


食品色香味化学

(第二版)

黄梅丽 王俊卿 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品色香味化学/ 黄梅丽, 王俊卿编著. —2 版. —北京:
中国轻工业出版社, 2008. 2
ISBN 978-7-5019-5968-6

I. 食… II. ①黄…②王… III. 食品化学 IV. TS201. 2

中国版本图书馆CIP 数据核字 (2007) 第066333 号

责任编辑: 马 妍

策划编辑: 李亦兵 责任终审: 唐是雯 封面设计: 锋尚制版

版式设计: 马金路 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6 号, 邮编: 100740)

印 刷:

经 销: 各地新华书店

版 次: 2008 年2 月第2 版第1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 22.5

字 数: 514 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-5968-6/TS · 3482 定价: 45.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

41112 K1 X201ZB W

目 录

第一章 食品的颜色及其变化	(1)
第一节 物质的颜色与结构	(1)
一、物质产生颜色的原因	(1)
二、色素呈色与其结构的关系	(2)
三、食品中色素的类型	(5)
第二节 食品的颜色功能	(7)
一、颜色对感官有刺激作用	(7)
二、食品的颜色与营养价值	(8)
三、食品的颜色与食品质量	(9)
第三节 植物性食品中的色素及其变化	(9)
一、植物性食品中的主要色素	(9)
二、果蔬中的叶绿素及其变化	(11)
三、果蔬中的类胡萝卜素及其变化	(24)
四、多酚类色素对植物性食品色泽的影响	(37)
五、植物性食品的酶促褐变	(52)
第四节 动物性食品色泽及其变化	(68)
一、禽畜肉中的色素及其变化	(68)
二、肉制品中的色素及其变化	(74)
三、水产品中的色素及其变化	(82)
第五节 加工食品中的非酶褐变	(86)
一、美拉德反应褐变机理及影响因素	(86)
二、焦糖化褐变	(92)
三、抗坏血酸氧化褐变	(94)
四、非酶褐变对食品质量的影响	(95)
五、面包色泽的形成	(98)
六、酱油色泽的形成	(99)
七、乳及乳制品色泽的变化	(100)
八、罐头食品颜色的变化	(102)
第六节 食品的人工着色	(105)
一、食用色素及其发展趋势	(105)
二、食用合成色素	(107)

三、食用天然色素	(117)
第二章 食品的滋味及呈味物质	(140)
第一节 味觉的概念	(140)
一、食品的味与食品的风味	(140)
二、味觉的含义	(141)
三、味觉的产生	(141)
四、味觉的分类	(143)
五、味觉强度的测定	(143)
六、影响味觉强度的因素	(145)
第二节 酸味和酸味剂	(149)
一、酸味的形成机理	(149)
二、酸味物质的特点	(151)
三、常用的酸味调味料	(152)
第三节 甜味和甜味剂	(160)
一、甜味与化学结构	(160)
二、影响糖甜度的因素	(164)
三、甜味剂的种类	(167)
四、食糖与人体健康	(181)
第四节 苦味和苦味物质	(183)
一、苦味物质与化学结构	(184)
二、苦味的抑制方法	(188)
三、食品中的苦味物质	(189)
四、苦味剂的应用	(192)
五、苦味调味料	(192)
六、苦味物质对人体健康的影响	(193)
第五节 辣味和辣味剂	(194)
一、辣味成分的分类	(195)
二、辣味强度与分子结构	(198)
第六节 咸味和咸味调味料	(200)
一、咸味的形成	(200)
二、食盐在烹调中的作用	(201)
三、主要的咸味调味料	(203)
四、食盐与人体健康	(208)
第七节 涩味和涩味物质	(211)
一、涩味的产生和涩味物质	(211)
二、涩柿的涩味成分和脱涩方法	(213)
三、茶叶中的涩味	(213)

