

# 天然食用色素的结构与生理活性分析

王 静<sup>1</sup>, 刘昭明<sup>2</sup>, 肖凯军<sup>1</sup>, 王兆梅<sup>1</sup>

(1 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640;

2 广西工学院生物与化学工程系, 广西柳州 545006)

**摘 要:** 概述了天然食用色素的结构和主要性质、不同抗氧化机理及最新的生理学研究进展, 为功能性天然食用色素的开发和应用提供了参考。

**关键词:** 天然食用色素, 性质, 生理活性

**Abstract:** The structure and main properties of natural edible pigments were summarized. Recent progress on the antioxidant mechanism and other physiological activities of edible pigments were reviewed. It provided references for exploitation and application of functional natural edible pigments.

**Key words:** natural edible pigment; property; physiological activities

中图分类号: TS264.4 文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2007)12-0208-05

随着人们对健康的关注, 国际上对食用色素安全问题的日益重视, 天然色素以其安全、绿色、无毒而备受青睐。近十几年来国内外研究表明, 许多天然色素除具有基本的着色性能外, 还具有一定的生理活性功能, 如活化免疫细胞、提高机体免疫力、抗癌、抑癌等作用。天然色素对人体的多种疾病具有非常突出的治疗、预防等药理作用和保健功能, 为其功能开发和应用研究提供了理论指导<sup>[1-4]</sup>。天然食用色素在 25 年前开始了在商业上的广泛应用, 到目前, 已经取得了巨大的发展。我国天然食用色素从品种、数量和市场上均有较大增长, 已成为世界食品色素品种最多的生产和消费大国。在我国, 许多天然色素有着悠久的历史, 并一直为人们所喜爱, 且资源极其丰富。因此, 开发应用天然食用色素正成为国际化趋势。我国从中草药植物中提取和研究功能性

天然食用色素, 具有独特的优势和开发价值<sup>[5]</sup>。

## 1 天然食用色素的分类

天然色素的分类途径很多, 如: 按化学结构分类、按原料种类分类、按颜色系列分类等, 这里主要介绍按结构进行的分类(见表 1)<sup>[6]</sup>。

## 2 天然食用色素的性质

天然色素是从植物、微生物、动物材料中用各种方法提取、精制而得到的着色剂, 作为功能性食品添加剂, 具有较高的安全性。现在列举几种具有保健功能的色素的分子结构、稳定性、提取方法等性质(见表 2)。

## 3 天然食用色素的生理活性

### 3.1 醌类色素

醌类色素具有致泻和抗菌、抗病毒、抗癌等功效, 许多保健食品, 如减肥茶、降脂胶囊和芦荟制品都含有蒽醌类物质, 正是这类物质起着至关重要的保健作用, 其抗氧化活性可能是来自于结构的多个酚羟基。

3.1.1 紫草素(alkannin) 结构式见图 1。紫草素主要有效成分为紫草宁衍生物( $\beta$ - $\beta$ -丙乙酰阿卡宁、乙酰紫草素为紫草色素的主要成分), 属蒽醌类色素, 多结合成酯而存在, 具有电子传递作用, 促进或干扰某些生化反应过程, 表现多种生物活性, 如抗炎、抗肿瘤、保肝和免疫调节、抗生育、降血糖、杀菌抗病毒等作用。以紫草素为主要成分的用于治疗烧、烫伤药紫草油剂及软膏剂已在我国、日本、欧洲用于临床。紫草素是一个很强的拓扑异构酶抑制剂, 诱导肿瘤细胞凋亡是紫草素发挥其抗肿瘤作用的机制之一, 其作为抗肿瘤药也已进入临床研究; 以紫草素为先导化合物开发抗炎、抗肿瘤、抗病毒新药的研究已成为该领域的热点课题<sup>[7-9]</sup>。

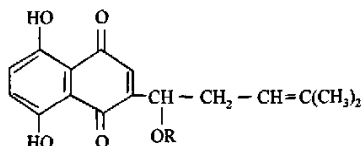


图 1 紫草素的结构式

收稿日期: 2007-04-18

作者简介: 王静(1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 天然糖质资源分离纯化的新方法、新技术。

