

罗永华,范翠丽,曹熙敏.龙葵果红色素的食品安全性评价[J].江苏农业科学,2013,41(11):336-339.

# 龙葵果红色素的食品安全性评价

罗永华, 范翠丽, 曹熙敏

(河北北方学院,河北张家口 075130)

**摘要:**通过采用急性毒性、Ames、小鼠骨髓细胞微核、小鼠精子畸形和大鼠 90 d 喂养试验,对龙葵果红色素安全性进行了评价,结果表明,龙葵果红色素急性毒性经口试验  $LD_{50}$  大于 6 000 mg/kg,达到了普通食品无毒级标准(1 500 mg/kg)的 4 倍以上,该样品无急性毒性;Ames 试验、骨髓细胞微核试验、精子畸形试验 3 项遗传毒性试验结果均为阴性,该色素无遗传毒性;大鼠 90 d 喂养试验各项数据结果均显示该色素属于无毒级。

**关键词:**龙葵果红色素;急性毒性;遗传毒性;亚慢性毒性;天然色素

**中图分类号:** TS201.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0336-03

随着人们对健康的日益关注,合成色素的安全性越来越引起人们的重视。不少合成色素的使用相继在各国受到不同程度的限制,尤其是 1976 年美国禁止使用人工合成色素苋菜红后,人们又把注意力转向了天然色素<sup>[1]</sup>。从植物中提取天然色素是当前精细化工领域的一个热点,较人工合成色素而言,天然提取物着色力低、性能不稳定、不耐贮存,但应用安全、色感自然,有的还有一定的生理活性,具有对人体有益的营养和药理作用,被广泛应用于食品、医药、化妆品等行业。因此,近年来,对天然无害食用色素的开发成了食品科学研究中引人瞩目的课题。

龙葵(*Solanum nigrum* L.)为茄科属植物,分布在全国各地,是一种早生、耐盐、耐旱的野生草本植物,关于龙葵色素提取及精制的报道较多,龙葵果红色素具有广阔的应用前景。但是,关于龙葵果红色素的食品安全性问题目前尚未见报道。本研究通过急性毒性试验、Ames 试验、小鼠骨髓细胞微核试验、小鼠精子畸形试验和大鼠 90 d 喂养试验,对龙葵果红色素柠檬酸提取物的食用安全性进行了检测评价。

## 1 材料和方法

### 1.1 仪器与试剂

日立 KY2000 半自动生化仪,西森美康 XT1800i 全自动血球计数仪,西德莱兹 EHF 照相显微镜。

### 1.2 试验动物

清洁级健康 BALB/c 雌、雄小鼠和 SPF 级 SD 大鼠,均由北京实验动物研究中心提供;实验室相对温度为 22~25℃,相对湿度为 60%~70%。

### 1.3 菌株

鼠伤寒沙门氏菌组氨酸缺陷型 TA1535、TA1537、TA1538、TA98、TA100,由美国 Moltex 公司提供;大肠杆菌(*Escherichia coli*, ATCC 35218)、变异链球菌(*Streptococcus mutans*,

ATCC 700610)购自中国药品生物制品检定所。

### 1.4 样品

由课题组通过超声波浸提法、大孔树脂纯化、真空冷冻干燥后获得龙葵果红色素粉末。

### 1.5 试验方法

1.5.1 小鼠急性经口毒性试验 (1)预试验:清洁级健康 BALB/c 雌、雄小鼠各 8 只,分为 4 组,每组 4 只,雌雄各 2 只,分别一次性灌胃给予 0.2 g/mL 龙葵果红色素水溶液 1.0、0.8、0.6、0.4 和 0.2 mL/只,经 3 d 观察动物无任何毒性反应,也无死亡。因受药物浓度和小鼠胃纳量限制无法测出  $LD_{50}$ ,所以进行最大给药量试验。(2)正式试验:采用霍恩氏法。经预试验后,选健康小鼠 40 只,体重(20±2)g/只,雌雄各半,随机分为生理盐水对照组和龙葵果红色素组。龙葵果红色素组小鼠灌胃给予 0.2 g/mL 龙葵果红色素水溶液,每次 10、20、30 mL/kg,3 次/d,间隔 8 h,则即小鼠每天灌胃给药共 2.0、4.0、6.0 g/kg;对照组给予等量生理盐水。连续给药或生理盐水 14 d,观察小鼠的外观、行为活动、精神状态、饮食、大小便、呼吸和死亡情况。

