

王清滨 陈国良 编著

食品着色剂 及其分析方法



Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

食品着色剂及其分析方法

王清滨 陈国良 编著



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

食品着色剂及其分析方法/王清滨, 陈国良编著.
北京: 化学工业出版社, 2004.6
ISBN 7-5025-5685-0

I. 食… II. ①王…②陈… III. 食品-着色剂
IV. TS202.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 068628 号

食品着色剂及其分析方法

王清滨 陈国良 编著

责任编辑: 裴桂芬

责任校对: 陶燕华

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http: ' www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 1/4 字数 233 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5685-0/TS·185

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

食用着色剂是使食品染着成一定颜色的物质，是食品添加剂的重要组成部分。在以往的书籍中，着色剂均作为食品添加剂类图书中的一部分（其中一章）进行介绍。随着食品工业的发展和人民生活水平的提高，对食用着色剂的要求也越来越高。在未来的生产和生活中，着色剂不仅起着给食品染色的作用，而且将在食品营养、食品保健、食品医疗、食品美容等方面发挥重要作用。本书较系统地阐述了食用着色剂的基础理论知识，分别介绍了我国常用食品着色剂的性质、制取方法、毒性、使用注意事项、分析方法及部分天然食用着色剂的生理活性。可供食品企业工程技术人员参考使用及大专院校食品工程、发酵工程等相关专业的师生参考。

本书在编写过程中采用了其它图书资料中的一些表格和数据，在此表示衷心的感谢，对在编写过程中给予各方面帮助的专家、老师和同仁们表示感谢和敬意。

编者

2004 年 4 月

内 容 提 要

本书系统地论述了食用着色剂的基础理论和基本知识,并对两大类食用着色剂,即食用合成着色剂和食用天然着色剂进行了详细阐述。对我国常用的8种合成着色剂和40余种天然着色剂的分类、化学结构与组成、性状、制取方法、毒性、鉴别方法和药理活性等作了详细介绍,还引用了近几年天然食用着色剂在生理活性、保健功能、药理功效等方面的最新研究成果。最后介绍了30余种食用着色剂的分析测试方法。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 概述	2
1.2 食用着色剂的发色机理	3
1.3 食用着色剂的分类	7
1.4 食品着色的调配与着色剂的调配	13
1.4.1 色调的选择	13
1.4.2 调配	13
参考文献	15
第2章 食用合成色素	16
2.1 概述	16
2.2 食用合成色素的安全使用	20
2.2.1 食用合成色素的毒性和卫生管理	20
2.2.2 使用食用合成色素应注意的问题	21
2.3 合成色素的发展趋势	22
2.4 常用合成色素	24
2.4.1 苋菜红及其色淀	24
2.4.2 胭脂红及其色淀	29
2.4.3 赤藓红及其色淀	32
2.4.4 新红及其色淀	36
2.4.5 诱惑红及其色淀	38
2.4.6 日落黄及其色淀	41

2.4.7 柠檬黄及其色淀	44
2.4.8 亮蓝及其色淀	47
2.4.9 靛蓝及其色淀	50
2.4.10 β 胡萝卜素	53
参考文献	53

第3章 食用天然着色剂通论	55
3.1 概述	55
3.2 食用天然着色剂的特性及安全使用	58
3.2.1 食用天然着色剂的特点和性质	58
3.2.2 食用天然着色剂的安全使用与卫生管理	61
3.3 异戊二烯衍生物类天然着色剂	64
3.3.1 类胡萝卜素	64
3.3.2 辣椒红	66
3.3.3 玉米黄	67
3.3.4 南瓜黄	70
3.4 吡咯类天然着色剂	70
3.4.1 叶绿素类	70
3.4.2 叶绿素铜钠	71
3.5 多酚类衍生物天然着色剂	72
3.5.1 花青素	72
3.5.2 儿茶素	73
3.5.3 黄酮类色素	73
3.6 酮类衍生物天然着色剂	74
3.7 醌类衍生物天然着色剂	76
3.7.1 紫胶着色剂	76
3.7.2 胭脂红色素	77
3.7.3 紫草醌	77

3.8 天然着色剂的提取方法	78
3.8.1 制取	78
3.8.2 精制	79
参考文献	80
第4章 食用天然着色剂各论	82
4.1 甜菜红	82
4.2 栀子蓝	85
4.3 栀子黄	85
4.4 姜黄素	88
4.5 玉米黄	90
4.6 越橘红	92
4.7 橡子壳棕	93
4.8 落葵红	95
4.9 黑豆红	97
4.10 红花黄	99
4.11 可可壳色素	101
4.12 菊花黄浸膏	103
4.13 红曲红	105
4.14 黑加仑红	107
4.15 焦糖	109
4.16 桑椹红	113
4.17 天然苋菜红	115
4.18 柑橘黄	117
4.19 辣椒红	118
4.20 辣椒橙	121
4.21 葡萄皮红	123
4.22 沙棘黄	125

