

天然食用 色素化学

Chemistry of Natural
Edible Pigment

马自超 陈文田 李海霞◎编著



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

天然食用色素化学

马自超 陈文田 李海霞 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

天然食用色素化学/马自超, 陈文田, 李海霞编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 1

ISBN 978-7-5184-0473-5

I. ①天… II. ①马…②陈…③李… III. ①食用天然色素—食品化学 IV. ①TS264.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 130974 号

责任编辑: 伊双双 钟 雨

策划编辑: 伊双双 文字编辑: 方朋飞 责任终审: 唐是雯

封面设计: 锋尚设计 版式设计: 宋振全 责任监印: 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: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 35.5

字 数: 714 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0473-5 定价: 80.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 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邮购联系调换

130721K1X101ZBW

前 言

天然色素是植物中的一种少量成分，是天然产物的一种，是天然产物化学的内容之一。天然食用色素化学也是天然产物化学的一部分，其工业生产也是天然产物化学工业的一种生产方式。

近年来，随着我国食品工业快速的发展，作为一种重要的食品添加剂——天然食用色素也取得迅猛发展，在品种开发、产品质量提高、生产技术创新、新型设备使用、色素应用技术、销售出口等方面都有很大发展和提高。与此同时，不断发展的食品工业、人民需求的提高、国外先进技术的发展又对天然食用色素的化学理论提出进一步的要求，本书就是在这一形势下编写的。

本书是一本较为系统而又全面阐述天然食用色素化学理论的专著。全书内容可归纳为四部分：①对天然食用色素分类，各类通性，常用的分离、提纯、鉴定方法做介绍。②详细叙述了我国允许使用的44种天然色素的成分、化学结构、性质、稳定性、检测方法，以及如何提纯、分离制备高纯度产品和鉴定其化学结构的方法。③介绍天然食用色素在应用中的化学理论。④介绍酶在天然色素中的应用，包括酶萃取、酶精制、酶法生产色素。

本书由南京林业大学化工学院马自超，珠海雅富兴源食品工业有限公司陈文田、李海霞共同编写，编者结合多年的科研实践和生产经验，并参阅了国内外发表的数百篇研究论文和报告，由于数量较多，不能一一列举，值此深表感谢。由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，敬请批评指正。

本书可作为高等院校食品、化工等相关专业教学参考书，也可作为有关企业、科研单位技术人员、管理人员参考用书。

编者

2015年10月

目 录

第一章 概论	1
第一节 天然食用色素及其在食品中的作用	1
第二节 天然食用色素发展简史与现状	2
一、发展简史	2
二、现状	3
第三节 天然食用色素的筛选	5
一、溶解性	5
二、pH 的影响	5
三、稳定性	6
四、安全性	6
五、着色能力	8
第二章 天然食用色素的分类及通性	9
第一节 概述	9
第二节 天然食用色素的分类	11
一、按来源分类	11
二、按溶解性质分类	11
三、按化学结构形式分类	11
第三节 天然食用色素的化学通性	12
一、花青素类 (Anthocyanins) 色素	12
二、类胡萝卜素类 (Carotenoid) 色素	18
三、黄酮类 (Flavonoids) 色素	23
四、四吡咯类环色素	28
五、醌类色素	31
六、多酚类色素	32
七、双酮类色素	34
八、杂环类色素	34
九、其他类色素	34

第三章 天然食用色素的分离、提纯和化学结构鉴定	41
第一节 花青素类色素	41
一、色素提取	41
二、分离与纯化	42
三、化学结构鉴定	44
第二节 黄酮类色素	75
一、色素提取	75
二、分离与鉴定	76
第三节 类胡萝卜素类色素	90
一、色素提取	90
二、分离与纯化	91
三、化学结构鉴定	92
第四章 天然食用色素的主要品种	100
一、辣椒红 (Paprika Red)	100
二、栀子黄 (Gardenia Yellow Pigment)	112
三、胭脂虫红 (Cochineal Pigment)	125
四、姜黄 (Turmeric Yellow)	136
五、栀子蓝 (Gardenia Blue)	148
六、甜菜红 (Beet Red)	153
七、红花黄 (Carthamus Yellow)	160
八、红花红 (Carthamus Red)	173
九、胭脂树橙 (Annatto)	180
十、红曲色素 (Monascus Color)	191
十一、紫胶红 (Lac Red)	209
十二、紫草红 (Cromwell Red; Shikonin)	219
十三、高粱红 (Sorghum Red, Kaoliang Color)	229
十四、萝卜红 (Radish Red)	235
十五、葡萄皮红 (Grape Skin Red)	249
十六、紫甘薯色素 (Purple Sweet Potato Color)	256
十七、黑豆红 (Black Bean Red)	266
十八、紫苏色素 (Perilla Color, Beefsteak Plant Color)	274
十九、桑葚红 (Mulberry Red)	279
二十、红米红 (Red Kernel Color)	286
二十一、越橘红 (Cowberry Red)	294