四、葡萄酒的涩味	(214)
第八节 鲜味和鲜味物质	(214)
一、食品中呈鲜味物质	(214)
二、鲜味剂的化学结构和特点	(216)
三、鲜味剂类调味料	(222)
四、复合鲜味剂	(225)
第三章 食品中的香气和呈香味物质	(233)
第一节 嗅觉的概念	(233)
一、嗅觉的特点	(233)
二、嗅觉的产生	(233)
三、嗅觉产生的理论	(234)
四、气味的分类及作用	(235)
五、香气阈值及香气值	(242)
第二节 化合物的气味与分子结构	(244)
一、化合物气味与功能团的关系	(244)
二、化合物气味与分子结构形状和大小的关系	(257)
三、决定化合物气味的其他因素	(261)
第三节 食品香味形成的途径	(262)
一、生物合成	(263)
二、酶促作用(直接酶作用)	(270)
三、氧化分解反应(间接酶作用)	(271)
四、受热分解作用	(272)
第四节 植物性食品的香气成分	(286)
一、水果的香气成分	(286)
二、蔬菜的香气成分	(290)
三、谷物与豆类的香气	(296)
四、茶叶的香气成分	(298)
五、发酵食品的香气成分	(305)
第五节 动物食品的气味成分	(318)
一、禽畜肉风味成分	(318)
二、水产品的嗅感成分	(321)
三、乳及乳制品的香气	(324)
第六节 增强和稳定食品中香气物质的方法	(327)
一、增强食品香味物质的稳定性	(327)
二、添加酶制剂恢复和控制食品的香味	(328)
三、添加香味增强剂	(329)

第七节 天然香味调味料	(331)
一、天然食用香料的分类	(331)
二、天然食用香料的功效及应用	(334)
三、天然香味调料特点	(336)
四、几种混合香辛料	(343)
五、天然食用香料的使用形态及制造方法	(345)
六、热反应型肉味香精	(346)
参考文献	(348)

前 言

食品的颜色、香气和味道既是物质世界赋予食品的独特属性，又是人们通过提取、合成、添加等手段使其更适合于人体生理需要的产物。

我国人民在解决了温饱全面向小康社会过渡时期，对食品色、香、味的要求越来越高。食品的色、香、味不但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，关系着人们的健康，它是现代生活不可缺少的一部分。

研究食品色香味化学原理不仅可以了解使食品产生颜色、香气、味道的究竟是什么物质，以及这些物质在加工和贮藏中可能会发生什么样的变化，还能运用这些原理避免或延缓不利因素的出现；运用这些原理对食品进行保鲜、着色、调香、调味，使食品更适合于人体的需要。另外，也可使我们在享受美食的同时充分感受到科学的魅力。

我国食品素以色、香、味俱佳著称于世，然而与世界发达国家相比，我国在食用色素、香精香料、调味品的产品、品种、质量、消费水平、产品在世界市场上的占有率和新产品开发资金的投入量方面都有不小的差距。要缩小这方面的差距，跟上新产品开发的趋势，就要加强对食品色素、香精香料和食品风味方面的人才培养。

鉴于目前我国已出版的食品书籍中，专门论述食品色香味化学原理与应用方面的书籍还不多，因此，我们在1984年出版的《食品色香味化学》一书的基础上，又收集了近期国内外有关资料，编写了《食品色香味化学》（第二版）。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、烹调和贮藏过程中可能出现的变化；在实际应用中如何促进有利的变化和防止不利的变化；国家有关食品添加剂方面的法律和法规等。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使用，也可供食品科研和教学人员参考。

本书由黄梅丽总纂，王俊卿执笔编写。

限于编者的水平，书中难免出现错误和不足之处，恳请读者批评指正。同时对书中引用的有关资料、文献的作者一并表示感谢。

编 者

第一章 食品的颜色及其变化

食品的色、香、味是评价食品质量的重要指标，其中色泽又起着首要的作用。食品的特定色泽不但能使人产生悦目的视觉快感，而且还能引起人生理上的条件反射，促进人体内消化液的分泌，增进食欲并提高对食物的消化率。同时食品色泽是否正常还能间接地反映其内在质量，如新鲜的蔬菜应具有鲜嫩的色泽；新鲜的瘦肉应呈鲜红色等。因此，颜色是影响人们对食品整体评价的重要因素。

