

天然色素的生产及应用

陈运中 编著

 中国轻工业出版社

前 言

随着科学技术和食品工业的发展,天然食用色素的生产和应用,越来越受到人们的重视,由于合成色素存在致畸突变等潜在危险,天然色素的研究、开发和应用,越来越受到人们的青睐,我国天然食用色素资源丰富,品种繁多,分布广泛,充分利用这些资源为社会主义市场经济建设服务,发展绿色食品添加剂,培植“天然、营养、多功能”的食用天然色素产业具有十分重要的意义。本书就是为适应这一发展要求而编写的。

本书共六章,包括天然色素的发展历史、现状和趋势;天然色素的分类、结构和性质;天然食用色素提取的工艺和设备;主要天然色素的生产技术;食用色素的分析方法和质量标准。本书是系统而全面地阐述天然食用色素的结构、性质、生产及应用的专著。本书参考了近年出版的著作、国内外发表的论文及科研成果,由于篇幅所限,参考文献未能一一列举,在此向原作者表示歉意。部分内容是本人的教学、科研实践,结合我国生产实践和教学实践而编写的。由于作者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,热忱欢迎同行和专家批评指正。

本书可供高等食品、轻工、农林等院校作为教学参考书使用,也可作为有关科技人员、管理人员以及商检、工厂、科研、设计单位人员使用。

本书在编写过程中,律佳雪、吴波等研究生对书中的插图绘制、文字校对做了大量工作。

陈运中

2006年10月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 天然食用色素及其在国民经济中的作用	1
1.2 天然食用色素发展简史、现状和展望	2
1.3 天然食用色素的筛选原则	6
1.4 天然色素的生理功能	8
1.5 天然色素的应用	10
第2章 天然色素分类	15
2.1 概述	15
2.2 异戊二烯衍生物类天然色素	16
2.3 吡咯类天然色素	19
2.4 多酚类衍生物天然色素	20
2.5 酮类衍生物天然色素	22
2.6 醌类衍生物天然色素	24
第3章 食用天然色素各论	25
3.1 甜菜红	25
3.2 越橘红	26
3.3 落葵红	27
3.4 黑豆红	29
3.5 红曲红	30
3.6 黑加仑红	31
3.7 桑葚红	32
3.8 天然苋菜红	33
3.9 辣椒红	34
3.10 辣椒橙	36
3.11 葡萄皮红	37
3.12 酸枣色	38
3.13 紫胶红	39
3.14 紫草红	40
3.15 萝卜红	42
3.16 红曲米	43
3.17 红米红	43
3.18 玫瑰茄红	44
3.19 高粱红	45

3.20	蓝靛果红	47
3.21	栀子黄	47
3.22	姜黄素	48
3.23	玉米黄	50
3.24	红花黄	51
3.25	菊花黄浸膏	52
3.26	柑橘黄	53
3.27	沙棘黄	54
3.28	密蒙黄	55
3.29	茶黄色素	57
3.30	姜黄	58
3.31	橡子壳棕	59
3.32	可可壳色素	60
3.33	金樱子棕	61
3.34	多穗柯棕	62
3.35	栀子蓝	62
3.36	藻蓝	63
3.37	茶绿色素	64
3.38	植物炭黑	65
3.39	焦糖	66
第4章	天然色素的提取工艺与设备	69
4.1	天然色素的提取	69
4.2	天然色素的分离	87
4.3	天然色素的去杂和纯化	95
4.4	天然色素的浓缩	98
4.5	天然色素的干燥	102
第5章	主要天然色素的生产	110
5.1	叶绿素铜钠盐的生产	110
5.2	紫胶色素的生产	114
5.3	栀子黄色素的生产	115
5.4	甜菜红色素的生产	117
5.5	红曲红色素的生产	118
5.6	红花色素的生产	120
5.7	姜黄色素的生产	121
5.8	多穗柯棕色素的生 产	124
5.9	焦糖色素的生产	125
5.10	胭脂树橙色素的生 产	129
5.11	玫瑰茄红色素的生 产	130

5.12	萝卜红色素的提取	131
5.13	花生红衣色素的提取	132
5.14	板栗棕色素的提取	133
5.15	栀子蓝色素的提取	134
5.16	苦荞麦棕色素的提取	134
5.17	叶黄素的提取	135
5.18	藻蓝色素的提取	137
5.19	紫甘薯色素的提取	139
第6章	常用食用色素分析方法	141
6.1	天然 β -胡萝卜素	141
6.2	高粱红	145
6.3	甜菜红	148
6.4	萝卜红	150
6.5	红曲红	151
6.6	越橘红	153
6.7	黑豆红	155
6.8	红曲米	157
6.9	紫胶红色素	158
6.10	辣椒红	159
6.11	天然苋菜红	162
6.12	红米红	163
6.13	菊花黄	165
6.14	红花黄色素	166
6.15	姜黄色素	171
6.16	栀子黄(粉末、浸膏)	173
6.17	辣椒橙	174
6.18	可可壳色素	176
6.19	叶绿素铜钠盐	178
6.20	焦糖色	183
参考文献		187