二十二、玫瑰茄红 (Hibiscus Color, Roselle Red)	300
二十三、蓝靛果色素 (Sweetberry Honeysuckle Red)	306
二十四、可可壳棕色素 (CaCao Color)	313
二十五、金樱子棕 (Rosa Laevigata Michx Brown)	316
二十六、多穗柯棕 (Tanoak Brown)	322
二十七、橡籽壳棕 (Acorn Shell Brown)	327
二十八、菊花黄 (Coreopsis Yellow)	332
二十九、柑橘黄 (Orange Yellow)	335
三十、天然 β -胡萝卜素 (Natural β -Carotene)	345
三十一、蜜蒙花黄 (Mi-mong Yellow, Buddleia Yellow)	353
三十二、玉米黄 (Maize Yellow, Corn Yellow)	359
三十三、金盏花色素 (Marigold Color)	367
三十四、叶绿素 (Chlorophylls)	381
三十五、叶绿素铜 (Copper Chlorophyll)	389
三十六、叶绿素铜钠盐 (Sodium Copper Chlorophyllin)	391
三十七、藻蓝色素 (Spirulina Blue Color)	399
三十八、茶绿色素 (Tea Green Pigment, TGP)	409
三十九、茶黄色素 (Tea Yellow Pigment)	415
四十、乌饭叶黑色素	424
四十一、酸枣色素 (Jujube Pigment)	433
四十二、沙棘黄 (Hippophae Rhamnoides Yellow)	438
四十三、落葵红 (Bastilla Ubra Red)	444
四十四、花生衣红 (Peanut-skin Red)	449
第五章 天然食用色素应用化学	456
第一节 天然色素化学结构与稳定性的关系	456
一、天然色素的化学结构直接影响色素的稳定性	456
二、天然色素的不同结构形式决定色素稳定性的特点	456
三、提高天然色素稳定性的途径与方法	459
第二节 天然食用色素的乳化作用	460
一、乳化作用的基本机制	460
二、乳化剂	461
三、助乳化剂	463
四、天然色素乳化作用实例	463
五、W/O/W 型多重乳状液的制备	466
第三节 天然色素的络合与螯合反应	467

一、络合和螯合反应的机制	468
二、天然色素的络合与螯合反应	468
第四节 天然色素与碱的反应	473
一、由叶绿素制取叶绿素铜钠盐	473
二、由红木素制取降红木素	473
三、辣椒红与碱的反应	474
四、水溶性辣椒红晶体的制取	475
五、叶黄素酯的皂化反应	475
六、花青素与碱的反应	477
七、红曲色素与碱的反应	477
第五节 天然色素的化学修饰	480
一、醇溶性栀子蓝的制取	480
二、耐酸性胭脂虫红酸的制取	482
三、花青素的酰基化反应	484
四、花青素与糖的成苷反应	488
五、紫草色素的化学修饰	489
六、红曲色素的化学修饰	492
七、黄酮类色素的化学修饰	501
八、叶黄素的化学修饰	506
九、姜黄色素的化学修饰	508
第六章 天然食用色素的酶化学	511
第一节 酶在天然色素原料萃取中的应用	511
一、酶解法萃取辣椒红	512
二、酶解法从万寿菊中提取叶黄素酯	512
三、酶解法提取紫甘薯色素	513
四、酶解法提取姜黄色素	513
五、酶解法提取红花色素	514
六、酶解法提取栀子黄	514
七、酶解法提取玉米黄	515
八、酶解法提取乌饭叶黑	516
九、酶解法提取果渣花色苷色素	516
十、酶解法从番茄中提取番茄红素	517
第二节 酶用于天然色素的精制、提纯	517
一、酶解除去萝卜红的异味	517
二、酶法用于叶绿素脱臭	518