基金项目: 广州市科技成果推广项目(2006C13G0011); 2006 粤港关键领域重点突破项目(TC06B908-7)。

表1 天然色素的分类

化学结构系列	结构分支	天然色素名称
类黄酮	黄酮系	高粱红色素、甘草黄、橡碗棕黄
	多酚类	可可壳色素
	查耳酮系	红花红、红花黄
	花青苷	紫甘蓝红色素、葡萄皮、玉米黄
醌类	蒽醌类	胭脂红、紫胶红色素、虫胶红
	萘醌系	紫草色素
甜菜花青素		甜菜红、黑豆红
复杂酶蛋白质		红曲色素
类胡萝卜素系		辣椒红、栀子黄、番茄红素、胡萝卜素、柑桔黄、辣椒橙
	二酮类系	姜黄色素
卟啉类		竹叶叶绿素铜钠盐
		蚕砂叶绿素铜钠盐

表2 功能性食用色素的性质

色素	分子式	结构	呈色	水溶性	脂溶性	稳定性	提取方法
类胡萝卜素	$C_{40}H_{56}$	异戊二烯类化合物	黄、红橙红	×	✓	差	分子蒸馏
番茄红素	$C_{40}H_{56}$	不饱和直链型碳氢化合物	黄-红	×	✓	优良	酶法
虾青素	$C_{40}H_{52}O_4$	萜烯类不饱和化合物	粉红、红橙	×	✓	差	法夫酵母的工业发酵
黑色素	-	黄酮花色苷类化合物	棕色-黑色	✓	✓ × ×	差	生物提取
茶色素	$C_{35}H_{28}O_{16}$	儿茶素为主多酚类	黄、红、褐	✓	×	好	乙酸乙酯萃取
	$C_{42}H_{32}O_{20}$						
紫草素	$C_{16}H_{16}O_5$	萘醌衍生物	红、紫红	×	✓	强	$CO_2$ -SF 工艺
姜黄素	$C_{21}H_{20}O_6$	二苯基庚炔类	橙黄	×	✓	差	微波浸提
叶绿素	$C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	镁卟啉配合物	绿、深绿	×	✓	差	超临界 $CO_2$ 萃取
	$C_{55}H_{20}O_6N_4Mg$						
红曲色素	$C_{25}H_{31}O_5N$	混合物	暗红、红	✓	✓	强	固、液发酵
甜菜红色素	$C_{24}H_{26}N_2O_{13}$	吡嗪类衍生物	红紫、深紫	✓	×	差	脉冲电场提取

3.1.2 姜黄色素 (curcumin, 二阿魏酰基甲烷) 结构式见图2。姜黄素的化学结构特点是同一分子结构中同时具有酚及  $\beta$ -二酮结构, 酚性羟基可以捕获或清除自由基, 因此姜黄素不仅能抑制超氧阴离子、过氧化氢、一氧化氮等多种自由基的产生, 而且对其亦有很强的清除能力, 能抑制过氧化氢等自由基对机体多种组织、细胞的损伤。研究发现, 姜黄素通过保护正常细胞对抗各种致癌因素或抑制肿瘤细胞发展的某些环节具有抗肿瘤效应, 其亦具有直接杀灭癌变细胞的能力。因此, 姜黄素可抑制多种肿瘤细胞系的生长, 预防化学性和放射性诱导的皮肤癌、胃癌、十二指肠癌及乳腺癌等的发生, 显著减少肿瘤数目, 缩小瘤体。因其抗癌谱较广, 不良反应小, 是一种有开发前景的天然抗癌新药<sup>[10-13]</sup>。

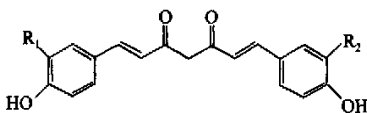


图2 姜黄素类的结构式

### 3.2 类胡萝卜素类色素

类胡萝卜素类色素是存在广泛的具有共轭双键系的萜烯基团类天然色素, 包括  $\beta$ -胡萝卜素和叶黄

素类, 均是国际公认的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。作为保健品食用, 能医治各种疾病, 尤其是癌症的对抗剂, 同时它也是一种具有广泛免疫功能的药物和不可缺少的饲料添加剂<sup>[2]</sup>。