第 1 章 绪 论

天然食用色素的生产及应用是研究天然食用色素生产及应用的历史、现状和发展趋势；天然食用色素的分类、结构和性质，以及生理和保健功能作用；天然食用色素的生产和应用技术，相关法规和分析检测方法的一门应用科学与技术。

1.1 天然食用色素及其在国民经济中的作用

天然食用色素是从天然原料（主要是植物原料）提取并经过精制而制得的产品。是一种食品添加剂，用于食品或药物的着色，可用于果汁、汽水、酒、糖果、糕点、果味粉、罐头、冷饮等食品的着色，也可用于日用化工产品（如牙膏等）的添加剂，在医药工业用作药片外衣的着色，还可用于化妆品的着色。

近年来，我国食品工业发展很快，每年的产值增长率大约以 10% 的速度在增长，目前，全国食品工业产值仅次于机械、纺织而跃居第三位。随着旅游业的发展、人民生活水平的提高和生活节奏的加快，以及独生子女和老年人的增多，食品工业将以更快速度发展，到 2005 年，我国食品工业总产值达到 20344.83 亿元，销售收入 19899.94 亿元，利税总额 3365.26 亿元。

食品工业的发展，需要更多、品种更齐全的食品添加剂，天然食用色素是重要的食品添加剂之一，随着各国对使用合成色素的种类限制越来越多，各国政府批准使用的品种及 FAO/WHO（联合国粮农组织/世界卫生组织）评价通过的品种仅为几种，使得天然食用色素有着重要的作用，它在食品中主要有：

（1）食品的颜色常常意味着食品的新鲜程度，用天然食用色素着色，会使食品颜色接近新鲜食品的颜色和自然色，使食品具有更好的自然新鲜感。

（2）食品的各种色泽，是评定食品质量的一个重要方面，许多食品合理的着色，使食品更鲜艳，可以诱发人的食欲，增加诱人的力量。

（3）许多天然食用色素，本身就是或者含有人体需要的各种营养物质，例如 β -胡萝卜素，本身是天然食用色素，而且也是人体中维生素 A 的来源，又如玫瑰茄天然色素含有 17 种氨基酸（其中天冬氨酸 1.71%，谷氨酸 0.8%）和大量维生素 C（含量达 0.5%），都是对人体具有营养价值的物质。此外还有一些天然食用色素，对某些疾病具有疗效作用，对人体有保健功能，例如姜黄色素有降血脂、降血清胆固醇、抗动脉粥样硬化等药用功能，对人体健康有利。如叶绿素铜钠盐具有止血消炎作用，用作牙膏添加剂，可防止牙龈出血，具有较好效果。

（4）有了品种齐全的天然食用色素，可以生产各种配制食品，填补纯天然食品的不足，例如可以利用黄色素等各种原料生产配制橘汁，并与天然橘汁十分相似。

由此可见，天然食用色素将随着食品工业的发展继续得到发展。此外，天然食用色

素的原料绝大多数是植物，往往是森林地区或山区的丰富资源，发展天然食用色素的生产，对开发山区资源，发展繁荣山区经济有很大意义。这些植物资源都是再生资源，可以人工培育、永续不止，满足人民生活需要。发展天然食用色素生产，一般不受到资源枯竭的限制。

据资料统计，1971 ~ 1981 年世界公开发表的食用色素专利数为 126 个，其中 87.5% 是食用天然色素。其主要表现在以下几方面：

① 用量剧增：日本 1995 年食用天然色素的用量达 23604t，食用合成色素仅 186t，日本目前有 45 家工厂生产食用天然色素。美国 1976 年食用天然色素的使用量为 4500 多 t，是化学合成色素的 5 倍。而中国 1996 年合成色素的产量约为 800t，而食用天然色素的产量约达 1 亿 t（其中焦糖色素 7000t）。目前，在中国生产食用天然色素的工厂有百余家，1998 年产量已达 2.5 亿 t。② 产值猛增：全世界食用色素的总金额约为 13.4 亿美元，其中合成色素约 4 亿美元，天然色素约 9.14 亿美元。近年来合成色素的增长量不大，而食用天然色素却以每年 4% 的速度递增。③ 原料丰富：提取食用天然色素的原料多为植物性原料，主要包括：从人工种植的植物提取食用天然色素；从农产品副产物或废弃物提取食用天然色素；从野生植物和野浆果类提取食用天然色素，上述资源在我国取之不尽、用之不竭，如能科学合理地应用，不但可以大大降低食用天然色素的成本，增加经济收入，同时对国家农业种植业结构的调整都将具有潜在的意义。④ 研究动态：食用天然色素原料资源广泛，色调丰富，如何选择那些资源丰富、成本低廉、色素稳定、色调艳丽、无毒无害、市场需求的品种，是科研人员最迫切的任务。随着未来研究的不断深入，食用天然色素也将会在实验室中通过克隆所需材料进行生产，使食用天然色素生产从头到尾实现工厂化、工业化。