三、用酶去除胭脂虫红中的异性蛋白质	519
四、用脂肪酶酯化去除辣椒红油树脂中脂肪酸类物质	520
五、利用高活性干酵母精制甜菜红	520
六、用酶去除色素中的果胶	520
第三节 酶可提高天然色素的稳定性	520
一、酶在提高花青素色素稳定性中的应用	520
二、酶用于提高蓝靛果花色苷的稳定性	522
第四节 微生物色素的生产	522
一、红、紫色系列	524
二、橙、黄色系列	531
三、蓝、绿色系列	542
四、棕、黑色系列	550
附录 美国、EC、FAO/WHO 允许使用的部分天然色素品种 及其编号	553
参考文献	555

第一章 概论

天然食用色素化学研究的内容包括天然食用色素的分类、化学性质，以及使用各种现代分析手段对其进行分离、提纯并鉴定化学结构，同时还包括正确使用天然食用色素应具备的化学基础以及在应用中产生的各种化学规律、现象的研究。研究天然食用色素化学对全面了解、掌握天然食用色素并能在使用中正确应用有很大意义。

第一节 天然食用色素及其在食品中的作用

天然食用色素 (Natural Food Colour) 是指从天然原料 (包括植物、动物、微生物) 中提取并经过精制 (精制过程不改变成分的主体化学结构) 而得到的对人体无毒或低毒的具有某种特定颜色的一类产品。它广泛用作食品添加剂, 用于各种食品的着色, 例如, 果汁、汽水、酒、糖果、糕点、罐头、冷饮、酱菜等食品的着色, 也可用作日用化工产品如牙膏、肥皂、洗浴液等的添加剂, 还可用于化妆品如唇膏、香水等的着色; 在医药工业用作药片外衣的着色; 还可以作饲料添加剂等。

“十一五”期间我国食品工业总产值继续保持快速增长, 2010 年实现工业总产值 6.1 万亿元, 占工业总产值比重 8.8%。“十二五”期间我国食品工业发展既继续保持快速发展, 同时加快转变发展方式, 预计 2015 年食品工业总产值达 12.3 万亿元, 较 2010 年增长 100%。

食品工业的快速发展, 需要安全性更好, 营养更丰富, 品种更适用的各种食品添加剂。国家对食品添加剂提出了“天然、营养、多功能”的发展方针, 天然色素面临发展的机遇。据统计 1981 年以前我国尚未形成正规的食用着色剂行业。在中华人民共和国国家标准 GB2760—1981《食品添加剂卫生标准》中, 我国政府批准的天然食用色素只有 14 种。但在 GB2760—1996 (包括增补品种) 中批准使用的品种为 47 种, 而在 GB2760—2007 (包括增补品种) 中批准使用的品种达 54 种。2014 年公布的 GB2760—2014 中又做了调整, 批准使用品种 50 种。目前, 天然食用色素在食品中使用的首要目的就是着色, 它在食品中着色的主要作用如下。

(1) 食品原料的颜色对制成的食品颜色影响很大, 食品原料的颜色常常意味着这种食品原料的新鲜程度, 也显示用这种原料制成的食品的新鲜程度, 用天然食用色素对食品适当着色, 使食品能够接近新鲜原料的本色, 可使食品具有更好的自然新鲜感, 对增加人们对食品的向往及刺激食欲有重要意义。

(2) 不同品种原料制成的食品具有不同原料的本色, 例如, 橙汁是黄或橙色的、番茄汁是红色的、绿豆糕是草绿色的等, 在食品中添加适量色素可鲜明显示出该食品固有的本色, 显示该食品所使用原料色泽的特有性。