4.23	酸枣色	127
4.24	紫胶红	129
4.25	密蒙黄	131
4.26	紫草红	133
4.27	萝卜红	135
4.28	红曲米	137
4.29	红米红	139
4.30	金樱子棕	141
4.31	玫瑰茄红	142
4.32	高粱红	144
4.33	藻蓝	146
4.34	多穗柯棕	148
4.35	茶绿色素	149
4.36	茶黄色素	150
4.37	姜黄	151
4.38	蓝靛果红	154
4.39	植物炭黑	154
	参考文献	156

第5章	常用食品着色剂分析方法	158
5.1	苋菜红	158
5.2	胭脂红	168
5.3	新红	174
5.4	新红铝色淀	183
5.5	天然 β 胡萝卜素	195
5.6	高粱红	202
5.7	甜菜红	209
5.8	萝卜红	211

5.9	越橘红	214
5.10	黑豆红	217
5.11	β -胡萝卜素	220
5.12	红曲米	224
5.13	紫胶红色素	226
5.14	辣椒橙	237
5.15	焦糖色	239
5.16	焦糖色素	245
5.17	可可壳色素	247
5.18	菊花黄	251
5.19	红花黄色素	253
5.20	日落黄	261
5.21	姜黄色素	265
5.22	柠檬黄	267
5.23	柠檬黄铝色淀	271
5.24	梔子黄 (粉末、浸膏)	276
5.25	亮蓝	278
5.26	叶绿素铜钠盐	284
5.27	天然苋菜红	292
5.28	红米红	294
	参考文献	297

第 1 章

绪 论

食品是维持人类生存和生长的基本物质，人们每天必须摄取一定数量的各种食品以维持自己的生命和身体健康，保证正常生长、发育和从事各项活动。随着人类社会的发展和进步，食品的文化内涵也越来越丰富。我国食文化在全世界享有很高声誉，随着人民生活水平的不断提高，食文化又增添了新内容和新形式。食品是食文化的有形体部分，食文化的繁荣首先体现在具有充足的、满足各层次人群需求的、多样化高品质食品。日益繁荣的食文化，要求我们不仅要有充足的食物原料和相应的食品加工技术，而且要有品种齐全的食品添加剂。有时食品添加剂对食品的质量和起着决定性作用。在食品生产中，使用食品添加剂可改善食品品质，使其达到色、香、味、形俱佳，起着延长食品保存期，增强食品营养成分，便于食品加工，改进生产工艺和提高生产效率的作用。所谓食品添加剂是指为改善食品品质和色、香、味，以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质。食品染料是食品添加剂的重要组成部分，也称食用着色剂或食用色素。

1.1 概 述

食品着色剂亦称食用色素，是使食品染成一定颜色的食品添加剂。食品的颜色最能刺激人们的视觉，是鉴别食品品质优劣，对其做出初步判断的基础。颜色是衡量食品的重要指标之一，色泽优良的食品不仅可以提高感观性状、给人以美的享受。如天然的杨梅、柑橘、葡萄、草莓、西瓜等水果固有的特征色泽，满足了人们的视觉，能使人联想到美味可口。因此，色与食品的香、味、形一样是评价食品感官质量的重要因素。消费者在选购食品时，色泽是其取舍的一个重要依据，因为食品固有的正常颜色刺激人们的视觉，能引起人们的条件反应而增进食欲。反之，若食品在加工过程中，由于受光、热、氧气或化学药剂等作用，使天然色素退色造成食品色变而失去光泽，这样的食品人们会误认已发生质变，因而使其实际使用价值下降。如在食品生产过程中，选用适当的色素加入食品中，则会获得色泽令人满意的食物。食品着色剂（食用色素）则是以食品着色和改善食品色泽为目的的食品添加剂。

食品的色彩，给人以味道的联想和美的享受。一种食品，尤其是一种新型食品，在色彩上能否吸引人，给人以美味感，在一定程度上就决定了该产品的价值和销路。不同的颜色对感官所起的作用亦不同。