1.2 天然食用色素发展简史、现状和展望

1.2.1 发展简史

我国使用天然色素已有悠久历史，《史记·货殖传》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栀子等天然色素。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，葡萄酒就用色素着色，大不列颠的阿利克撒人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或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，以后，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的应用上得到迅速发展。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。

20 世纪初，随着医学的发展，很多国家发现，许多合成色素对人体有害，除了它本身的化学性能危害人体健康，而且在合成过程中，还可能被砷、铅及其它有害化学物质所污染。许多发达的资本主义国家，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、毒理学试验和其它生物学试验，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，必须对人体是无害的，尽管合成色素价格、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。在这种情况下，人们对天然食用色素的兴趣就大大提高了，各国政府对使用天然食用色素的限制比较少。特别是以农作物和果菜类为原料的天然色素，人们安全感更高。目前国外食品色素都是以天然色素为主，合成色素为辅。所以，食用色素的发展可以概括为这样三个阶段：最初是以使用原始型天然色素（动、植物为原料）再发展到以合成色素为主、加工天然色素为辅的阶段，目前是以精制天然色素为主、合成色素为辅的阶段。

1.2.2 现状与展望

目前，大多数国家都建立了相应的色素使用管理机构，并制定了严格控制质量的法规条例。例如，美国政府 FDA 规定允许使用的天然色素为 10 余种，见表 1-1。

表 1-1 美国允许使用的天然色素

色素名称	备 注	色素名称	备 注
胭脂树橙、胭脂红	每磅固体或半固体食品，每品脱液体食品最大 35mg	辣椒粉	仅限用于饮料
β -胡萝卜素	仅限用于饮料	核黄素	仅限用于饮料
焦糖	仅限用于饮料	藏红花	仅限用于饮料
胡萝卜油	仅限用于饮料	姜黄	仅限用于饮料
葡萄皮提取物	仅限用于饮料	蔬菜汁	仅限用于饮料
		水果汁	仅限用于饮料

英国、日本、EEC（欧洲经济共同体）FAO/WHO 允许使用的天然色素见表 1-2。

值得提出的是，日本食品添加剂发展很快，1978 年政府投资 1000 多万美元建立了拥有现代化设备的安全试验中心，可进行系统毒性试验。据报道，日本实际使用的天然色素有 33 种之多。此外对天然食用色素的研究也十分活跃，例如利用生物发酵技术从栀子黄色素生产栀子红色素和栀子蓝色素，都是近年的研究成果。日本 1979 年出版了《食品添加剂公定书》，收集了许多天然食用色素，并根据新的技术水平重新进行了评价。

表 1-2

英国、日本、EEC、FAO/WHO 允许使用的天然色素

天然色素种类	英 国	日 本	EEC	FAO/WHO
叶绿素铜钠盐	✓	✓	✓	
叶绿素铜钾盐		✓		✓
核黄素		✓	✓	
胭脂树橙	✓	✓		✓
栀子黄		✓		
辣椒红	✓	✓		✓
类胡萝卜素 (天然)	✓	✓	✓	✓
葡萄皮色素		✓	✓	✓
葡萄果汁色素		✓		✓
玉米黄色素		✓		
浆果果汁色素		✓	✓	
红花黄		✓		✓
红花红		✓		
高粱红		✓		
可可色素		✓		
角豆色素		✓		
甘草色素		✓	✓	
胭脂虫红		✓	✓	✓
紫胶红		✓	✓	
茜草色素		✓		
紫根色素	✓	✓		
甜菜红	✓	✓	✓	✓
红曲红色素		✓		
藻蓝素		✓		
焦糖色素	✓	✓	✓	✓
叶绿素	✓	✓	✓	✓
番茄红素	✓			
叶黄素	✓			
薑菜黄质	✓			
藏红花	✓			
花色苷	✓			
檀香木	✓			
姜黄	✓			

注：✓表示允许使用。

我国党和政府对广大人民健康无比关怀,对食品添加剂安全性非常重视,1960年国务院颁布了《食用合成染料管理暂行办法》规定饮料和食物中应当尽可能不使用染料着色,如必须使用染料着色时,则应当尽可能使用无毒性天然食用色素,此外还规定了某些饮料食品不得使用人工合成染料着色。国务院还指示,为了积极解决食用染料问题,有关单位要积极发掘、总结与推广我国民间使用天然食用色素良好传统。