1.5.2 Ames 试验 使用平板掺入法。采用经鉴定符合要求的鼠伤寒沙门氏菌组氨酸缺陷型 TA1535、TA1537、TA1538、TA98、TA100 等 5 个试验菌株进行试验,用多氯联苯(PCB)诱导的大鼠肝匀浆作为体外代谢活化系统,试验设 0.313、0.625、1.250、2.500、5 000 mg/皿 5 个剂量,各剂量组以蒸馏水稀释,同时设溶剂对照和阳性对照(Dexon 50.0 μg/皿,  $NaN_3$  1.5 μg/皿, 2-AF10.0 μg/皿)。在顶层琼脂中加入 0.1 mL 2-AF 增菌液和 0.1 mL 受试物溶液,代谢活化时加入 0.5 mL S9 混合液,混匀后倒入底层培养基平皿上,37℃培养 48 h,计数每皿回变菌落数。如果受试物的回变菌落数是自发回变菌落数 2 倍以上,并具有剂量-反应关系则定为阳性。每个剂量做 3 个平行皿,重复试验 2 次,分别统计相同剂量组的数值。

1.5.3 小鼠骨髓细胞微核试验 清洁级健康 BALB/c 雌、雄小鼠共 50 只,体重(20±2)g/只,随机分 5 组,每组 10 只,雌雄各半,分设 3 个剂量组(同急性毒性试验)、溶剂对照组和阳性对照组(环磷酰胺 40 mg/kg)。各剂量组以蒸馏水稀释,2 次灌胃,间隔 24 h;第 2 次灌胃后 6 h 处死,取股骨骨髓涂片

收稿日期:2013-04-05

基金项目:河北省张家口市科学技术研究与发展计划(编号:12110034C-5)。

作者简介:罗永华(1975—),男,硕士,讲师,研究方向为植物资源开发利用与食品添加剂。E-mail:nkxfcl@163.com。

观察,计数 5 000 个嗜多染红细胞中含有微核的细胞数及微核数。

1.5.4 小鼠精子畸形试验 选择 SPF 级 SD 雄性大鼠 40 只,体重(25±2) g/只,随机 5 组,每组 8 只,分设 3 个剂量组(同急性毒性试验)、溶剂对照组和阳性对照组(环磷酰胺 40 mg/kg)。各剂量组以蒸馏水稀释,给加 1 次/d,连续灌胃 5 d,首次灌胃后第 35 d 处死,取双侧副睾剪碎涂片,观察畸形精子,每组共计数 5 000 个精子中的畸型精子数。

1.5.5 大鼠 90 d 喂养试验 SPF 级 SD 大鼠随机分为 4 组,每组 20 只,雌雄各半,分设高剂量组 21.6 g/kg、中剂量组 14.4 g/kg、低剂量组 7.2 g/kg 及空白对照组(同容量蒸馏水)。灌胃给药 1 次/d,给药容积 10 mL/kg;每 10 d 分别称量体重及进食量各 1 次,根据体重变化调整给药剂量;连续用药 90 d,每组取 8 只大鼠,雌雄各半,取血进行血常规指标检查,将动物脱臼处死后,取出内脏进行系统尸解及病理组织学检查。

1.6 统计方法

应用 SPSS 13.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析和两两比较。

2 试验结果

2.1 急性毒性试验

通过采用霍恩氏法进行试验,结果表明,各剂量组连续灌胃 14 d,小试验鼠外观、行为活动、精神状态、饮食、大小便及呼吸等均正常,无小鼠死亡;试验结束后处死动物,解剖后观察未见动物各器官有中毒现象。结果说明龙葵果红色素样品急性经口毒性试验验证,属于无毒级。