（1）红色 可以给人以味浓成熟，好吃的感觉，而且它比较鲜艳，引人注目，是人们所喜欢的一种色彩。如在雪白的蛋糕上书写一行红字，会使人感觉到赏心悦目，能刺激人的购买欲。许多糖果、糕点、饮料都采用它。

（2）黄色 给人以芳香成熟、可口、食欲大增的感觉。黄色不像红色那么显眼。焙烤食品、水果罐头、人造奶油等食品中常

采用它。黄色还可给人以味道清淡的感觉。有人曾做过这样一个实验，把一杯黄色的西瓜汁一分为二。其中一份中加入红色素，后将两份西瓜汁给实验者品尝，结果均认为红色的甜。这个实验说明了颜色对于味道感觉的作用，也说明了红黄两色的区别，另外黄色有时会使食品缺乏新鲜感。以上几点使用时须注意。

(3) 橙色 这是黄色和红色的混合色，兼有红黄两色的优点，可以给人以强烈的甘甜成熟、醇美的感觉，饮料、罐头等许多食品都采用它。

(4) 绿色和蓝色 可以给人以新鲜、清爽的感觉，多用于酒类、方便菜、饮料等食品中，但它们都给人以生、冰、酸的感觉，所以点心、糕饼、非蔬菜类罐头中一般不用，其它食品采用时也要注意。

(5) 咖啡色 可以给人以风味独特，质地浓郁的感觉。咖啡、茶叶、啤酒、巧克力、饮料、糕点等常采用它。

在食品加工和贮藏过程中，为求得制品色彩的艳丽或保持其正常色泽，减少每批加工食品之间的色差，保持外观的一致性，从而激发人们的食欲，提高其商品价值，在食品加工中应适当地使用食用色素。

1.2 食用着色剂的发色机理

不同的物质能吸收不同波长的光。如果某物质所吸收的光，其波长在可见光区域（400~800nm），那么该物质就会呈现一定的颜色。其颜色是由未被吸收的光波所反映出来的（即被吸收光波颜色的互补色）。例如某种物质选择吸收波长为 510nm 的光，这是绿色光谱，而人们看到的是紫色，紫色是绿色的互补色。不同波长光相应的颜色及肉眼所见到的颜色见表 1-1。

食品的主要色素都属于有机化合物，构成有机化合物的各原

表 1-1 不同波长的光波和颜色的关系

吸 收 光 波		互 补 色
波长/nm	相应的颜色	
100	紫	黄绿
425	蓝青	黄
450	青	橙黄
490	青绿	红
510	绿	紫
630	黄绿	紫
55	黄	蓝青
590	橙黄	青
640	红	青绿
730	紫	绿

子之间大都以共价键连接起来。而根据分子轨道理论，构成有机化合物的各原子的原子轨道相互组合而形成分子轨道，分子轨道主要是 σ 轨道和 π 轨道，它们是成键轨道，能量级比较低；与它们相应还组成了 σ^* 轨道和 π^* 轨道，这两轨道为反键轨道。在通常的情况，电子是填充在低能级的成键轨道上，而反键轨道是空着的。此外成键的 σ 轨道在能量上低于成键的 π 轨道。与此相反，反键的 σ^* 轨道的能级却高于反键的 π^* 轨道。除成键轨道和反键轨道外，有的原子轨道被保留下来，这种轨道称为非键轨道，以“n”轨道来表示。处于 n 轨道上的电子为不成键电子。

有色物质之所以呈现不同的颜色是因为物质对不同波长的光的吸收程度不同，即物质对光的选择性吸收。这是因为物质其分

子本身含有某些特殊的基因，即生色团（生色基或发色团），凡是有机化合物分子在紫外和可见光区域内（200~700nm）有吸收峰的基团都称为生色团，分子中含有1个生色团的物质，其吸收波长一般在200~400nm之间，故仍为无色的，如果在化合物分子中有两个或两个以上的生色团共轭形成大 π 键时，则引起电子 $\pi \rightarrow \pi^*$ 跃迁的能量显著降低。当能量较低的长波长（大于400nm）的光照射时即可引起电子的能级跃迁，其最大吸收波长将移向近紫外区或可见光区，即这时化合物吸收较长波长的光。当物质吸收可见光区的光时，该化合物便呈现颜色，一束白光（可见光区的连续光谱）照到固体物质时，一部分波长的光波被吸收，其余大部分光波被物质反射，反射光刺激人眼使人感觉到颜色（被吸收光的互补光）。显然，被吸收光的颜色与物质内部分子结构中的共轭双键数有关，表1-2列出了共轭多烯类化合物的吸收光波长与共轭双键的关系。