近年来,我国合成色素的品种逐渐减少,目前允许使用的有苋菜红、柠檬黄、靛蓝、赤藓红、新红、亮蓝几种。对天然色素的研究日趋活跃。随着城乡经济改革的逐步完善,国民经济迅速发展,人民生活不断改善,促进了食品工业的发展,对食用色素的需求也在增长,考虑到世界食用色素发展总趋势,从食用色素安全性与社会效益及经济效益出发,更多地发展天然食用色素。我国有丰富的生物资源,有些是人们长期食用的植物,发展天然食用色素有广阔的前景。目前,已被国家添加剂标准委员会允许使用的天然食用色素有甜菜红、姜黄、红花黄、紫胶红、叶绿素铜钠盐、越橘红、辣椒红、辣椒橙、焦糖色素、红米红、栀子黄、菊花黄、黑豆红、高粱红、玉米黄、萝卜红、可可色素、橡子棕色素、红曲红、玫瑰茄红和 β -胡萝卜素等40余种。

改革开放以来,我国的食用天然色素由科研、开发起步,进而投入中试,迅速产业化。现在,我国已经成为食用天然色素的品种和产量大国。已经形成了一个初具规模的产业化行业。2004年我国食用天然色素总产销量约为21.013万t。绝大部分产品用于国内,有约17个食用天然色素品种有出口,出口金额约2.8亿元。出口品种为红曲米、功能红曲、红曲红、辣椒红、高粱红、叶黄素、萝卜红、甜菜红、可可壳色、虫胶红、姜黄素及姜黄油树脂、红花黄、叶绿素及叶绿素铜钠盐、栀子黄、紫甘薯色素、甘蓝红、紫苏红。我国食用天然色素科研、新产品开发、产业化发展迅速。近几年来,在GB 2760—1996名单以外,又已经投入生产和销售的新品种有甘蓝红、万寿菊色素(叶黄素)、紫甘薯色素、紫苏色素、番茄红、功能红曲、洋葱色素、红曲黄等。这些天然色素急需制订使用卫生标准和质量标准。此外,我国科技人员正在研究开发新的天然色素,它们是紫玉米色素、沙雷氏菌红色素、马蹄皮棕色素、枸杞红色素、红毛藻藻蓝蛋白、低聚木糖液色素、大麦麦绿素、大黄色素、石榴皮黄色素、大蒜皮色素、小檗叶红色素、苏木色素、草莓色素、阳荷色素、仙桃红色素、茄红色素、红菜苔色素、亚麻籽色素、山竹果壳红色素、凤仙花红色素、木菠萝黄色素、甘蔗皮红色素、紫穗槐花色素、碱蓬红色素、血红素、山楂红色素、鸡冠花色素、映山红色素、牵牛花色素、柿子皮色素、仙人掌果红色素、女贞果红色素、灰白毛霉红色素、虾青素、商路红色素、五味子红色素、美人蕉色素、茄子皮色素、板栗壳棕色素、丹参色素、黑芝麻色素等。这说明,我国食用天然色素有进一步发展的很大潜力。

与其它先进国家相比,我国目前天然食用色素工业还处于落后状态,主要问题是:

(1) 生产设备简陋,生产工艺落后,产品纯度不高,质量较差,还有很多剂型是浸膏或液体,产品质量和产品标准与国际标准不接轨,很难销售,经济效益差。

(2) 工厂生产基本是单一产品,由于产品单一所以受到市场影响很大,容易产生波动。我国各地资源种类很多,应该因地制宜,生产多品种色素,满足市场不同需要,具有较强的应变能力。

(3) 国内食品工业每年消耗大量食用色素,但大多是使用合成色素,天然食用色素在国内尚未形成大规模市场,虽然国家提倡使用天然食用色素,但有些厂家我行我素,只从工厂本身经济利益考虑,大量使用合成色素,甚至超过规范,有些个体户更是无视法规,竟然用染料着色食品。由于我国地大、面广、食品量大,卫生部门很难一一检查,这些都严重阻碍着天然食用色素的销售和发展。

(4) 外贸销售的渠道不通畅,至目前为止天然食用色素的出口销售,多是各工厂自行与有关部门联系,国内也无固定的外贸单位统一经营这个商品,国外信息不能及时反馈,也严重地影响了产品的出口。

但是尽管天然食用色素工业在我国还是刚刚发展阶段,存在不少问题,但也有很多有利条件。我国地大,处于寒、亚热、热带几个区域,动植物资源十分丰富,尤其是植物资源,品种多、分布广,为发展天然食用色素提供了丰富的原料。而且随着经济的发展、人民生活水平的不断提高,有越来越多的人研究天然食用色素,生产设备不断改进,技术日趋完善,工艺也逐步成熟,可以肯定,我国天然食用色素的研究和生产今后必将迅速发展,为我国食品工业现代化作出贡献。

1.3 天然食用色素的筛选原则

我国目前正式批准使用的天然食用色素品种只有 40 余种,但又具有很丰富的天然食用色素资源,这种情况随着我国经济的发展必然发生变化,所以开发利用我国天然食用色素资源正在逐步得到越来越多的重视,开发资源就需要懂得合理科学的方法对各种品种进行研究、筛选。