研究食物原料中存在的各种色素及其变化特点以及它们在加工中可能会出现的变化，如何保持原料中的天然色素以及防止出现不正常的色泽变化等，对于食品加工工艺要求具有重要意义。

第一节 物质的颜色与结构

一、物质产生颜色的原因

颜色是由物体发射、反射或透过的光波通过视觉所产生的印象。

人眼能感受的光其波长在380~780nm之间，在这一区域内的光称作可见光。可见光仅是整个电磁波光谱的一小部分（图1-1）。可见光是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色光按一定的比例混合而成的。这七种颜色的光的波长范围大致如表1-1所示。

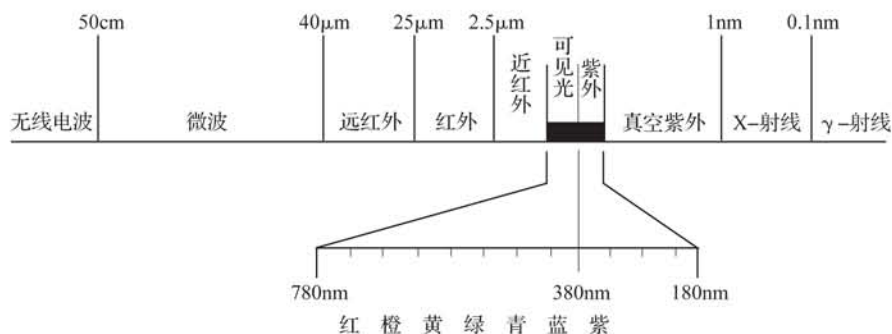


图1-1 电磁波光谱

只具有一种颜色的光称为单色光。各种单色光之间并无严格界限，例如，黄色与绿色之间就有各种不同色调的黄绿色。

表1 -1 光的颜色与波长范围

颜 色	波长 nm	颜 色	波长 nm
紫 色	400 ~ 430	黄 色	560 ~ 590
蓝 色	430 ~ 480	橙 色	590 ~ 620
青 色	480 ~ 500	红 色	620 ~ 760
绿 色	500 ~ 560		

实验证明,我们日常所见的白色光不仅可以由七种单色光混合而成,如果把适当颜色的两种单色光按一定的强度比例混合,也可以成为白光。这两种单色光称作互补色光。如图1 -2 中,处于直线关系的两种单色光为互补色光。

物质的颜色与光的吸收、透过、反射等情况有关。由于物质的本性和形态不同,对光的吸收、透过和反射的情况就不同,物质就呈现出不同的颜色。如果吸收的光波长是在可见光区以外,那么这种物质是无色的;如果吸收可见光区域的某些波长的光,那么这种物质是有色的,而它的颜色就是未被吸收的光波所反映的颜色(即被吸收光的颜色的互补色)。例如,一种物质选择吸收光波的波长为510nm(绿色光谱),我们看到的颜色是紫色。



图1 -2 互补色光示意图

二、色素呈色与其结构的关系

食品中呈现各种颜色的物质称为色素。食品的主要色素都属于有机化合物。色素的分子结构中都带有生色基和助色基。

组成有机化合物的各个原子,绝大部分是以共价键连接起来的。共价键主要有 σ 键和 π 键两种形式。单键称为 σ 键,双键及三键除含一个 σ 键外还含有 π 键。 σ 键和 π 键中的电子在各自不同的成键轨道中运动,分别称为 σ 轨道和 π 轨道。相应每一种成键轨道必然有一个反键轨道,分别用 σ^* 轨道和 π^* 轨道表示相应的反键轨道。

原子间的价电子相互作用生成 σ 键和 π 键,都能放出大量能量。因此,稳定分子中各原子的价电子,都分布在 σ 轨道和 π 轨道中运动。若使电子进入 σ^* 轨道和 π^* 轨道,则需要提高它们的能量,因此在一般情况下,反键轨道 σ^* 和 π^* 都是空着的。再者,生成 σ 键一般比生成 π 键放出的能量多,因而 σ 轨道中的电子如果跃迁到 σ^* 轨道中,所需能量也比 π 轨道中的电子跃迁到 π^* 轨