2.2 Ames 试验

对 TA1535、TA1537、TA1538、TA98、TA100 等 5 种试验菌株进行加 S9 混合液和不加 S9 混合液试验,结果(表 1)表明:各菌株空白对照自然回变菌落数都在正常允许范围内;活化与非活化阳性对照组的回变菌落数均有明显增加,符合阳性标准;龙葵红色素各剂量组 TA1535、TA1537、TA1538、TA98 和 TA100 这 5 个菌株的回变菌落数,在加与不加 S9 条件下都未超过空白对照自然回变菌落数的 2 倍,对 5 个菌株均无明显的抑制作用,也无剂量反应关系。龙葵果红色素在使用 0.1 mL 剂量下对鼠伤寒沙门氏菌/哺乳动物微粒体酶试验结果为阴性,无致突变作用。

表 1 龙葵红色素的 Ames 试验结果(n=3,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	S9 <sup>-</sup>					S9 <sup>+</sup>				
	TA1535	TA 1537	TA 1538	TA 98	TA 100	TA1535	TA 1537	TA 1538	TA 98	TA 100
自发回变	15.0	10.1	22.7	24.3	212.3	11.8	13.4	22.5	20.6	167.8
0	12.3	9.9	19.8	25.0	189.7	10.2	11.2	19.7	22.5	164.2
0.313	11.4	10.7	20.7	30.1	158.4	11.8	12.5	19.8	20.3	150.8
0.625	10.8	11.5	18.6	31.3	149.5	8.5	11.0	21.0	21.7	155.4
1.250	12.5	14.3	17.9	35.4	142.0	15.8	12.8	20.5	22.9	145.3
2.500	13.4	12.5	21.5	28.7	172.8	14.2	13.1	22.4	33.5	127.0
5.000	11.9	11.2	22.7	29.8	168.9	13.7	14.8	18.9	30.7	133.8
阳性对照	425.0	>2 000	158.7	897.7	995.8	600.2	>2 000	>2 000	>2 000	1 527.6
溶剂对照	10.0	9.6	18.5	26.9	168.4	12.3	18.4	22.5	34.2	120.3

2.3 小鼠骨髓细胞微核试验选择

由表 2 可见,龙葵果红色素 3 个剂量组灌胃给药,微核分率都在正常范围内( $P<5\%$ ),与阴性对照及各试验组相比较  $P<0.01$ ,微核实验结果为阴性。

表 2 龙葵果红色素小鼠微核试验结果(n=5)

性别	组别	检查嗜多染红细胞数(个)	微核细胞数(个)	微核率(%)
雄性	阴性对照	5 000	14	0.28
	2 g/kg	5 000	15	0.30
	4 g/kg	5 000	13	0.26
	6 g/kg	5 000	15	0.30
	阳性对照	5 000	156	3.12
雌性	阴性对照	5 000	12	0.24
	2 g/kg	5 000	10	0.20
	2 g/kg	5 000	15	0.30
	2 g/kg	5 000	18	0.36
	阳性对照	5000	89	1.78

注:阴性组受试物为蒸馏水,阳性组受试物为环磷酰胺。

2.4 精子畸形试验

由表 3 可见,精子畸形率与阴性对照无显著差别( $P<0.01$ )。

表 3 龙葵果红色素小鼠精子畸形试验结果

组别	动物数(只)	检查精子数(个)	畸形精子(个)	畸形率(%)
阴性对照	24	5 000	77	0.154
7.2 g/kg	24	5 000	72	0.144
14.4 g/kg	24	5 000	70	0.140
21.6 g/kg	24	5 000	64	0.128
阳性对照	24	5 000	210	0.420

2.5 大鼠 90 d 喂养试验

试验期间,各组 SPF 级 SD 大鼠生长良好,大鼠的行为、活动、毛色光泽、精神状况、饮水及粪便均未见明显异常。通过对大鼠体重、进食量、最终体重、总增重及食物利用率监测(表 4),结果表明,大鼠在食用龙葵色素的初期,体重的增长比对照组要低,进食量也要比对照低,但是当适应 20 d 以后,食用龙葵色素大鼠的体重增长要比对照组大鼠的进食量、食物总利用率及体重总增重高,且其精神状况要比对照组好,这说明龙葵果红色素中营养元素的吸收有利于大鼠体重的增长,龙葵红色素喂养大鼠有助于大鼠的生长。

表 4 龙葵果红色素 90 d 喂养各组大鼠体重变化及进食情况 ( $n=10, \bar{x} \pm s$ )

