

## 五味子红色素抗氧化活性

何华, 李先宽, 丁璞, 宋新, 陈婷, 王冰\*

(辽宁中医药大学药学院, 辽宁 大连 116600)

**[摘要]** **目的:**研究五味子红色素的抗氧化作用。**方法:**采用紫外-可见分光光度法,以维生素C(VC)和维生素E(VE)作为阳性对照品,通过测定清除二苯代苦味酰基自由基(DPPH·)、超氧阴离子自由基(O<sub>2</sub><sup>-</sup>·)、羟基自由基(·OH)的能力,研究五味子红色素的抗氧化活性。**结果:**五味子红色素清除3种自由基的EC<sub>50</sub>分别为:清除DPPH·能力(27.95 mg·L<sup>-1</sup>)、清除·OH能力(98.03 mg·L<sup>-1</sup>)、清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>·能力(154.270 mg·L<sup>-1</sup>),其清除自由基能力与VC相差不大,远强于VE。**结论:**五味子红色素具有较强的抗氧化活性,且成明显的量效关系。

**[关键词]** 五味子红色素; 自由基; 抗氧化活性; 维生素C; 维生素E

**[中图分类号]** R285.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2012)18-0140-04

**[网络出版地址]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20120711.1157.004.html>

**[网络出版时间]** 2012-7-11 11:57

## Antioxidant Activity of Schisandrae Chinensis Fructus Red Pigment

HE Hua, LI Xian-kuan, DING Pu, SONG Xin, CHEN Ting, WANG Bing\*

(College of Pharmacy Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China)

**[Abstract]** **Objective:** To study on the antioxidant activity of Schisandrae Chinensis Fructus red pigment.

**Method:** With UV-V is spectrophotometry, compared with vitamin C (VC) and vitamin E (VE), the antioxidant activity of Schisandrae Chinensis Fructus red pigment was studied by measuring its scavenging effects on 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH·), hydroxyl radical (·OH) and superoxide radical (O<sub>2</sub><sup>-</sup>·). **Result:** Antioxidant activity of Schisandrae Chinensis Fructus red pigment with EC<sub>50</sub> as index, the results were 27.95 mg·L<sup>-1</sup> (scavenging DPPH·), 98.03 mg·L<sup>-1</sup> (scavenging ·OH) and 154.27 mg·L<sup>-1</sup> (scavenging O<sub>2</sub><sup>-</sup>·). Its scavenging effects on radicals were not significant with VC, but much stronger than VE. **Conclusion:** Schisandrae Chinensis Fructus red pigment has strong antioxidant activity and shows a significant dose-effect relationship.

**[Key words]** Schisandrae Chinensis Fructus red pigment; radical; antioxidant activity; vitamin C (VC); vitamin E (VE)

五味子为木兰科植物五味子的干燥成熟果实,习称“北五味子”<sup>[1]</sup>。五味子果肉中富含大量的花

色素,目前对于五味子红色素的研究主要集中在提取工艺和稳定性方面<sup>[2-6]</sup>。花色素类化学上属于类黄酮,常以糖苷的形式存在,是一类食用安全的植物色素。天然色素多具有很强的药理作用,具有明显的抗氧化<sup>[7-8]</sup>,抗癌活性<sup>[9-11]</sup>。本文首次较系统的研究了五味子红色素抗氧化活性。

### 1 材料

**1.1 药物** 五味子(采于辽宁省大连市金州区杏树屯街道姚家村五味子基地),经辽宁中医药大学药学院药用植物教研室王冰教授鉴定为木兰科植物五味子 *Schisandra Chinensis* (Turcz.) Baill. 的干燥成熟果实。药材剥离果肉,40℃烘干,粉碎过60目

**[收稿日期]** 20111104(009)

**[基金项目]** 国家科技基础性工作专项重点项目子课题(2007FY110600);辽宁省教育厅项目(LT2010067)

**[第一作者]** 何华,在读硕士研究生,从事药用植物种质资源及质量评价, Tel: 15140394437, E-mail: hehua19861224@163.com

**[通讯作者]** \*王冰,教授,博士生导师,从事药用植物种质资源及质量评价, Tel: 0411-87586003, E-mail: YZBwang@lnutem.edu.cn

筛,备用。

**1.2 试剂** HPD-600 大孔吸附树脂、DPPH·(二苯代苦味酰基自由基,上海华蓝化学科技有限公司,纯度 >98%,批号 CAS 1898-66-4),维生素 C(VC,上海源叶生物科技有限公司,纯度 >99%,CAS 50-81-7),维生素 E(VE,上海源叶生物科技有限公司,纯度 >99%,CAS#10191-41-0),邻苯三酚(焦性没食子酸,上海源叶生物科技有限公司,纯度 >98%,CAS#87-66-1)、水杨酸(天津大茂化学试剂厂,纯度 >99.5%,批号 2010-4-20),Tris(三羟甲基氨基甲烷,上海源叶生物科技有限公司,纯度 >99%,批号 110608)其他试剂均为分析纯。

**1.3 仪器** RE-5298A 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂),KQ3200B 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),U-3010 型紫外-可见分光光度计(日本 HITACHI 公司),JD60-4 1/万电子分析天平(沈阳龙腾电子有限公司),CP225D 电子分析天平(美国 SARTORIUS 公司),HH-S 型数显恒温水浴锅(巩义市予华仪器有限公司),SHZ-D(Ⅲ)型循环水式真空泵(巩义市予华仪器有限公司)。