道中去大得多。有些原子如氮、氧、卤素等，它们的外层电子只有一部分参加 σ 键和 π 键的生成，而有一对到两对电子在原来的原子轨道中运动，称为孤电子对，它们的运动轨道称为非键轨道，以“ n ”轨道来表示。

一般地说，在大部分有机化合物中，各种电子由于吸收光子都能从能量较低的基态，激发到能量较高的激发态，其吸收波长及相应所需的能量如表1-2所示。

表1-2 各种电子的激发波长及相应能量

激发类型	吸收波长 nm	摩尔能量 kg
$\sigma \rightarrow \sigma^*$	150	190
$\pi \rightarrow \pi^*$	165	173
$n \rightarrow \pi^*$	280	101

由此可见，由 σ 键组成的有机物是无色的。激发 π 键（双键）中价电子所需要的能量较低，因此含有 π 键化合物的吸收波段在紫外或可见光区域内。

凡使有机物分子在紫外及可见光区域内（200~700nm）具有吸收峰的基团称为生色团（生色基或发色团），常见的生色基有 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$ 、 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ 、 $-\text{CHO}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{N}=\text{N}-$ 、 $-\text{N}=\text{O}$ 、 $-\text{N}$ 、 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{S} \\ \diagdown \end{array}$ 、 $\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{N}- \\ \diagdown \end{array}$ 、 $-\text{C}\equiv\text{C}-$ 等。

当分子中含有一个生色基时，由于它们的吸收波长往往在200~400nm之间，所以仍是无色的。但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，使激发这些电子所需的能量比激发单独的 π 键低，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向长波方向移动，共轭体系越长，该物质吸收峰所对应的波长越长。当物质吸收光的波长移至可见光区域内时，该物质便呈现颜色。共轭多烯化合物的吸收光波长与其共轭双键数的关系见表1-3。

表1-3 共轭多烯化合物的吸收光波长与其共轭双键数的关系

体系	化合物	波长 nm	颜色	双键数
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}-\text{C} \\ \diagdown \end{array}$	乙烷	135	无色	无
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$	乙烯	185	无色	1
$\begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{C}-\text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$	丁二烯-(1,3)	217	无色	2
$\text{-(C}=\text{C)}_3$	己三烯	258	无色	3

续表

体系	化合物	波长 nm	颜色	双键数
$\langle \text{C}=\text{C} \rangle_4$	二甲基辛四烯	296	淡黄色	4
$\langle \text{C}=\text{C} \rangle_3$	维生素 A	335	淡黄色	5
$\langle \text{C}=\text{C} \rangle_8$	二氢 β -胡萝卜素	415	橙色	8
$\langle \text{C}=\text{C} \rangle_{11}$	番茄红素	470	红	11
$\langle \text{C}=\text{C} \rangle_{15}$	去氢番茄红素	504	紫	15

如表1-3所示, 烷烃分子中所有的键都是 σ 键, 在基态下, 电子处在成键轨道中, 吸收光能使一个电子从成键轨道跃迁到反键轨道($\sigma \rightarrow \sigma^*$), 由于两个能级相差很大, 因此相应光的波长较短, 在远紫外区不显色; 在乙烯分子中除了 σ 轨道外, 还有能级较高的 π 轨道, 吸收光能可以使一个 π 电子跃迁到 π^* 轨道($\pi \rightarrow \pi^*$), 由于这两个轨道能量差比 $\sigma \rightarrow \sigma^*$ 稍小, 因此吸收光的波长稍长些。但仍在远紫外区, 所以乙烯仍然是无色的; 共轭二烯烃, 如丁二烯, 处在能量最高的成键轨道中的电子可以跃迁到能量最低的反键轨道, 由于两个轨道的能量差比孤立双键 π^* 和 π 两个轨道的能量差小, 则共轭二烯烃相应吸收光的波长较长些, 在近紫外区。