性别	剂量组	初重(g)	终末体重(g)	总增重(g)	总进食量(g)	总利用率(%)
雄	高剂量组	77.8±3.2	550.1±28.9	472.3±30.6	2357.5±221.1	20.03±1.0
	中剂量组	78.8±4.0	540.7±27.6	461.9±28.9	2370.9±210.2	19.48±1.1
	低剂量组	79.4±3.5	538.8±30.2	459.4±27.5	2360.3±208.0	19.46±1.4
	对照组	78.3±3.3	530.2±31.0	451.9±28.2	2449.5±206.3	18.45±1.2
雌	高剂量组	78.2±3.6	440.4±24.0	362.2±22.5	2419.1±256.5	14.97±0.9
	中剂量组	77.9±4.2	432.8±22.0	354.9±21.4	2343.2±240.4	15.15±0.8
	低剂量组	79.1±4.4	430.2±23.5	351.1±20.3	2322.3±235.1	15.12±1.0
	对照组	78.8±3.8	420.8±24.1	342.0±24.2	2506.3±208.2	13.65±1.1

由表 5 可见,试验结束时,对照组和各剂量组大鼠的血红蛋白、红细胞总数、白细胞总数及血小板数与对照组比较,差异均无显著性,龙葵红色素对大鼠的血常规指标无明显影响。由表 6 可见,样品各剂量对大鼠的谷草转氨酶、谷丙转氨酶、血清总蛋白、白蛋白、总胆红素、血糖、尿素氮、肌酐、总胆固醇与对照组比较,差异均无显著性,龙葵红色素对大鼠的血液生

化指标也无明显影响。

试验结束后解剖动物,各组动物均未发现明显的病变,对各剂量组和对对照组动物的肝脏、肾脏、脾脏、睾丸等主要组织进行病理切片检查,各剂量组小鼠的各脏器组织均未见病理组织学改变,龙葵红色素样品对大鼠主要器官组织无损害作用。

表 5 龙葵果红色素 90 d 喂养各组大鼠血常规检查结果 ( $n=10, \bar{x} \pm s$ )

性别	剂量组	RBC(×10 <sup>12</sup> /L)	WBC(×10 <sup>9</sup> /L)	Hb(g/L)	PLT(×10 <sup>9</sup> /L)
雄	高剂量组	9.12±0.81	10.15±1.42	162.3±11.5	889.2±203.2
	中剂量组	9.20±0.56	9.98±1.21	158.4±8.9	855.4±186.4
	低剂量组	8.89±0.74	9.58±1.46	155.4±8.4	877.9±146.9
	对照组	9.50±0.65	9.67±2.04	160.2±10.4	920.3±168.7
雌	高剂量组	8.15±0.52	8.86±1.50	154.2±8.2	936.8±152.8
	中剂量组	8.29±0.53	8.75±1.08	150.8±7.6	990.4±169.4
	低剂量组	8.80±0.62	7.98±1.24	151.6±8.1	1010.2±147.9
	对照组	8.35±0.71	8.23±1.38	153.2±7.6	995.4±125.9

表 6 龙葵果红色素 90 d 喂养各组大鼠血清生化指标检查结果 ( $n=10, \bar{x} \pm s$ )

性别	剂量组	AST(U/L)	ALT(U/L)	TP(g/L)	ALB(g/L)	TBIL(mmol/L)	GLU(mmol/L)	BUN(mmol/L)	Crea(mmol/L)	TG(mmol/L)
雄	高剂量组	158.9±25.1	92.5±15.2	66.8±3.4	32.1±0.51	1.22±0.54	6.22±0.90	7.42±0.66	38.4±1.41	0.91±0.08
	中剂量组	179.8±22.4	86.4±13.8	67.4±4.1	31.9±0.62	1.25±0.45	5.58±0.88	6.68±0.71	29.9±5.21	0.76±0.07
	低剂量组	194.5±24.6	88.5±14.2	68.4±1.8	31.7±0.43	1.05±0.28	5.35±0.59	8.46±0.52	33.4±6.20	0.88±0.10
	对照组	172.5±15.8	90.2±9.3	68.5±2.2	32.1±0.55	0.98±0.37	4.96±0.69	7.84±0.49	36.8±4.89	0.82±0.12
雌	高剂量组	170.5±18.7	80.5±8.8	71.2±2.2	34.1±0.52	0.93±0.18	6.51±0.66	9.50±0.48	39.2±5.86	0.84±0.11
	中剂量组	185.9±17.9	78.9±9.1	75.3±3.1	34.4±0.70	1.26±0.22	5.79±0.72	8.80±0.56	29.8±6.98	0.79±0.14
	低剂量组	177.6±16.2	80.3±10.3	70.6±1.2	33.8±0.60	1.06±0.32	6.12±0.39	7.69±0.62	35.1±7.28	0.78±0.13
	对照组	150.6±20.2	82.9±12.1	72.6±1.4	33.9±0.48	1.11±0.30	5.61±0.48	8.70±0.39	36.7±7.56	0.80±0.15