天然食用色素筛选主要应根据下面几个方面进行。

1.3.1 溶解性

不同种色素在各种溶剂中溶解性能不同,一般能很好溶解于水中的称水溶性色素,而不溶于水只溶解于石油醚、醋酸乙酯、丙酮、酒精等有机溶剂的称脂溶性色素。例如栀子黄色素就是水溶性色素, 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着它作为成品的使用范围,也就可预测在食品工业中某方向的使用价值。

1.3.2 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,并逐步退色。一般来说,天然食用色素在一定 pH 范围内保持原有色泽,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,这样在食品中用途也越广。例如,玫瑰茄红色素使用的 pH 范围较窄(3~5),而栀子黄色素可使用范围较广(3~11)。这就是由它们各自在这方面的性质所决定的。

1.3.3 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，要求稳定性要好，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：

(一) 对热的稳定性

很多天然食用色素在遇热时就会分解，造成退色，其对热的稳定性较差。天然食用色素用于食品着色时，常常需加热食品，热稳定差的色素在使用中就有困难或者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退色，有的甚至放在室内受散射光照射也会退色。不同种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

天然食用色素化学结构大多含有不饱和双键及其它可氧化基团，在空气氧的作用下会发生氧化作用而退色，所以天然食用色素大都应密封贮存。

(四) 对各种金属盐离子的稳定性

天然食用色素对各种不同金属离子的稳定性不同，一般对少量 NaCl、CaCl₂ 影响不大，但对 Cu²⁺、Zn²⁺ 等离子有较大影响，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，例如焦糖色素，在用作酱油或醋着色时就要求对 NaCl 有较高的稳定性，否则就不能使用在这一方面。

1.3.4 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，并长期食用不会引起各种人体器官的任何病变。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) 毒理实验

是评价天然食用色素安全性较科学的一种方法，它包括几个方面的内容。

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，必须用较大剂量才出现毒性作用。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 LD₅₀ 可将物质毒性分级：

毒性分级	大白鼠一次口服 LD ₅₀ (mg/kg)	人的可能致死量 (mg/kg)
剧毒	1 或 <1	0.06
高毒	1 ~ 5	4
中毒	50 ~ 500	30
低毒	500 ~ 5000	250

实际无毒	5000 ~ 15000	1200
基本无毒	15000 以上	> 1200

天然食用色素其 LD_{50} 应在基本无毒范围内。

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，其中包括急性毒性试验、亚急性毒性试验、慢性毒性试验，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色素时有不同要求的试验规定。

(二) 有害金属离子的含量

为了保证天然食用色素使用的安全性，防止在生产过程中有毒物质的带人，国家规定天然食用色素产品中砷、汞、铅等有害物质不得超过规定量。

(三) 卫生检验

主要是检验致病微生物，应呈阴性反应，其它不应含有黄曲霉素等有害物质。一般菌落应在 30 个以下。

只有在以上几个方面达到要求，该品种才达到要求的安全性。

1.3.5 着色能力

着色能力是表示该色素在使用中对食品的着色能力。着色力强，使用量小而且色泽不退，否则用量大而且受外界影响易退色。

选择天然食用色素原料品种，可首先从上述几个方面进行筛选，并进一步探讨工业化的可能性。

1.4 天然色素的生理功能

1.4.1 类胡萝卜素色素

类胡萝卜素按其化学结构和溶解性，又可分为类胡萝卜素和叶黄素两类，均是具有生理活性的功能性抗氧化剂，这与其本身的多烯烃结构有关。

(1) 类胡萝卜素 系共轭烯烃，能有效防止自由基对脂质内侧生物膜的损害。 β -胡萝卜素是维生素 A 的前体，可提高机体的免疫功能，抵御紫外线辐射、预防维生素 A 缺乏症，并可防治中风、心肌梗死心血管疾病，并具有抗癌作用；番茄红素存在于成熟的红色果实中，清除自由基能力在类胡萝卜素中最强，能有效预防前列腺癌、消化道癌的发生，还具有激活免疫细胞、防止心脑血管疾病的作用。

(2) 叶黄素类 系共轭多烯烃的含氧衍生物，是有效的氧自由基捕获剂。其中玉米黄色素存在于玉米、辣椒、柑橘中，是单线态氧及自由基的清除剂，可与氧以及由亚油酸氧化而产生的自由基快速反应，阻止脂质过氧化反应的链式传递，其抗氧化效果与 BHT 相当，将成为新一代营养抗氧化剂；叶黄素存在于万寿菊属植物金盏花中，能清除膜内自由基，维持生物膜的完整性。近年发现高摄入量叶黄素能减少发生年龄相关性视网膜黄斑退化和白内障的危险水平。叶黄素还可通过其抗氧化功能而表现抗癌活性，可

降低动脉粥样硬化和冠心病的发病率；从辣椒中提取的辣椒红素具有抗氧化作用，可用来治疗脑血管硬化症；从栀子果实中提取的栀子黄色素具有抗氧化能力和消炎、解热、利胆的作用。