3.2.1 类胡萝卜素 (carotenoid) 结构式见图3。类胡萝卜素是一类生物抗氧化剂, 还是单线态氧的有效淬灭剂, 能直接捕获自由基并阻断自由基的链式反应, 从而防止自由基对蛋白质、脂质和 DNA 的过氧化损伤, 保护细胞免受自由基的损伤, 防止细胞突变, 被认为是具有癌症预防效果的物质。另外, 类胡萝卜素还能防止 LDL 的氧化, 从而降低心血管疾病的发病率<sup>[14-16]</sup>。

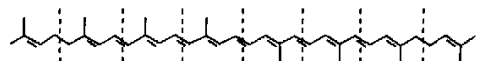


图3 类胡萝卜素分子的结构简式

(不同结构的类胡萝卜素分子均可认为是这一基本结构的衍生物)

3.2.2 番茄红素 (lycopene) 结构式见图4。番茄红素是高效的抗氧化剂和自由基清除剂, 能够阻断组织细胞在外界诱变剂的作用下发生基因突变过程, 防止脂蛋白和 DNA 受到氧化破坏, 具有预防和抑制

肿瘤的作用。番茄红素还可上调内源性抗氧化酶的活性,并可诱导细胞间连接通讯,因而具有显著的血管内皮保护、肿瘤生长抑制和一定的免疫调节等生物活性作用,其在心脑血管疾病、肿瘤等慢性疾病的防治,以及抗疲劳、延缓衰老和功能性色素等方面有良好的应用前景<sup>[17-19]</sup>。

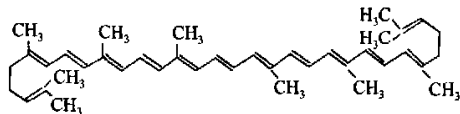
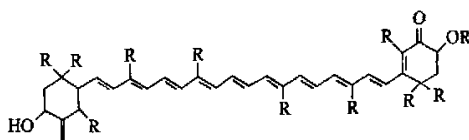


图4 番茄红素的结构式

**3.2.3 虾青素 (astaxanthin)** 结构式见图5。虾青素是一种断链抗氧化剂,不但可以淬灭单线态氧,还能阻断脂肪酸的链式反应。动物实验表明,虾青素可清除 NO<sub>2</sub>、硫化物、二硫化物,有效的抑制自由基引发的脂质过氧化,保护生物膜免受损伤,解除光诱导产生的氧化胁迫,抑制光敏作用。另外,虾青素还具有提高 HDL 和降低 LDL 的功效,从而起到预防动脉硬化、冠心病等心血管疾病的作用,被誉为“超级 V<sub>E</sub>”,作为人类的高级保健食品、药品和水产动物、家禽、家畜的饲料添加剂市场非常广阔<sup>[20,21]</sup>。

图5 虾青素的结构(R = CH<sub>3</sub>)

### 3.3 黄酮类色素

黄酮类色素是带 C6-C3-C6 的水溶性酚类物质,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<sup>[22]</sup>。

**3.3.1 黑色素 (melanin)** 黑色素含有稳定的自由基,能吸收可见光和紫外光的辐射,是目前所知的唯一能保护生物体免受辐射伤害的天然内源生物聚合物。已有研究表明,黑色素能有效地清除活性氧自由基,这是其保护生物大分子如 DNA 免受氧化损伤的重要原因,而且,黑色素在体外对艾滋病病毒有显著的抑制作用,使天然黑色素可能成为一种新的抗艾滋病药物。最近,科学家又发现黑色素具有抑制流感病毒诱导 MDCK 细胞凋亡的作用,因此开发利用黑色素对医药加工和化妆品行业都有重要的意义<sup>[23-25]</sup>。

**3.3.2 茶色素 (tea pigment)** 结构式见图6。现代医学表明,茶色素对肿瘤的抑制和预防作用机理是茶色素对具有抗氧化和解毒作用的 II 相代谢酶 QR 和 GST 具有诱导作用;并通过中断或阻止脂质过氧化、清除超氧化物自由基和羟自由基而预防心血管疾病。另外,茶色素对不同体系产生的自由基有明显的清除作用,可提高 SOD 的活性,降低血清 MDA 含量。因此,茶色素可广泛用作天然食品色素、天然抗