3 小结与讨论

龙葵果营养成分丰富,含有丰富的维生素 C、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 A 人体 7 种必需氨基酸,其中,维生素 C 和维生素 B<sub>2</sub> 含量相当高,另外,Zn、Fe 含量也较高,远优于其他浆果。龙葵果中还含有多多种矿物质,有抗菌消炎、抗肿瘤、解热镇痛等功效。从龙葵成熟果中能提出一种色泽鲜艳、香味纯正浓厚、性质稳定、溶解性好、用途广泛的龙葵浓缩果汁,具有良好的药用价值,能防治慢性支气管炎、痢疾等症,是集防治与营养为一体的天然营养饮料。目前,龙葵果红色素毒理学研究的报道甚少,还没有形成相关的国内、国际标准,该色素还未进入食品市场。

研究龙葵果红色素对生物体遗传机制的损伤作用及规律,预测该物质对人体的潜在危害,本试验系统进行了毒理学

研究<sup>[3-5]</sup>,对其安全性进行评价,以期龙葵果的开发利用提供科学依据。有资料报道认为,人们平均每天摄入色素一般不会超过 100 mg,即 1.7 mg/kg 左右<sup>[6]</sup>。龙葵果红色素的急性毒性经口试验 LD<sub>50</sub>大于 6 000 mg/kg BW,达到了普通食品无毒级标准(1 500 mg/kg BW)的 4 倍以上,该样品为无急性毒性;Ames 试验、骨髓细胞微核试验、精子畸形试验 3 项遗传毒性试验结果均为阴性,表明该色素无遗传毒性;大鼠 90 d 喂养试验属于亚慢性毒性试验中的一项,本试验各项数据结果均显示,该色素属于无毒级。虽然有关试验结果表明龙葵果红色素各项毒性试验结果均为阴性,但是作为一种在市场上还未有应用的新食用色素种类,要保证其食用安全性,还要对其亚慢性毒性中的生殖毒性和代谢过程进行检测,研究其慢性(致癌)毒性,证明其无毒后,才能在食品中进行广泛应用。

苏 丁,蔡位辉,张德巧,等. 越橘果实中花青素含量及抗氧化能力分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):339-341.

# 越橘果实中花青素含量及抗氧化能力分析

苏 丁,蔡位辉,张德巧,吴明究

(鲜活果汁工业<昆山>有限公司,江苏昆山 215300)

**摘要:**对笃斯越橘、蔓越橘、兔眼越橘的 2 个品种和高丛越橘的 1 个品种果实花青素含量和抗氧化能力进行了对比分析。结果表明,每 100 g 冻果中,兔眼越橘园蓝果实中花青素含量最高,为 276.24 mg,而笃斯越橘的含量最低,为 67.85 mg,仅为兔眼越橘园蓝的 24.8%。不同越橘果实对 DPPH 自由基、羟自由基、超氧阴离子自由基的清除能力及还原能力表现各有不同,综合分析,高丛越橘蓝丰果实具有较强的清除各自由基能力,抗氧化能力较强。不同种越橘果实花青素含量与其抗氧化能力没有相关性。