1.4.2 黄酮类色素

黄酮类色素能捕捉生物体内膜脂质过氧化自由基和超氧化物，切断体内导致衰老和疾病的脂质过氧化连锁反应，同时具有螯合金属离子、阻断氧化酶的作用，具有抗衰老的功能。黄酮类色素还可作血管保护剂，能调节冠状、下肢血管的扩张，防止动脉硬化和栓塞。在黄酮类色素中，高粱红色素、可可色素、洋葱色素具有较强的抗氧化活性；从黑米、黑豆、黑芝麻中提取的黑色素具有强的氧自由基清除能力；红花黄色素具有保护心肌、降血压的药理功能；花生衣红有凝血作用。

1.4.3 花色苷类色素

花色苷类色素存在于植物的花、叶、果中，由糖苷配基和糖组成。一般情况下为水溶性，但受 pH 影响会变色，对光、温度、氧均敏感。花色苷能强烈吸收紫外光，在体内起着紫外屏障作用，使细胞分化和其它生命过程正常进行，同时能预防冠心病和心肌缺损，治疗循环紊乱和心绞痛，推迟癌细胞的生长。从紫色甘薯中提取的紫心甘薯花色苷，能清除氧自由基、抗脂质过氧化以及抗由 H_2O_2 引发的红细胞溶血作用；从压榨葡萄汁的残留物葡萄皮中提取的葡萄皮红色素有较好的抗氧化功能，抗自由基抑制率为 82.1%，有益于预防冠心病和动脉硬化；从我国食药两用的紫苏中提取的紫苏色素，有解毒、散寒、行气和胃的功效。

1.4.4 叶绿素（卟啉类色素）

存在于高等植物叶、果和藻类中的叶绿素单体，不稳定，通过稀酸分离的方法可除去其卟啉环中心的镁，形成脱镁叶绿素，用铜取代镁后可获得对光稳定的衍生物叶绿素铜钠，具有补血、造血、活化细胞、抗菌消炎、抑制癌细胞生成的功效。

1.4.5 蒽醌类色素

具有抗菌、抗病毒、抗癌的作用。从中药紫草根中提取的紫草红色素系蒽醌类，具有消炎、促进肉芽生长的作用；从紫胶虫分泌的棕色树脂中提取的紫胶红色素系蒽醌类色素。两者均具有一定的抗氧化活性，这与结构中的多个酚羟基有关。

1.4.6 其它类色素

(1) 红曲 红曲中含有降血脂因子莫那克林 K，对合成胆固醇的限速酶具有抑制作用，特别是对低密度脂蛋白胆固醇具有优先降低作用。红曲霉中还含有降血压功能因子—— γ -氨基丁酸和降血糖的生物活性物质。

(2) 二酮类 姜黄色素是抗氧化活性较高的多酚类物质，这与其苯环上的酚羟基有关。姜黄色素还具有抗炎、抗凝、抗菌作用，能抑制花生四烯酸代谢产物的生成，抑

制癌细胞表达，具有抗诱变作用。随着人民生活水平的提高和食品工业的不断发展与壮大，食用色素在我国具有广阔的前景。为此，我国天然食用色素工业应抓住机遇，立足国内市场，开拓国际市场，大力开发“天然、营养、多功能”的食用天然色素，如胡萝卜、黄酮类色素、番茄红素等。同时采用高新技术，不断提高装备水平，提高产品产量和内在质量、生产技术与产品的竞争力。食用天然色素的应用及发展趋势随着人们崇尚天然、追求健康和安全第一等生活方面的要求，食用天然色素的发展更加迅速。

1.5 天然色素的应用

对食品生产者来说，食用色素的稳定性与安全性至关重要。与人工合成色素相比，天然色素的稳定性较差，尤其在加工过程中，天然色素对氧化、光和酸碱度显示出的稳定性，直接关系到食品和饮料的品质。例如罐头食品、饮料和超高温乳制品，在生产过程中需经过热处理，因此必须考虑到色素对热氧化的耐受力与持久力；瓶装饮料和袋装糖果，由于使用透明的包装材料销售，要求色素光稳定性极高；果汁饮料的 pH 较低，糖果、糕点的 pH 则偏高，色素应用在不同的 pH 条件下的稳定性显得相当重要了。所以，选择适合的天然色素，开发稳定性高的新式色素是极必要的。为使食品的外观达到最佳效果，添加在食品中的色素方式也多种多样，有的单色加入，有的拼色加入（2~5 种色素），有的附着在食品表面，有的在食品原料加工过程中进行全面着色，还有为增加食品花色，把色素分层夹在食品之中的。与人工合成色素相比，天然色素中有水溶性的，还有油溶性的，而且，油溶性天然色素通过与某些特殊的乳化剂混合或特殊的方法，能够变成水溶性的色素。因此，天然色素在食品工业中的应用范围更广阔，前景更为乐观。天然色素可以应用于各种食品之中，具体如下：