氧化剂,以及医药工业上的药物原料等,该项研究成果已获得国家发明专利<sup>[26]</sup>。

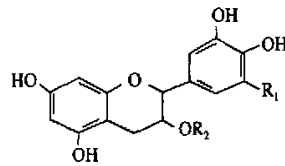


图6 茶色素的结构式

### 3.4 叶绿素类

叶绿素是四个吡咯环与镁原子相结合形成的一类重要的镁卟啉配合物,广泛存在于绿色植物叶子和某些生物的排泄物(如蚕沙)中,包括叶绿素 a 和叶绿素 b 及其衍生物具有与人体血红素结构类似的卟啉环结构,能抑制多环芳烃类的诱变作用<sup>[27]</sup>。

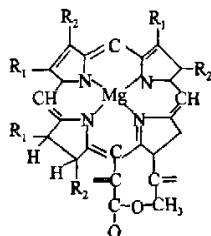


图7 叶绿素 a 的结构式

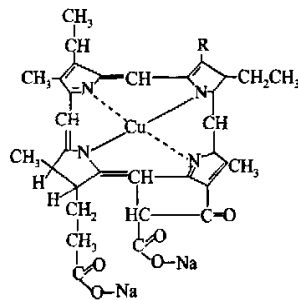


图8 叶绿素铜钠的结构式

叶绿素 (chlorophyll) 是一个非常强大的抗氧化剂,能清除稳定的 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl 自由基,抑制 5,5-dimethyl-1-pyrroline-N-oxide 自由基与氢氧基形成加合物,清除辐射产生的羟自由基和过氧化物,防止各种氧自由基所致的氧化损害,从而减少了 DNA 损伤。另外,叶绿素能有效抑制黄曲霉毒素的致癌效应,具有显著的抗癌作用,而且无不良反应发生,安全性好,若对剂型加以改进,增加品种,则可为临床医生提供更多的选择。叶绿素对拮抗环境和食物诱变剂很有潜力,这无疑是下一步要研究的课题<sup>[28,29]</sup>。

### 3.5 其它类色素

**3.5.1 红曲 (monascus)** 结构式见图9。红曲色素中含有降血脂因子 Monacolin K, Monacolin 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。红曲色素的 Monascorubin 及 Rubropunctatin 具有活泼的羰基,很

容易与氨基起作用,因此不但可治疗胺血症,而且很可能是优良的防癌物质。另外,红曲中还含有降血压功能因子- $\gamma$ 氨基丁酸和降血糖的生物活性物质,因此应积极利用红曲药理、保健作用,开发新型的药品、保健品,使红曲更好的服务于人类<sup>[30,31]</sup>。

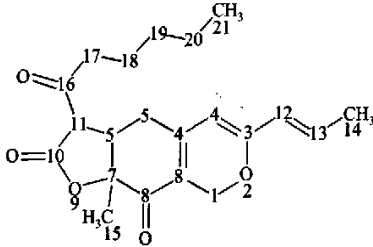


图9 红曲色素的结构式

3.5.2 甜菜红色素 (betalain) 结构式见图 10、图 11。甜菜红色素属于吡啶类衍生物,在极低的浓度下就可以有效地阻止血红素的分解以及由铜离子诱导的脂类氧化,并且在维生素的协调作用下可明显增强其对脂类的保护作用;由于人体内的 LDL(低密度脂蛋白)的氧化会引起一系列的疾病,甜菜红色素所具有的抗氧化性能够有效防止 LDL 的氧化,减少人体疾病的发生。在美国,已有用甜菜红色素作为主要成分的抗癌药问世,并获得了专利。

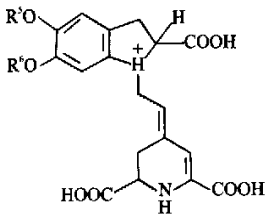


图10 甜菜红素的化学式

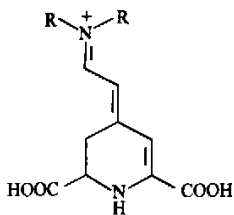


图11 甜菜黄素的化学式

此外,还有很多植物都含有天然色素,作为食品添加剂不但具有安全、色泽自然柔和等特性,并且具有一定的生物活性及药理作用,不仅起到增色添彩的作用,还有一定的保健功能。因此,使用天然色素时要考虑到天然色素具有多种功能的特点,加以综合利用。

#### 4 展望

纯天然食用色素需求量日趋增大,大力开发营养、着色、保健等多重功效天然色素具有良好的市场前景。随着功能性食品添加剂市场的扩大,解析并开发天然色素具有生理活性的功能性成分,并开发出具有特定功能的保健食品,将是食品色素研究的