**关键词:**越橘;花青素;抗氧化能力

**中图分类号:**TS255.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)11-0339-03

花青素是一种黄酮类色素,存在于大部分的花和果实中,一些植物的茎和叶也含有花青素<sup>[1]</sup>。花青素作为一种天然食用色素,安全、无毒,并具有一定的营养和药理作用,如抗氧化活性、抗肿瘤、保护视力等生理活性功能,在一些功能性食品和化妆品中已有应用,并已越来越受到人类重视<sup>[2]</sup>。长期以来,富含花青素植物受到广泛的关注与研究<sup>[3-4]</sup>,作为越橘属的蔓越橘、笃斯越橘则少有报道,同时在体外测定天然抗氧化物质的活性时,需要着重考虑其系统组成、可氧化底物类型、加速氧化的方式、测定氧化能力的方法。花青素抗氧化效果也受其他因素的影响,如系统的多相性和不均一性,引发剂的类型、其他成分及他们之间的相互作用。鉴于此,在对花青素进行抗氧化能力评价时必须选择不同氧化条件,采用几种方法来测定不同的氧化产物<sup>[5]</sup>。本研究以笃斯越橘、蔓越橘、兔眼越橘园蓝、兔眼越橘灿烂和高丛越橘蓝丰的果实为试验材料,通过对清除 DPPH 自由基能力、清除超氧阴离子自由基能力、清除羟自由基能力和还原能力 4 个方面的测定,综合评价不同越橘果实的抗氧化能力,为开发高端越橘加工产品提供依据。

收稿日期:2013-04-09

基金项目:江苏省昆山市农业科技计划(编号:KN1236)。

作者简介:苏 丁(1982—),女,河南南阳人,硕士研究生,主要从事水果加工利用研究。Tel:(0512)36621225;E-mail:sandy\_su@sunjuice.com.cn。

通信作者:蔡位辉,硕士。Tel:(0512)57561353;E-mail:weihui.cai@sunjuice.com.cn。

## 参考文献:

- [1]孙灵霞.木枣枣皮红色素的提取工艺及其稳定性研究[D].西安:陕西师范大学,2005:1-49.
- [2]Ramage G,Vande Walle K,Wickes B L,et al. Standardized method for *in vitro* antifungal susceptibility testing of candida albicans biofilms[J]. Antimicrobial Agents and Chemotherapy,2001,45(9):2475-2479.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料、试剂、仪器

1.1.1 原料 供试材料有 5 个,均为冷冻果实:笃斯越橘(产自黑龙江大兴安岭),蔓越橘(产自美国),兔眼越橘园蓝(产自江苏南京),兔眼越橘灿烂(产自江苏南京),高丛越橘蓝丰(产自辽宁丹东)。

1.1.2 试剂 无水甲醇、盐酸、氯化钾、乙酸钠、邻苯三酚、硫酸亚铁、氯化铁、铁氰化钾、水杨酸、三羟甲基氨基甲烷、过氧化氢、DPPH(1,1-二苯基-2-三硝基苯肼)均为分析纯,购自国药集团。

1.1.3 仪器 ZH-D 全温振荡器,苏州精达公司生产;UV-1800PC 紫外可见分光光度计,上海美谱达公司生产;DC-0506 低温恒温槽,上海舜宇恒平公司生产;Adventurer 电子分析天平、BTC628/728 冰砂机,美国 Bartec 公司生产。

### 1.2 试验方法

1.2.1 花青素提取液制备 挑选不同越橘冻果,除去杂质与叶梗,粉碎,打浆,每个越橘各取(2.00±0.10)g 浆液,参照文献[6]方法并改进提取花青素,提取溶剂为含有 0.1% HCl 的无水甲醇(体积比),料液比为 1:15(g:mL),提取温度 30℃,提取时间 1 h,收集提取混合物,过滤除去滤渣,滤液用提取溶剂定容至 50 mL,得到不同种越橘果实的花青素提取液。

1.2.2 比色法测定花青素含量 参照文献[7],取“1.2.1”节中 5 个越橘果实的花青素提取液各 1 mL,分别加入 0.4 mol/L 乙酸钠溶液(pH 值 4.50)和 0.025 mol/L 氯化钾溶

[3]Schmid C,Rotenberg J S. Neurodevelopmental toxicology[J]. Neurologic Clinics,2005,23(2):321-336.

[4]Holstege C P,Dobmeier S. Cardiovascular complications associated with poisoning[J]. Emerg Med Clin NA,2005,23(4):1195-1217.

[5]陈 奇.中药药理研究方法学[M]. 2 版.北京:人民卫生出版社,2006:131.

[6]彭 亮,赵 鹏.白刺色素的安全性评价及其抗氧化功能的初步研究[J]. 中国食品卫生杂志,2010,22(6):506-510.