随着共轭双键数目的增加, 吸收带便向波长增加的方向移动, 其移动程度有规律地依赖于共轭体系的链长。由于分子在基态的电子占有最高的能级和未被电子所占的最低能级的差距随着共轭体系的增加而减小, 所以共轭系统越长, 跃迁所需吸收的能量越少, 吸收光波的波长越长, 以致使它的吸收光带进入可见光的范围, 使化合物呈现颜色。具有四个双键数的二甲基辛四烯便显示淡黄色。

有些基团, 例如: $-\text{OH}$ 、 $-\text{OR}$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{NR}_2$ 、 $-\text{SR}$ 、 $-\text{Cl}$ 、 $-\text{Br}$ 等, 它们本身的吸收波段在远紫外区, 但将这些基团接到共轭体系或生色基上, 可使共轭链或生色基的吸收波段移向长波方向, 这些基团称作助色基。

从助色基的结构来看, 它们都含有未共用电子对。显然, 这种吸收波段向长波长方向移动的作用是由于这些基团中未共用电子对在非键轨道(n)上, n 轨道中电子能量最高, 从非键轨道跃迁到反键轨道, 只需较低的能量, 就可以使其最大吸收波长出现在可见光区域。一般来说, 引入这些助色基后, 可使波长移动的范围如下:

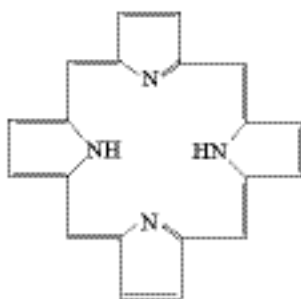
助色基	波长移动范围 nm
$-\text{NR}_2$	40 ~ 95
$-\text{SR}$	23 ~ 85
$-\text{OR}$	17 ~ 50
$-\text{X}$ (Cl 、 Br 、 I 等)	2 ~ 30

三、食品中色素的类型

食品中天然存在的色素都来自自然界，主要包括植物色素、动物色素、微生物色素以及其他色素。从化学结构上可分为四吡咯类（或卟啉类）衍生物、异戊二烯衍生物、多酚类衍生物、酮类衍生物、蒽醌类衍生物、甜菜红类色素、有机酸类及有机酸性色素和其他类色素共八大类。

（一）四吡咯类（或卟啉类）衍生物

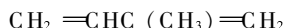
四吡咯类主要有血红素和叶绿素系列，其基本结构式为：



卟啉结构式

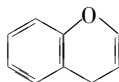
（二）异戊二烯衍生物——类胡萝卜素

异戊二烯衍生物可分为两类：① 多烯烃类胡萝卜素：主要有番茄红素以及 α 、 β 、 γ -胡萝卜素；② 多烯烃含氧衍生物：主要包括玉米黄素、隐黄素、虾黄素、辣椒红素等。异戊二烯的基本结构式为：