热点课题<sup>[32]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Timberlake C F, Henry B S. Plant pigments as natural food colours[J]. Endeavour, 1986(10):31-36.
- [2] Toshiro Watanabe, Shigeru Tirade. Analysis of natural food pigments by capillary electrophoresis [J]. Journal of Chromatography A, 2000(880):311-322.
- [3] Hallagan J B, Allen D C, Borzelleca J F. The safety and regulatory status of food, drug and cosmetics colour additives exempt from certification [J]. Food and Chemical Toxicology, 1995,33(6):515-528.
- [4] 乐一鸣. 国内外天然着色剂现状和发展趋势[J]. 上海化工, 2005,30(1):33-35.
- [5] 尤新. 天然食用色素和功能[J]. 中国食品添加剂, 2002(5):1-3.
- [6] 原小梅, 韩维和. 天然色素的研究[J]. 陕西师范大学继续教育学报(西安), 2006,23(2):111-113.
- [7] 张阳, 王美丽, 等. 新疆紫草素抗肝癌的实验研究[J]. 实用肿瘤学杂志, 2006,20(4):294-295.
- [8] 徐德峰, 毛志强, 等. 紫草素的全合成研究进展[J]. 有机化学, 2005,25(7):771-779.
- [9] 严松柏, 谈献和, 胡玉涛. 紫草的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2003,14(2):103-105.
- [10] Motterlini R, Foresti R, Bassi R, et al. Curcumin, an antioxidant and anti-inflammatory agent induces heme oxygenase-1 and protects endothelial cells against oxidative stress [J]. Free Radic Biol Med, 2000, 89(2):169-175.
- [11] 于冬青, 邓华聪. 姜黄素的药理作用研究进展[J]. 山东医药, 2005(45):72-73.
- [12] 唐传核, 彭志英. 姜黄素类物质的生理功能及其抗氧化机制[J]. 中国食品添加剂, 2000(4):40-44.
- [13] 王晓庆, 梁中琴, 顾振纶. 姜黄素抗肿瘤作用机制研究进展[J]. 中草药, 2004,35(3):347-350.
- [14] Rock C L. Carotenoids: biology and treatment [J]. Pharmacol Ther, 1997, 75(3):185-197.
- [15] 赵文恩. 类胡萝卜素抗氧化性质的研究[J]. 郑州大学学报(工学版), 2003,24(1):38-47.
- [16] Wilhelm Stahl, Helmut Sies. Antioxidant activity of carotenoids [J]. Molecular Aspects of Medicine, 2003, 24:345-351.
- [17] Ursula M, Rosa M C, Patricia Sinnecker. Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives [J]. Food Research International, 2005, 38:885-891.
- [18] Horvitz M A, Simon P W, Tanumiharsjo S A. Lycopene and beta-carotene are bioavailable from lycopene 'red' carrots in human[J]. Eur J Clin Nutr, 2004, 58(5):803-811.
- [19] 杜俊蓉, 姚光, 余彦, 等. 番茄红素的生物活性及其应用[J]. 中国药学杂志, 2006,41(6):408-410.
- [20] Guerin M, Huntley M E, Olaiyola M. Haematococcus astaxanthin applications for human health and nutrition [J].

Trends in Biotechnology, 2003, 21(5):210.

- [21] 林莉,阮晓峰. 虾青素药理作用的研究进展[J]. 国外医学药学分册, 2006, 33(2):139~142.
- [22] 吴晶,黄润,吕圭源. 天然色素的药理作用研究概况[J]. 时珍国医国药, 2005, 16(9):915~916.
- [23] 王威. 常用天然色素抗氧化性的研究[J]. 食品科学, 2003, 24(6):96~100.
- [24] Lin L C, Chen W T. The study of antioxidant effects in melanin extracted from various tissues of Animals [J]. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 2005(2):277~281.
- [25] 付湘晋. 我国天然黑色素资源研究概况[J]. 粮油与油脂, 2005(12):42~45.
- [26] Srivastava R C, Husain M M, Mohammad Athar. Green tea polyphenols and tannic acid act as potent inhibitors of phorbol ester ~ induced nitric oxide generation in rat hepatocytes independent of their antioxidant properties [J]. Cancer letters,

2000(153):1~5.