表 1-2 共轭多烯化合物吸收光的波长与双键数的关系

体 系	化 合 物	波长 λ /nm	颜 色	双键数
$\text{HC}=\text{CH}$ $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	乙烷	135	无色	无
	乙烯	185	无色	1
	1,3 丁二烯	217	无色	2
	己三烯	258	无色	3
	二甲基辛四烯	296	淡黄色	4
	维生素 A	335	淡黄色	5
	二氢 β -胡萝卜素	415	橙色	8
	番茄红素	470	红色	11
	去氢番茄红素	504	紫色	13

从表 1-2 可看出, 烷烃分子中所有的分子轨道都是 σ 轨道, 在基态下, 电子处于成键轨道上, 当吸收 1 个相当能量的光子后, 1 个电子由成键轨道跃迁到反键轨道上 ($\sigma \rightarrow \sigma^*$), 这种跃迁所需要的能量最大, 因为光子的能量与波长成反比, 所以相应的波长较短, 处于远紫外区而不显色。在乙烯分子中不仅有 σ 轨道, 还有能级较高的 π 轨道。当 π 电子吸收 1 个能量较低的光子后, 即可由 π 轨道跃迁至 π^* 轨道上。由于 $\pi \rightarrow \pi^*$ 跃迁的能量稍小于 $\sigma \rightarrow \sigma^*$ 跃迁, 所以吸收光的波长稍长些, 但仍处于远紫外区, 因此乙烯也是无色的。在丁二烯的情况下, 由于两个双键共轭而形成共轭体系, 电子在这种共轭轨道中易于运动, 能量较高, 所以这种共轭成键轨道的能级高于孤立的 π 轨道。因此, 当这种共轭体系吸收光子引起电子由成键轨道跃迁到反键轨道时, 比未共轭的结构要容易, 其跃迁所吸收光的波长相应要长些, 处于近紫外区。随着共轭双键数目的增多, 吸收光波长向可见区域移动。共轭体系越大, 电子跃迁所需的能量越小, 吸收光的波长就越长, 以致进入可见区域, 使化合物变为有色。

化合物中有些基团, 如 $-\text{OH}$ 、 $-\text{OR}$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{SH}$ 、 $-\text{Cl}$ 、 $-\text{Br}$ 等, 它们本身吸收光的波长处于远紫外区, 但这些基团接于共轭体系上时, 可使共轭体系吸收光的波长向长波方向移动, 这类基团称为助色基 (助色团)。助色基的未共用电子对处于非键轨道 (n 轨道) 上, n 轨道上的电子具有较高的能量, 只要吸收较低的光能即可跃迁至反键轨道上, 因此使吸收波长出现在可见区域。

生色基与助色基相互作用能引起化合物分子结构发生改变, 而化合物的电子光谱对这种结构改变极为敏感。伴随着结构的改变, 吸收特征谱发生显著位移, 谱带强度与标准值比较也发生变化。

1.3 食用着色剂的分类

世界常用的食用着色剂有 60 种左右，我国允许使用的有 50 余种，见表 1-3。食用着色剂按来源不同，可分为天然的和人工合成的两类。人工合成的着色剂具有色泽鲜艳，着色力强，稳定性高，无嗅无味，易溶解，易调色，成本低，价格低廉等优点。人们开始使用着色剂已有近百年的历史，百年来人工合成着色剂发展迅速，应用日益广泛。但人工合成的着色剂多为含有苯环、萘环的焦油等物质合成制得的，所以有一定的毒性。近年来人工合成着色剂的毒性问题越来越受到人们重视，消费者倾向于购买用天然色素生产的食品。在崇尚自然的今天，各国允许使用的人工合成着色剂越来越少，最大使用限量（ADI）也越来越小。最常用的人工合成着色剂有苋菜红、新红、胭脂红、柠檬黄、日落黄、靛蓝、亮蓝、赤藓红等。

表 1-3 我国食品着色剂及其使用卫生标准

名 称	使用范围	最大使用量 /(g/kg)	备 注
苋菜红、胭脂红、赤藓红、新红	果味水、果味粉、果子露、汽水、配制酒、糖果、糕点上彩装、红绿丝、罐头、浓缩果汁、青梅	0.05	与人工合成色素混合使用时，应根据最大使用量按比例折算
柠檬黄、日落黄、靛蓝		0.10	
亮蓝		0.025	
甜菜红、姜黄		正常生产需要	红绿丝使用量可加倍，果味粉色素加入量按稀释倍数的 50% 加入