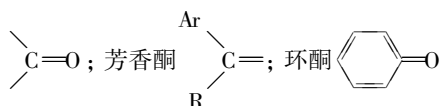
（三）多酚类衍生物

多酚类衍生物主要有花青素、花黄素、儿茶素三类，它们在结构上具有基本的母核：

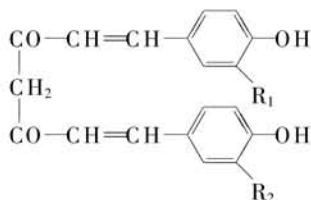


（四）酮类衍生物

酮类衍生物的结构式为：



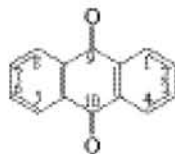
主要有红曲米色素和姜黄色素等，姜黄色素的双酮结构式如下：



姜黄色素的双酮结构式

(五) 蒽醌类衍生物

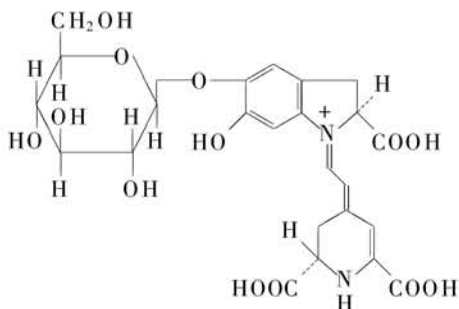
蒽醌衍生物主要有虫胶红和胭脂虫红，它们都属于动物色素。蒽醌的结构式如下：



蒽醌结构式

(六) 甜菜红类色素

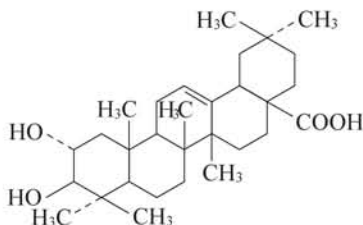
甜菜红类色素主要是红甜菜（紫菜头）中的有色物质——甜菜苷：



甜菜苷结构式

(七) 有机酸类及有机酸性色素

有机酸通常是指羧酸（ RCOOH ），而有机酸性则包括磺酸（ RSO_2OH ）、亚磺酸（ RSOOH ）、硫羧酸（ RCOSH ）、苹果酸、失水苹果酸、水果酸和果胶酸等，山楂色素的山楂酸结构式如下：



山楂酸结构式

(八) 其他色素

这类色素有焦糖酱色和无机类色素如氧化铁等，还有植物性炭黑、动物性骨炭，以及化学成分尚不清楚的色素都属于此类。

第二节 食品的颜色功能

一、颜色对感官有刺激作用

食品是人们每天都要食用的消费品，在通常的思维中，不同的颜色具有不同的象征意义，并对人的心理有一定的暗示作用，当人们看到某种颜色时，通常会产生不同的联想（表1-4）。

表1-4 色彩对人思维的作用

颜色	色彩的联想	象征的意义	运用的效果
红	果实、热烈、鲜花、甘美、成熟等	胜利、血、火	兴奋、刺激
橙	甜美、愉悦、活跃、芳香、健康等	美食、火、太阳	欢快、朝气蓬勃
黄	光明、希望、活跃、欢快、丰收等	阳光、黄金、收获	华丽、富丽堂皇
绿	安全、舒适、青春、新鲜、宁静等	和平、春天、健康	友善、舒适
蓝	智慧、开朗、深邃、清爽、伤感等	信念、海洋、天空	冷静、智慧、深邃
紫	温柔、高贵、豪华、悲哀、神秘等	忏悔、阴柔	神秘、纤弱
白	纯洁、洁净、冰雪、清晰、透明等	贞洁、光明	纯洁、清爽
黑	成熟、安宁、庄重、压抑、悲感等	夜、高雅、稳重	高贵典雅、深沉

食品的特定颜色会刺激人的感官，并引起味道的联想。以下是天然食品中常见的颜色对感官作用的大致情况。

(1) 红色 红色常给人以味浓成熟、好吃的感觉，而且它比较鲜艳，引人注目，是人们喜欢的一种色彩，能刺激人的购买欲。许多糖果、糕点、饮料都采用这种颜色。

(2) 黄色 黄色通常给人以芳香成熟、可口、食欲大增的感觉。焙烤食品、水果罐头、人造奶油等食品常采用这种颜色。此外，食品中的黄色还可给人以清淡的感觉。它与红颜色相比，更具有清纯的味道。当几种颜色放在一起比较时，一般人都认为黄色更清淡一些。但黄色在使用不当时，会使食品缺乏新鲜感。