- [27] 黄寿吾. 叶绿素的药理和临床应用[J]. 食品与药品, 2006, 8(04A):5~8.
- [28] Kumar S S, Devasagayam T P, Bhusshan B, et al. Scavenging of reactive oxygen species by chlorophyllin: an ESR study[J]. Free Radic Res, 2001, 35(5):563~574.
- [29] Smith L W. The present status of topical chlorophyll in therapy [J]. N Y State J Med, 1995, 55:2041~2050.
- [30] 徐清海,明霞. 天然色素的提取及其生理功能[J]. 应用化工, 2005, 34(5):268~271.
- [31] Kanner J H, Granit S. Betalains—a new class of dietary cationized antioxidants [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(11):5178~5185.
- [32] 尤新. 功能性食品添加剂的开发热点[J]. 食品与药品, 2005, 7(1A):3~8.

(上接第197页)

K含量也较高,为264.1mg/100g, K也对细胞中酸碱平衡的调节起着重要作用, K可以将神经冲动传递到肌肉纤维,而肌肉收缩本身也离不开K的作用。K对血压有重要作用,服K后,可使血压降低。永新酱萝卜可以作为K的补充来源。

永新酱萝卜中Zn含量较高,为1.514mg/100g,而白萝卜中的含量为0.3mg/100g。锌元素被誉为“生命之花”,参与生殖、生长和发育等生理功能的酶系统。人体含锌总量为2~3g,而每日所需的供给量为10~15mg。这种微量元素越来越被各国的生理学家、生物化学家和医学家所重视。Zn对人体免疫系统和防御功能具有重大作用<sup>[11]</sup>,可与唾液蛋白结合成味觉素增进食欲,是酶的重要组成部分,除在性激素功能中起到一系列的生物化学作用外,还可与其含有的香气成分<sup>[12]</sup>及其它营养成分起协同作用。

本文还对永新酱萝卜的微量元素Pb、As和Hg进行了测定,结果发现,Pb、As和Hg含量分别为 $1.01 \times 10^{-2}$ 、 $4.5 \times 10^{-3}$ 、 $8.74 \times 10^{-4}$  mg/100g。三者的含量均远低于食品添加剂卫生标准GB2769-96规定的标准。一般将Pb、As和Hg列为有潜在毒性,但低剂量可能具有功能作用的微量元素<sup>[13]</sup>。

### 3 结论

根据以上实验结果可知,永新酱萝卜不仅营养成分丰富,而且其中几乎所有的营养成分的含量均高于新鲜白萝卜中的含量。特别值得关注的是,其中的氨基酸不仅种类齐全,而且含量较高,总量达2.5%,人体必需氨基酸为0.78%,必需氨基酸与总氨基酸含量的比值达31.2%;而且其中还含有丰富的

分别高达264.1、192.0mg/100g。

### 参考文献:

- [1] 刘嘉宝,等. 白萝卜的营养保健功用[J]. 中国食物与营养, 2002(2):45~46.
- [2] 张健安编著. 酱腌菜制作技术问答[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1990.
- [3] 杨惠芬. 食品卫生理化检验标准手册[M]. 北京:中国标准出版社, 1997.
- [4] 无锡轻工大学和天津轻工业学院合编. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001. 103~104.
- [5] 陈军辉,等. 西洋参多糖的定量测定[J]. 食品与生物技术学报, 2005, 24(2):73~74.
- [6] 大连轻工业学院等八校合编. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1994. 221~223.
- [7] 中国预防医学科学院和营养与食品卫生研究所编著. 食品成分表[M]. 1991.
- [8] 汪庆平,刘家富,等. 云南地方特产酒的氨基酸营养[J]. 氨基酸和生物资源, 1998, 20(1):28~30.
- [9] 何志廉. 人类营养学[M]. 北京:人民卫生出版社, 1998.
- [10] 王秉栋. 动物性食品卫生理化检验[M]. 北京:中国农业出版社, 1994. 250~259.
- [11] 黄阿根,钱建亚. 荷叶黄酮提取工艺研究[J]. 食品与机械, 2000(5):14.
- [12] 孔瑾,等. 红枣蜂蜜发酵饮料的研究[J]. 食品工业科技, 1997(6):6.
- [13] 吴坤. 营养与食品卫生学(第五版)[M]. 人民卫生出版社, 2003. 35~36.