（1）饮料 软饮料、水果饮料和酒精饮料通常都要全面着色，以烘托出风味来。如草莓饮料需要强烈的红色，才能更具有吸引力；桂花陈酒加入褐色的天然色素，使酒色更迷人。应注意的是，许多种饮料是装在透明容器中出售的，需加入对光稳定性高的天然色素。有些水果饮料所含有的果浆或其它混浊剂，彼此能与天然色素产生稳定作用。

（2）糖果 硬糖、棒棒糖、酒心糖、巧克力、糖衣巧克力等食品，都需要色彩鲜艳的糖衣和引人注目的色调吸引顾客。由于这类食品通常暴露在阳光下，所以要选用对光和氧化具有稳定性的水溶性天然色素着色。

（3）乳制品 天然色素具有自然界一样的天然色彩，可以应用在多层、多色的甜品中，使其看起来更诱人。早在 100 多年前，干酪、乳基甜食和冰淇淋中已开始加入胭脂树橙色素和姜黄色素了。这是由于乳制品中的乳蛋白能与油溶性色素结合得很稳定，质地纯正。如今，用于奶油和人造奶油中最理想的色素仍是油溶性的天然色素。

（4）鱼、畜肉和罐头制品 鱼、畜肉经过储存或加热处理后，血红蛋白会发生变化，会导致明显的变色和退色。生产者要求这类食品在加工后仍能够保持原来的色泽，吸引消费者，提高其商品价值。以往的发色方法是先将鱼、畜肉浸泡在含有亚硝酸盐或硝酸盐的酸菜液中一定时间，固定上述色素防止变色和退色。但是，亚硝酸盐是致癌物

质,在使用上受到严格控制,使用范围仅限于极少数肉制品,既不受消费者欢迎,也有损于商品价值。目前,有几种红色和橙色的天然色素,如甜菜红和辣椒红色素,均可用于香肠、火腿、肉(酱)罐头、鱼(酱)罐头、果酱罐头和其它加工产品中,发色效果良好。以天然色素取代有致癌危险的合成发色剂,提高了食品的食用安全,保护了消费者的身体健康与合法权益。

(5) 加工蔬菜、水果和调味料 新鲜的果菜在加工成蜜饯、果脯和脱水蔬菜的过程中,原本艳丽的颜色会因高温、干燥而消退,例如方便面中的蔬菜加料、鸡汁蘑菇汤、番茄汁等汤料和调味料都需要叶绿、金黄到橙红的颜色,这就要用叶绿素、辣椒黄色素、姜黄色素、大麦芽和焦糖色素。

(6) 烘焙食品 烘焙食品是以粮油、糖、蛋等为原料,添加适当的辅料,并通过和面、成型、焙烤等工序制成的口味多样,营养丰富的食品,由于美味、可口、食用方便等优点,受到人们的欢迎。特别是儿童,更钟情于颜色鲜艳的糕点,但经常食用含合成色素的糕点,对健康来说,无疑是潜在的杀手。这是因为过量的合成色素进入幼儿体内,容易沉着在孩子未发育成熟的消化道黏膜上,引起食欲下降和消化不良,干扰体内多种酶的功能,并且增加肾脏过滤的负担,影响肾功能;还可妨碍神经系统的冲动引导,容易引起幼儿的多动症,对新陈代谢和体格发育造成不良影响。因此我国《食品添加剂使用卫生标准》规定糕点只能用天然色素,而合成色素只能用于糕点上彩装。但是,糕点没有鲜明的色彩,就无法吸引顾客的眼球。虽然合成色素具有着色力强、不易退色、容易调色等优点,但过于鲜艳的颜色会使一部分顾客产生抗拒。而天然色素的颜色相对柔和自然,令人容易接受。鉴于糕点生产的庞大市场,生产应用于糕点类的天然色素更是迫在眉睫。用于烘焙食品天然色素添加剂产品开发关键技术就是降低天然色素对光、热及pH的敏感性,提高其抗氧化性,从而使其稳定性提高。要达到这一目的,主要的工艺突破点是对抗氧化剂、稳定剂的选择、合成及引入微胶囊化技术。用于烘焙食品天然色素类产品主要包括:天然色素喷粉、香粉系列产品;天然食品色素、色香油、果膏等产品。天然色素粉剂产品主要是选用优质的天然色素加以填充剂、香料、分散剂、稳定剂(包括抗氧化剂)等进行混合后,经干燥、粉碎、微胶囊化制成各种不同颜色的喷粉、香粉系列产品。天然食用色素制剂、色香油等产品,同样是以优质天然色素为基料,选用适当的食用乳化剂、酸味剂、稳定剂(抗氧化剂)和香料等经过加热、均质,按照品种要求制成不同品种的天然色素制剂产品。