(3) 橙色 橙色可以给人非常强烈的甘甜成熟、醇美的感觉。由于橙子等水果的颜色多为这种颜色，因此许多饮料、水果罐头等食品多采用这种颜色。

(4) 绿色 绿色给人以新鲜、清爽的感觉，多用于蔬菜汁、果酒、蔬菜类罐头以及一些苹果汁中。

(5) 蓝色 由于自然界中蓝色的食品比较少，因此这种颜色在食品中应用较少，通常可以作为调色使用。单独应用时需特别注意，否则容易使人产生厌

烦的感觉,减少食欲。

(6) 咖啡色 咖啡色可以给人以风味独特、质地浓郁的感觉。通常在制作咖啡、茶叶、啤酒、巧克力、饮料、糕点等产品时采用这种颜色。

(7) 白色 白色常使人联想到冰雪、牛奶、白莲、面粉、白糖、食盐、味精等产品。因此,常用于与此相关的饮料等食品中。

国外学者曾对食品颜色与人的感官印象做过调查,其结果如表1-5所示。

表1-5 食品颜色与人的感觉

颜色	人的感觉	颜色	人的感觉
白色	有营养、清爽、卫生、柔和	奶油色	甜、滋养、爽口、美味
灰色	难吃、脏	黄色	滋养、美味
粉红色	甜、柔和	暗黄	不新鲜、难吃
红色	甜、滋养、新鲜、味浓	淡黄绿	清爽、清凉
紫红	浓烈、甜、暖	黄绿	清爽、新鲜
淡褐色	难吃、硬、暖	暗黄绿	不洁
橙色	甜、滋养、味浓、美味	绿	新鲜
暗橙色	陈旧、硬、暖		

还有学者曾经对颜色与食欲之间的关系做过调查和研究。结果表明,最能引起食欲的颜色是从红色到橙色。黄色与橙色之间有一个低谷。而过了黄色的黄绿色是一种使人倒胃口的颜色。淡绿色、青绿色使人的食欲增加。紫色使食欲降低(图1-3)。

烹饪食品的色泽在更大的程度上决定食物的感官质量。明快的色彩、悦目的光泽,能使食物艳丽动人,引起食用者视觉的快感,让人觉得生机勃勃、精神振奋、食意盎然,同时促使消化系统分泌出足量的消化液,提高人体对食物的消化率。

二、食品的颜色与营养价值

天然食品的颜色还能反映出食品营养价值的差别。

我国有许多珍贵的稻米品种和名产,包括红米、红香米、血糯米、紫糯米和黑米等,它们都属于水稻,但和大米的味道、口感等都有不同,其营养成分与白米也有较大区别。据报道,黑米比白米的蛋白质含量高0.5~1倍,锰、

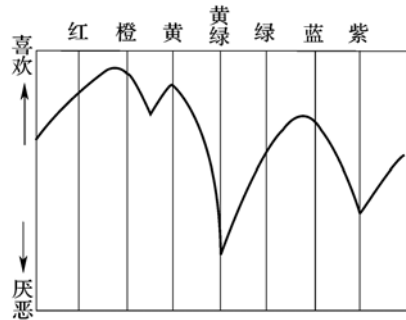


图1-3 食品颜色与食欲的关系

锌、铜等无机盐高1~3倍；黑米含有白米所缺乏的维生素C、叶绿素、花青素、胡萝卜素及强心苷等特殊成分。

再如蔬菜，经测试证明，蔬菜中几种重要的营养素，除维生素C的含量与颜色关系不大外，大部分营养素的含量与蔬菜颜色深浅有着密切关系。一般来说，以绿色蔬菜含量较多，颜色越是深绿，综合营养价值越高。其次是紫红、橙黄、黄色蔬菜，而白色蔬菜的营养素含量一般较低。

三、食品的颜色与食品质量

质量良好的任何一种食品都应当表现出它应当具有的色泽（包括色彩和光泽），食品的色泽也是其内在质量在外观上的一种表现，因此食品的色泽能在一定的程度上反映出食品质量的高低。

在食品的质量标准中，第一项内容一般都是感官指标，通过这些指标不仅能够直接对食品的感官性状做出判断，而且还能够据此提出必要的理化和微生物检验项目，以便进一步证实感官评价的准确性。

在感官指标中，食品的颜色与外观常常是最重要或主要的质量指标。例如，在对盘中两块黄油进行简单描述检验时，关于色泽的特定词汇就有：一般、深、苍白、暗淡、油斑、盐斑、白斑、退色、斑纹、波动（色泽有变幻）、有杂色等供选择。

食品的颜色与外观也是我们日常购买食品时考虑的首要因素。人们常常自觉或不自觉地把食品的特定颜色与质量联系在一起。鲜绿的蔬菜如果发生了萎蔫、变黄，就降低或丧失了食用价值。