(3) 增加人体所需的营养物质, 许多天然色素本身就是人体所需的营养物质, 例如, β -胡萝卜素本身就是天然色素, 也是人体中维生素的来源, 而且它是一种天然的抗氧化剂, 能提高人体免疫功能。此外还有一些天然色素具有特殊的生理功能, 可提高对某些疾病的免疫疗效。例如, 姜黄色素有降血脂、降血胆固醇、抗动脉粥样硬化等生理功效; 又如叶绿素铜钠盐具有止血消炎的作用, 用作牙膏的添加剂可以防止牙龈出血, 具有较好功效。天然食用色素特殊的生理功能将在天然色素的使用中发挥越来越重要的作用。

(4) 可以代替一些具有毒性的合成色素 某些合成色素具有一定毒性作用, 长期食用影响人体健康, 对此可以改用相应颜色的天然色素, 减少对人体的损害。

由此可见, 天然食用色素将随着食品工业的发展有更进一步的发展。

我国是一个拥有天然色素资源的大国, 特别是拥有寒、温、热带的许多植物色素的资源, 发展天然食用色素生产, 可进一步充分利用植物资源, 对发展繁荣农村和山区的经济有很大促进作用。

第二节 天然食用色素发展简史与现状

一、发展简史

我国使用天然色素已有悠久历史。《史记·货殖列传》记载: “茜梔千亩, 亦比千乘之家。”说明古代就利用茜草科植物和黄梔子等作为天然色素。北魏末年(公元6世纪)农学家贾思勰所著《齐民要术》一书中就有从植物中提取色素的记载。我国古代使用天然色素, 在日本近年出版的《天然着色料》一书中就引证了这些文献。

公元前1500年, 埃及墓碑上就绘有着色的糖果。公元前4世纪, 葡萄酒就用着色剂着色, 大不列颠的阿利克撒人从那时起就开始利用茜草色素。公元10世纪, 美洲的托尔铁克人与阿芝特克族人相继栽培胭脂虫的寄生植物, 繁殖胭脂虫, 并提制胭脂红用于食品着色等。然而这些天然色素, 不论在品种上还是性能上都远不能满足食品工业发展的需要。天然色素着色力低, 对光、热、氧气、

pH 等稳定性差, 成本高。随着科学技术的发展, 特别是染料化工的发展, 出现了合成色素。1856 年英国 W. H. 珀金斯 (Perkins) 发明了第一个合成有机色素苯胺紫, 此后, 又不断合成了许多新的有机合成色素, 并有一些被应用在食品上, 使得合成色素在食品中的应用得到迅速发展。由于合成色素具有色泽鲜艳、着色力强、稳定性好、无臭无味、易于溶解和调色、成本低等优点, 几乎取代了天然色素在食品中的应用, 到 20 世纪初, 用于食品着色的合成色素已发展到近 80 种之多。

21 世纪初, 随着医学的发展, 许多国家发现, 多种合成色素对人体有害, 除了它本身化学性能危害人体健康, 而且在合成过程中, 还可能被砷、铅及其他有害化学物质所污染。许多发达国家, 如英国、美国、德国, 对市场销售的几百种合成色素进行了化学分析、毒理学试验和其他生物学试验, 删去了许多对人体有害的合成色素。特别是自 20 世纪 60 年代以来, 从事食品色素研究的学者越来越多, 专家们认为食品着色首先应当符合卫生学观点, 必须对人体无害, 尽管合成色素的价格、色泽均优于天然色素, 但不能提高食品的营养价值, 有的甚至对人体有毒, 因此大部分国家先后制定出合成色素使用的立法条例, 严格限制合成色素的应用, 准许使用的数目逐年减少, 1958 年世界各国曾作为食用色素的品种有 90 余种, 而现在仍在使用的仅 50 余种。

二、现状

在当今世界的食用色素消费中, 各个国家、地区发展不尽相同, 主要消费地区是美国、欧洲、日本。其中美国占 40%, 是食用着色剂消费大国, 据美国食品和药物管理局 (FDA) 公布数据, 每年约消费 5000t。食用色素最终市场比例: 酒精饮料 29%, 宠物食品 15%, 糖果 13%, 其他食品用途 12%, 甜食粉 9%, 焙烤食品 9%, 谷制物品 5%, 日常产品 5%, 香肠制品 3%。