# 天然食用色素的结构与生理活性分析

作者: [王静](#), [刘昭明](#), [肖凯军](#), [王兆梅](#)  
 作者单位: [王静,肖凯军,王兆梅\(华南理工大学轻工与食品学院,广东广州,510640\)](#), [刘昭明\(广西工学院生物与化学工程系,广西柳州,545006\)](#)  
 刊名: [食品工业科技](#) **ISTIC** **PKU**  
 英文刊名: [SCIENCE AND TECHNOLOGY OF FOOD INDUSTRY](#)  
 年,卷(期): 2007(12)  
 被引用次数: 7次

## 参考文献(32条)

1. [Timberlake C F;Henry B S Plant pigments as natural food colours](#) 1986(10)
2. [Toshiro Watanabe;Shigeru Tirade Analysis of natural food pigments by capillary electrophoresis](#) 2000(880)
3. [Hallagan J B;Allen D C;Borzelleca J F The safety and regulatory status of food,drug and cosmetics colour additives exempt from certification](#)[外文期刊] 1995(06)
4. [乐一鸣 国内外天然着色剂现状和发展趋势](#)[期刊论文]-[上海化工](#) 2005(01)
5. [尤新 天然食用色素和功能](#)[期刊论文]-[中国食品添加剂](#) 2002(05)
6. [原小梅;韩维和 天然色素的研究](#)[期刊论文]-[陕西师范大学继续教育学报](#) 2006(02)
7. [张阳;王英丽 新疆紫草素抗肝癌的实验研究](#)[期刊论文]-[实用肿瘤学杂志](#) 2006(04)
8. [徐德峰;毛志强 紫草素的全合成研究进展](#)[期刊论文]-[有机化学](#) 2005(07)
9. [严松柏;谈献和;胡玉涛 紫草的研究进展](#)[期刊论文]-[时珍国医国药](#) 2003(02)
10. [Motterlini R;Foresti R;Bassi R Curcumin, an antioxidant and anti-inflammatory agent induces heme oxygenase-1 and protects endothelial cells against oxidative stress](#) 2000(02)
11. [于冬青;邓华聪 姜黄素的药理作用研究进展](#)[期刊论文]-[山东医药](#) 2005(45)
12. [唐传核;彭志英 姜黄素类物质的生理功能以及其抗氧化机制](#) 2000(04)
13. [王晓庆;梁中琴;顾振纶 姜黄素抗肿瘤作用机制研究进展](#)[期刊论文]-[中草药](#) 2004(03)
14. [Rock C L Carotenoids:biology and treatment](#) 1997(03)
15. [赵文恩 类胡萝卜素抗氧化性质的研究](#)[期刊论文]-[郑州大学学报\(工学版\)](#) 2003(01)
16. [Wilhelm Stahl;Helmut Sies Antioxidant activity of carotenoids](#)[外文期刊] 2003
17. [Ursula M;Rosa M C;Patricia Sinnecker Antioxidant activity of chlorophylls and their derivatives](#) [外文期刊] 2005
18. [Horvitz M A;Simon P W;Tanumiharsjo S A Lycopene and beta-carotene are bioavailable from lycopene 'red' carrots in human](#)[外文期刊] 2004(05)
19. [杜俊蓉;姚尧;余彦 番茄红素的生物活性及其应用](#)[期刊论文]-[中国药学杂志](#) 2006(06)
20. [Guerin M;Huntley M E;Olaizola M Haematococcus astaxanthin applications for human health and nutrition](#)[外文期刊] 2003(05)
21. [林莉;阮晓峰 虾青素药理作用的研究进展](#)[期刊论文]-[国外医学\(药学分册\)](#) 2006(02)
22. [吴晶;黄澜;吕圭源 天然色素的药理作用研究概况](#)[期刊论文]-[时珍国医国药](#) 2005(09)
23. [王威 常用天然色素抗氧活性的研究](#)[期刊论文]-[食品科学](#) 2003(06)
24. [Lin L C;Chen W T The study of antioxidant effects in melanin extracted from various tissues of](#)

