取得叶绿素5~10克/千克。其灰分为纯 MgO，约为全叶绿素的 4.5%。

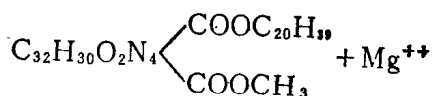
表 3 高等植物叶绿体的组成

组成成分	干物重 (%)	内 容
蛋白质	35~55	不溶者约80%
脂 质	20~30	脂肪50%，固醇20%，磷脂质2~7%
糖 类	不定	淀粉，糖磷酸酯
叶绿素	9	叶绿素 a 75%，叶绿素 b 25%
类胡萝卜素	4.5	叶黄素75%，叶红素25%
核 酸	—	RNA 2.3%，DNA 0.5%

叶绿素用稀酸(草酸或盐酸)处理，镁被两个氢原子所代替，生成褐色的脱镁叶绿素 a 或褐色的脱镁叶绿素 b，从而使原有的绿色消失。加热可促进此反应。叶绿素 b 脱镁反应如下：



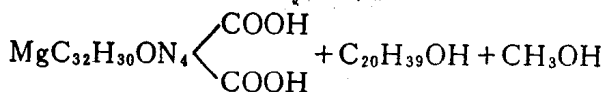
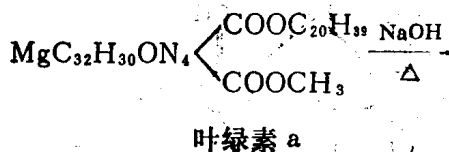
叶绿素 b



脱镁叶绿素 b

在室温下，叶绿素在弱碱中尚稳定，如果加热则使酯的

部分水解成叶绿醇、甲醇及水溶性的叶绿酸，该酸呈鲜绿色，而且比较稳定。碱液浓度高时，则生成叶绿酸的钠或钾盐，也显绿色。如果叶绿素中的镁被铜或铁所代替，生成的绿色盐则更为稳定。叶绿素水解反应如下：

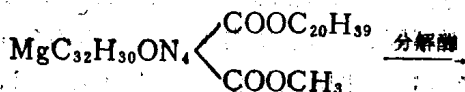


叶绿素酸 a

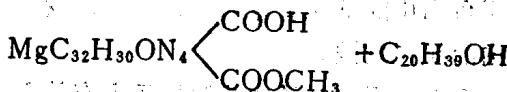
叶绿醇

甲醇

叶绿体中含有叶绿素分解酶，当叶绿体受破坏时，则表现出其活性，可使叶绿素分解成甲基叶绿素酸和叶绿醇。甲基叶绿素酸亦呈绿色。



叶绿素 a



甲基叶绿素酸 a

叶绿醇

2. 血红素

血红素是组成动物色素的主要成分，它和叶绿素一样也是吡咯衍生物，能显示出红色，其结构如下：