各国都建立了相应的色素使用管理机构, 并制定了严格的法规标准, 根据 GB2760—2014 我国批准使用的天然食用色素品种有, β -胡萝卜素 (发酵法)、甜菜红、姜黄、红花黄、虫胶红、越橘红、辣椒红、辣椒橙、焦糖色 (不加氨生产)、焦糖色 (亚硫酸铵法)、焦糖色 (加氨生产)、焦糖色 (亚硫酸法)、红米红、栀子黄、菊花黄浸膏、黑豆红、高粱红、玉米黄、萝卜红、可可壳色、红曲米、红曲红、红曲黄、落葵红、黑加仑红、栀子蓝、沙棘黄、玫瑰茄红、橡籽壳棕、桑葚红、天然苋菜红、金樱子棕、姜黄素、酸枣色、花生衣红、葡萄皮红、蓝靛果红、藻蓝 (淡、海水)、植物炭黑、密蒙黄、紫草红、柑橘黄、胭脂树橙 (红木素/降红木素)、胭脂虫红、氧化铁红 (黑)、番茄红、番茄红素、杨梅红、叶黄素、叶绿素铜、叶绿素铜钠 (钾) 盐紫甘薯色素。其中已有一些品种制定了国家标准, 例如, 虫胶红、红曲米、红花黄、越橘红、萝卜红、栀子黄、甜菜红、焦糖色、可可壳色、 β -胡萝卜素 (发酵法)、菊花黄浸膏、黑豆红、高粱

红、辣椒红、红曲红。

EC (欧盟) 和 FAO/WHO (联合国粮农组织/世界卫生组织) 允许使用的天然食用色素种类和代码参见书后附录。

改革开放以来我国天然色素的研究、生产、工业水平都有了迅猛的发展, 1998 年我国已批准使用的天然色素品种有 48 种。国内出现一些规模大、设备新、技术水平高、产品质量优的天然色素龙头企业。它们有专门的原料生产基地, 产品参与国际市场竞争, 并取得一定的地位。2000 年以来我国生产的辣椒红、栀子黄、萝卜红、高粱红、红曲色素、焦糖色、红花黄、叶黄素、虫胶红、姜黄、可可壳棕等都有出口, 出口品种已达 18 个, 出口金额达 4 亿 ~ 5 亿美元。除以上大宗品种外, 还有一些小额品种如黑豆红、葡萄皮红、沙棘黄等由于其捕集自由基、抗癌、抗衰老和消炎等多种生理功能性作用, 在国际市场上受到青睐, 可以预见, 随着不断发展天然色素会成为中国植物提取物出口重要类别。

我国幅员辽阔, 位处寒、温、亚热、热带地区, 生物资源丰富, 是一个天然色素资源丰富的国家, 天然色素发展潜力十分巨大, 近年来正在推广和大力发展天然、营养、多功能的天然食用色素, 这些都给天然食用色素的发展带来了机遇, 必将形成一个更好的发展前景。

虽然我国天然食用色素有了很大的发展, 但对于充分满足人民需要并与国外先进国家相比, 当前仍有一些问题需要努力改进。

(1) 要由粗放型转为精细型 除少数个别企业外, 整体天然食用色素的生产技术水平不是很高, 设备一般化, 特别是高新的分离、提纯技术没有得到应用, 所以产品纯度低, 功能性不强, 大多是粗放原料型产品的销售出口, 例如, 红曲色素国外对其中有害成分橘霉素的要求只有少数厂家能达到。栀子黄色素产品要求的吸光比 $A_{238}/A_{440} < 0.2$ 也只有少数厂家能做到。又如番茄红素, 法国已把它开发成为能有效淬灭人体中单线态氧和清除自由基, 起到抗癌抑癌作用的产品, 能有效地预防前列腺癌、子宫癌、肺癌等肿瘤。我国大多只能做着色剂使用, 没有充分体现其功能化作用, 使产品价值大为降低。只有采用先进的分离、纯化技术, 例如, 吸附色谱, 凝胶色谱, 微孔过滤、超滤、纳滤、电渗析、反渗透, 冷冻干燥, 分子蒸馏等, 并同时成分结构做出鉴定, 研究其生理功能, 才能进一步开发天然食用色素为功能化产品。