第三节 植物性食品中的色素及其变化

一、植物性食品中的主要色素

1. 蔬菜中的色素

蔬菜中所含的色素主要是叶绿素（绿）、类胡萝卜素（红、黄）、黄酮素（黄或无色）、花青素（红、青、紫）、叶黄素（黄）等。普通的绿叶中含有叶绿素0.28%、类胡萝卜素0.02%、叶黄素0.03%。

蔬菜的颜色不同，体现出蔬菜中色素的种类及含量的差异。

绿色蔬菜以含叶绿素为主。胡萝卜、南瓜、番茄等显红、黄颜色的蔬菜以含类胡萝卜素为主。茄子果皮的紫色、心里美萝卜的红紫色主要是其中的花青苷色素形成的。菜花、洋葱、马铃薯和芦笋等浅色类蔬菜在加工和烹饪中出现的颜色变化，主要是由于其中含有黄酮类色素所造成的。

蔬菜的颜色随着成熟期及外界的环境不同而发生变化。其中,酸碱度、温度、氧气、水解酶、金属离子等是常见的影响因素,例如,绿色蔬菜在加热处理时,叶绿素变为脱镁叶绿素,使蔬菜由鲜绿色变成褐色;用铁锅炒葱头,葱头中含有的黄酮类色素遇铁会生成蓝黑色的络合物等。因此,要注意避免不良的影响因素。

蔬菜收获的过程,正处于植物的生理衰老阶段。随着贮藏时间的延长,绿色蔬菜中的叶绿素逐渐降解为无色,使蔬菜绿色部分消失;同时由于类胡萝卜素与叶绿素共存于叶绿体的叶绿板层中,当叶绿素降解为无色后,呈黄色的类胡萝卜素则显露出来,使蔬菜原来的绿色部分变为黄色或红色。这种变色现象是食用品质降低的表现,所以,贮藏绿色蔬菜时,应采取各种措施以阻抑其“变黄”。

2. 水果中的色素

水果中的色素可分为两类:一类是脂溶性的,如叶绿素和类胡萝卜素;另一类是水溶性的,如花青苷。

水果的颜色与成熟过程中的光照、糖分的积累有关。花青素在水果中的糖分积累较多时才能形成花青苷,才能赋予水果鲜艳的色泽。如果采收前的光照少,光合作用不够,糖分积累受到影响,花青苷形成少,水果的色泽就不会鲜艳。

作为长途运输或长期贮存的水果,适宜在未完全成熟时采收。由于光照少,糖分积累少,水果一般绿色部分较多,鲜艳的色泽不能显露,这种水果往往颜色欠佳。

水果与蔬菜一样,收获后的运输及贮藏期也处于生理衰老阶段。随着贮存时间的延长,水果中的叶绿素在水解酶、酸和氧的作用下,会逐渐地降解为无色,使水果的颜色由绿色变为黄色或红色,此种现象称为水果“变黄”。“变黄”标志着水果已经完全成熟。一旦水果达到完全成熟阶段,其贮藏性能将大为降低。因此,对于贮藏的水果也应采取措施,延缓其“变黄”以期达到延长贮存期的目的。

3. 海藻的色素及其变化

海藻是分布于海洋中的植物总称,主要有绿藻、褐藻及红藻。可供食用者多为褐藻及红藻。如褐藻中的海带、裙带菜,红藻中的紫菜、石花菜,绿藻中的绿紫菜均可供食用。

海藻的绿色是由叶绿素、类胡萝卜素、色素蛋白质和细胞膜色素等相互配合而成。

绿藻类中含有较多的叶绿素,其次为类胡萝卜素。褐藻类除叶绿素及叶黄素以外,还含有较多的褐色及黄褐色色素。红藻类除上述色素外,主要含有藻红素。藻红素是由球蛋白与色素结合而成的一种色素蛋白质,它在酸性时呈红色,加热脱水后则生成藻青素。例如,紫菜经烤干后,生成的藻青素协同叶绿