25. 付湘晋 我国天然黑色素资源研究概况[期刊论文]-粮油与油脂 2005(12)
26. Srivastava R C;Husain M M;Mohammad Athar Green tea polyphenols and tannic acid act as potent inhibitors of phorbol ester ~ induced nitric oxide generation in rat hepatocytes independent of their antioxidant properties[外文期刊] 2000(153)
27. 黄寿吾 叶绿素的药理和临床应用[期刊论文]-食品与药品 2006(04A)
28. Kumar S S;Devasagayam T P;Bhusshan B Scavenging of reactive oxygen species by chlorophyllin:an ESR study[外文期刊] 2001(05)
29. Smith L W The present status of topical chlorophyll in therapy 1995
30. 徐清海;明霞 天然色素的提取及其生理功能[期刊论文]-应用化工 2005(05)
31. Kanner J H;Granit S Betalains-a new class of dietary cationized antioxidants[外文期刊] 2001(11)
32. 尤新 功能性食品添加剂的开发热点[期刊论文]-食品与药品 2005(1A)

#### 本文读者也读过(10条)

1. 曾顺德. 漆巨容. 张迎君 天然食用色素的提取、纯化及应用[期刊论文]-食品研究与开发2004, 25(6)
2. 杨合超 浅谈天然食用色素的开发[期刊论文]-农产品加工2007(4)
3. 钟秋. 谢建春. 孙宝国. ZHONG Qiu. XIE Jian-chun. SUN Bao-guo 天然食用色素的来源、制备及应用[期刊论文]-食品研究与开发2008, 29(2)
4. 曹阳 天然食用色素—提高食品质量改善人类健康[期刊论文]-中国食品工业2006(3)
5. 崔文新. 耿越. 王凤芹. 张静静. CUI Wen-xin. GENG Yue. WANG Feng-qin. ZHANG Jing-jing 几种天然食用色素抗氧化作用研究[期刊论文]-食品科学2008, 29(4)
6. 刘丽娅. 陈山. 王军. 韩忠. 袁竹连. Liu Liya. Chen Shan. Wang Jun. Han Zhong. Yuan Zhulian 植物天然食用色素的功能及其制备工艺[期刊论文]-食品与发酵工业2006, 32(9)
7. 高荣海. 张辉. 李冬生. 姜力耘. 许成林. 刘景强. Gao Ronghai. Zhang Hui. Li Dongsheng. Jiang Liyun. Xu Chenglin. Liu Jingqiang 天然食用色素的研究进展[期刊论文]-农产品加工· 学刊2009(6)
8. 郭友 天然食用色素市场潜力巨大[期刊论文]-全国商情(综合版)2001(19)
9. 李涛 GTB公司天然食用色素市场营销策略研究[期刊论文]-时代经贸2011(8)
10. 石品 天然食用色素资源亟待开发[期刊论文]-全国商情(综合版) 2001(9)

#### 引证文献(9条)

1. 黄国霞. 阎柳娟. 李军生. 黄和平 电泳法研究两种醌类化合物的抑菌作用机理[期刊论文]-时珍国医国药 2013(6)
2. 甄天元. 赵梦醒. 雷敏 鱿鱼墨黑色素对亚急性衰老模型小鼠抗氧化功能的影响[期刊论文]-中国食品学报 2012(5)
3. 李亮. 陈钰沁. 张超. 张庆芝 紫草素的研究进展[期刊论文]-云南中医学院学报 2011(5)
4. 盛玮. 高翔. 薛建平. 谢笔钧 超声-微波协同提取超级黑糯玉米芯色素的工艺研究[期刊论文]-中国粮油学报 2011(9)
5. 舒国伟. 王长风. 陈合. 李世玉. 温振杰 果胶酶辅助提取黄姜色素的研究[期刊论文]-中国调味品 2010(9)
6. 陈合. 李世玉. 舒国伟. 温振杰 半纤维素素辅助提取黄姜色素的研究[期刊论文]-中国调味品 2010(2)
7. 周宏霞. 韩喜东. 于军强. 颜显辉 食用色素及其检测方法的研究进展[期刊论文]-检验检疫学刊 2009(4)
8. 陶俞佳. 祝炎 食用色素知多少[期刊论文]-化学教学 2008(12)
9. 高媛. 聂迪. 姬妍茹. 董燕. 于宗玄. 杨庆丽 天然食用色素的研究现状[期刊论文]-黑龙江科学 2013(3)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_spgykj200712068.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_spgykj200712068.aspx)