(2) 加强产品应用性研究 天然食用色素产品在食品、日用工业品、调料添加剂、药品等各方面中应用, 如何使用, 使用中存在什么问题, 过去生产企业关心少, 使用企业力不从心, 使天然食用色素使用受阻。近年来虽然产生了一批专门从事应用研究的企业, 但这些企业大多规模小, 技术、设备一般, 不能彻底改变这一落后状况。生产与使用企业应该联合, 加强天然食用色素应用性研究, 特别是在提高天然食用色素的稳定性, 水、油中的可溶性, 使用中的

可靠性,使用方便性以及新型的使用领域等方面取得更大进展,这必然会促使其得到进一步发展。

(3) 加强天然食用色素的生产和使用管理 对天然食用色素的生产应做好规划,了解资源情况,市场需要情况,杜绝一窝蜂上马,为市场开展价格竞争,企业大伤,又一窝蜂下马,浪费资源等情况出现。使用中要严查个别不良企业,超量、超范围使用天然色素,在天然色素中添加合成色素或化工染料的违法行为。只要加强管理,在我国形成一个正常的、良性的生产、销售、使用环节,天然食用色素就会更快发展起来。

(4) 合理利用现有天然食用色素资源,大力开辟新的资源 我国虽然具有丰富的天然食用色素资源,但大多为植物资源,在使用的同时应注意资源的再生、综合利用、环境保护等,使有限的资源能得到合理的利用,并能长期保持避免资源枯竭。同时大力开发新的天然食用色素资源,特别是开发无毒、高产的微生物发酵生产天然食用色素的资源。培养、筛选出能产各种颜色的高产菌体,这是最具发展潜力的天然食用色素资源。

但是随着食品工业更快的发展,国家对食品的重视与管理不断加强,再加上越来越多的人才、技术的投入,我国天然食用色素,必将在“天然、营养、多功能”方面取得更大的发展。

第三节 天然食用色素的筛选

无论是开发天然食用色素新品种还是选用天然食用色素,必须知道如何选择和筛选天然食用色素,也就是全面了解该种天然食用色素的各种性质和应用特性,筛选出最宜使用的品种。天然食用色素的筛选主要应根据下面几个方面进行。

一、溶解性

不同色素在各种溶剂中的溶解性能不同,能很好溶于水的称水溶性色素,不溶于水而只溶于石油醚、醋酸乙酯、丙酮、乙醇等有机溶剂的称脂溶性色素。例如,栀子黄就是水溶性色素, β -胡萝卜素就是脂溶性色素,研究某一种色素时必须测定其在各主要溶剂中的溶解情况。

色素的溶解性将直接影响其作为成品的使用范围,也可预测其在食品工业中某个方面的使用价值,也是萃取色素时选用最佳溶剂,测定色价时选用适合溶剂的依据。

二、pH 的影响

绝大多数的天然食用色素在溶液中的色泽和溶液 pH 有关,有的很明显,有

的不明显,例如,花青素类色素在酸性溶液中呈紫红色,但在碱性溶液中呈蓝色,并随时间更快地褪色。一般来说天然食用色素在一定 pH 范围内保持原有的色泽,此时是比较稳定的,由于 pH 改变而使色素颜色发生变化,往往造成色素不稳定。所以测定 pH 对天然食用色素的影响,实际上是确定该色素使用时的 pH 范围,我们要求色素能在较大 pH 范围内使用,这样在食品中用途较广。例如,玫瑰茄红使用的 pH 范围较窄,为 3~5,而栀子黄可使用范围较广,为 3~11,这是由它们各自在这方面性质所决定的。

三、稳定性

天然食用色素一般比合成食用色素稳定性差,作为天然食用色素产品来说,要求稳定性好,这样在使用过程中色素的化学结构、色泽都不会发生变化。稳定性一般包括以下几方面。

(一) 对热的稳定性

很多天然食用色素在遇热时就会分解,造成褪色,其对热的稳定性较差,天然食用色素用于食品着色时,常常需要加热食品,热稳定性差的色素在使用中就有困难,需要尽量控制短的加热时间以保证色素尽可能少的破坏。