(7) 应用于烘焙食品中的天然色素实例 天然色素芝士粉:主要用于制造奶黄包、蛋挞和蛋奶馒头等;天然色素香油:可用于制造各种香型的蛋糕,如香芋蛋糕、柠檬味蛋糕、草莓蛋糕等,还可用于制造香芋汤圆、菜汁汤圆、红萝卜汤圆等;天然巧克力色素:主要用于饼干、蛋糕等产品;天然油溶黄:用于生产蛋奶馒头、玉米馒头、汤圆及蛋糕等产品;天然红色素:主要用于水饺、寿桃包及月饼表面着色和莲蓉馅着色;天然绿色素:主要用于生产蔬菜包点、汤圆、蛋糕等;天然食用色素:可直接混合在奶油中,可制成各种彩色的图形,令蛋糕更精彩;天然色素喷粉:主要用于蛋糕的裱装,将天然色素直接喷在蛋糕表面;天然色素果膏、果酱:主要用于蛋糕的裱装和面包的果馅。近年来我国天然色素产业的管理水平和规范化方面虽然有了长足的进步,但各天然

色素生产企业一般都偏小，没有规模效益和强有力的市场竞争力。多数工厂产品单一，所生产的产品是原料型的天然色素，一般不能直接使用，因而价格低，经济效益不高。目前，广州市食品工业研究所有限公司生产的天然色素果膏、天然色素喷粉及天然色素和香油属于国内首家生产，将申请国家应用型专利，该公司是国内为数不多色素的标准化、规模化、产品系列化企业之一，在产品的实用化方面也日臻完善，将为食品加工企业提供优良天然色素系列产品，为绿色浪潮推波助澜。

(8) 饲料添加剂 随着家禽业及水产养殖业的发展。肉鸡及水产品越来越丰富。卖方市场由此变成了买方市场。人们的生活水平也由温饱型逐渐迈进了小康型，对各种产品的消费需求从数量型转变为质量型，品质成为生产者及消费者共同关注的焦点。动物肉品质是一个复杂的概念，它不但包括味道、鲜嫩度、多汁性等肉质指标，还包括外形、色泽等胴体外观指标。根据心理学家的分析结果，人们凭感觉接受的外界信息中，83%的印象来自视觉，可见外观色泽的重要性。对畜、禽、水产品而言，消费者是否乐于购买食用，胴体表皮的颜色、水产品的外观色泽、禽蛋的卵黄颜色都是极主要的因素。由于畜、禽及水产动物自身无法合成色素，其外观颜色取决于所采食的饲料中的色素含量，因此，人们对天然色素叶黄素的研究越来越深入。

研究应用前提：必须符合健康要求。饲料安全的概念在全世界已形成共识。1999年5月，国务院颁布了《饲料和饲料添加剂管理条例》，禁止在饲料中滥用对人体有害的添加剂，同时还建立了饲料监督检测部门，依法加大对非法生产行为的打击。据悉，欧盟委员会保健与消费事务的委员戴维-伯恩前不久表示，鉴于三文鱼及家禽饲料中所使用的化学合成色素对人体有害，对这种色素的使用量应严格限制。法国媒体也发表，人工合成色素对人体有害，大量摄入会引起视网膜色素沉积，从而影响视力。生产健康无危害的天然色素就成了关注的焦点。

自然界中存在 600 多种类胡萝卜素，根据类胡萝卜素结构可分为两大类：胡萝卜素类和叶黄素类。胡萝卜素类，它是含有几个异戊烯单位的化合物，有多种异构体，其中以 α 、 β 和 γ 最常见。它不仅存在于胡萝卜、番茄、南瓜和柑橘等中，也广泛存在于植物的叶、花，甚至动物的乳汁中。胡萝卜素在鸡体内几乎全转变为维生素 A 或以其它形式代谢，对鸡皮、脂肪及蛋黄不能起着色作用。不同饲料原料 β -胡萝卜素含量差异很大，在新鲜绿色叶子和牧草中含量很高，每千克干物质含量在 200mg 以上，而老熟后含量大幅下降，茎秆和老黄的牧草仅在 20mg 以下。在贮存过程中，也有部分损失。叶黄素类为胡萝卜素的含氧衍生物，以醇、醛、酮和酸的形式存在。叶黄素中只有那些具有含氧功能基团如羟基、酮基和羧基的化合物才能使动物皮肤和蛋黄着色，其余化合物沉积很少。叶黄素类色素又可分为 3 种：单羟基叶黄素、双羟基叶黄素和多氧类叶黄素。它们被动物吸收后仍保持原来的分子结构和颜色，并在皮肤、脂肪和蛋黄中沉积着色。常见的具有着色意义的叶黄素类化合物有：黄体素 (Lutein)，广泛分布于植物子叶中，其中黄玉米、玉米蛋白粉、苜蓿粉、万寿菊花粉中含量丰富，对动物皮肤及蛋黄着色效果好；玉米黄质 (Zeaxanthin)，在玉米、玉米蛋白粉、万寿菊粉中含量丰富。着色效果好；隐黄素 (Cryptoxanthin)，在玉米、玉米蛋白粉、苜蓿粉和柑橘等中含量丰富。着色效果差些；柑橘黄素 (Citmxanthin) 存在于柑橘皮、辣椒中。细菌和真菌中也有少