(二) 对光的稳定性

多数天然食用色素在紫外光照射下都会发生褪色,有的甚至放在室内受散射光照射也会褪色,不同种类色素对光的稳定性不同,一般天然食用色素宜放在暗处保存。

(三) 对氧的稳定性

天然食用色素的化学结构大多含不饱和双键及其他可氧化基团,在空气氧和某些氧化剂作用下会发生氧化作用而使其褪色,所以天然食用色素大多应密封贮存。

(四) 对各种金属离子的稳定性

天然食用色素对各种不同金属离子的稳定性不同,一般少量 NaCl、CaCl₂ 对其影响不大,但 Cu²⁺、Zn²⁺ 等离子对其有较大影响,特别是 Fe³⁺ 影响最大。在色素使用中必须注意到这个问题。对某些天然食用色素,例如焦糖色,用作酱油或醋的着色剂时就要求对 NaCl 有较高的稳定性,否则就不能用在这一方面。

(五) 对其他食品添加剂的影响

天然食用色素在使用时必定和其他食品辅料和添加剂一起使用,如甜味剂蔗糖、防腐剂苯甲酸钠等,要考虑到这些对天然食用色素的影响情况,以保证其在不同食品中正常使用。

四、安全性

天然食用色素是用于食品的,是关系到人民身体健康的大事,所以对天然食

用色素的安全性要求很高，要求对人体无毒害作用，且长期食用不会引起人体各器官的病变。所以在选择天然食用色素品种时，首先要对其安全性做出科学的评价。主要包括以下几个方面。

（一）毒理试验

毒理试验是评价天然食用色素安全性较科学的一种方法，它包括以下几个方面的内容。

1. 毒性剂量的测定

即测定某种天然色素对机体造成损害的能力，毒性较高的物质，较小剂量就会造成损害；毒性较低的物质，必须用较大剂量才现出毒性作用。医学上规定使用小白鼠做试验求出致死量（Lethal Dose, LD），其中最常用的是半数致死量（LD₅₀）。根据我国卫计委 2014 颁布 GB15193.3—2014 急性经口毒试验中，按 LD₅₀ 可将物质毒性分级（表 1-1）。

表 1-1 按 LD₅₀ 将物质毒性分级

毒性分级	小白鼠一次口服 LD ₅₀ / (mg/kg)	相当于人的可能致死量/ (g/人)
极毒	≤1	0.05
剧毒	1 ~ 50	0.5
中毒	51 ~ 500	5
低毒	501 ~ 5000	50
实际无毒	5001 ~ 15000	500

用作食品着色剂的天然食用色素其 LD₅₀ 应在实际无毒范围内。

2. 毒性试验

毒性试验是研究动物在一定时间内以一定剂量进入机体所引起的毒性反应，根据我国 GB15193.1—2014 食品安全性毒理学评价中的 4 个阶段，包括急性毒性试验、遗传毒性试验亚慢性毒性试验、慢性毒性试验（包括致癌试验）共四个阶段，通过这些动物试验可看出该物质在每天以一定量食用后，短期、近期、长期是否会引起机体器官的病变。国家对选择不同类型原料作为食品着色剂有不同要求的试验规定。

（二）有害金属离子和溶剂含量

为了保证天然食用色素的安全性，防止生产过程中有毒物质的带入，国家标准中规定了天然食用色素中砷、汞、铅等有害金属离子的最大允许含量，也规定了残留有机溶剂的最大含量，超出规定为不合格产品。

（三）卫生检验

卫生检验主要是检验致癌微生物、细菌，应呈阴性反应，且不应含有黄曲霉等有害菌株，一般菌落总数应在 30CFU 以下。这些虽未在天然食用色素的国家

标准中明确规定，但在产品出厂检验中应加以检测并出具相关报告。

五、着色能力

一种天然色素对食品的着色能力，常用该色素对蛋白质、淀粉的染色能力表示，该色素能使蛋白质或淀粉迅速染色，结合度牢，不易褪色，说明着色力强，否则着色力弱。着色力强，色素使用量小且色泽不易褪色，否则色素使用量大且受外界影响容易褪色。

选择天然食用色素原料品种、评价某一天然食用色素品种、研究某一天然食用色素品种的性能等都可以从上述几个方面进行筛选。