## 2 方法

**2.1 五味子红色素纯化与制备** 称取适量五味子果肉粉末,加入 pH 3 的 75% 乙醇溶液,于 40 °C 下超声提取 30 min,抽滤,洗涤,合并滤液,浓缩至浸膏,加入一定体积无水乙醇,置于 -20 °C 冰箱 6 h,再抽滤,浓缩得浸膏。浸膏用水溶解,溶解液经 HPD-600 型大孔树脂柱除去水及杂质,吸附饱和后,用蒸馏水洗涤树脂 6BV,进一步清除杂质,用 pH 3 的 80% 乙醇洗脱,流速为 2 mL·min<sup>-1</sup>。洗脱液 50 °C 浓缩至浸膏,40 °C 烘干,制成粉末,密闭封存。

**2.2 五味子红色素对照品溶液制备** 精密称取五味子色素粉末 27.02 mg 置于 25 mL 量瓶中,无水乙醇定容至刻度,摇匀,得到 1.080 8 g·L<sup>-1</sup> 的五味子红色素贮备液,使用时稀释成不同浓度。

### 2.3 自由基溶液的制备

**2.3.1 DPPH·自由基溶液的制备** 精密称取 5.09 mg 的 DPPH·,置于 100 mL 量瓶中,用无水乙醇溶解,定容至刻度并摇匀,配制成 50.90 mg·L<sup>-1</sup> 的溶液。

**2.3.2 羟基自由基(·OH)溶液的制备** 精密称取硫酸亚铁 0.136 80 g 置于 50 mL 棕色量瓶中,蒸馏水溶解,定容至刻度并摇匀,制成 9.84 mmol·L<sup>-1</sup> 的母液(使用时稀释至 1.09 mmol·L<sup>-1</sup>);精密称取水杨酸 0.124 30 g 置于 50 mL 量瓶中,无水乙醇溶

解,定容至刻度并摇匀,制成 18.00 mmol·L<sup>-1</sup> 的母液(使用时稀释至 2.00 mol·L<sup>-1</sup>);吸取 30% 的过氧化氢溶液 1.00 mL 置于 100 mL 量瓶中,蒸馏水定容至刻度并摇匀,制成 0.03% 的过氧化氢溶液。

**2.3.3 超氧阴离子自由基 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 溶液的制备** 精密称取 0.787 94 g Tris-HCl 置于 100 mL 量瓶中,蒸馏水溶解,调节 pH 值 8.50,定容至刻度并摇匀,制成 50.00 mmol·L<sup>-1</sup> 的缓冲溶液;吸取 37% 的浓盐酸溶液 33.33 mL 置于 50 mL 量瓶中,蒸馏水定容至刻度并摇匀,制成 8.00 mol·L<sup>-1</sup> 的盐酸溶液;吸取 8.00 mol·L<sup>-1</sup> 的盐酸溶液 0.31 mL 置于 250 mL 量瓶中,蒸馏水定容至刻度并摇匀,制成 10.00 mmol·L<sup>-1</sup> 的盐酸溶液;精密称取 0.315 29 g 邻苯三酚置于 100 mL 量瓶中,10.00 mmol·L<sup>-1</sup> 的盐酸溶液溶解,定容至刻度并摇匀,制成 25.00 mmol·L<sup>-1</sup> 的溶液。

### 2.4 五味子红色素抗氧化作用测定方法

**2.4.1 对 DPPH·的清除作用**<sup>[12]</sup> DPPH·自由基是一种非常稳定、可以长时间保存的自由基,当它遇到能释放质子的物质或者被还原时,自由基被消除,化合物溶液颜色发生显著变化,溶液从紫色脱至淡黄色。通过测定加入所测样品的吸光度变化,可求得样品对 DPPH·自由基的清除率。

用移液管分别量取不同浓度五味子红色素溶液 2.0 mL 加入到 10 mL 具塞试管中,并加入 DPPH·自由基溶液 2.0 mL 与之在避光处反应 40 min,反应完全后,置于最大吸收波长下测定吸光度(A)。每种样品液作 3 次平行,取平均 A。

$$\text{DPPH}\cdot\text{清除率} = [A_0 - (A_1 - A_2)] / A_0 \times 100\%$$

式中:A<sub>0</sub> 为 DPPH·溶液 2 mL 加无水乙醇 2 mL 的吸光度;A<sub>1</sub> 为 DPPH·溶液 2 mL 加样品溶液 2 mL 的吸光度;A<sub>2</sub> 为样品溶液 2 mL 加无水乙醇 2 mL 的吸光度。

**2.4.2 对·OH 的清除作用** 采用文献[13-14]方法,稍加改进。利用 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 与 Fe<sup>2+</sup> 反应产生·OH,在体系内加入水杨酸捕捉并产生有色物质,该物质在 530 nm(经全波长扫描而得)处有最大吸收。分别量取 40.0 mL 1.09 mmol·L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub> 溶液和 30.0 mL 2.00 mol·L<sup>-1</sup> 水杨酸溶液置于 150 mL 具塞锥形瓶中,混合均匀后加入 2.0 mL 0.03% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 溶液,于 37 °C 恒温水浴中反应 30 min。分别吸取 A<sub>0</sub> 的羟基自由基体系溶液 3.6 mL 置于比色管中,依次加入 1.0 mL 不同浓度的五味子红色素溶液,于 37 °C 恒温水浴中反应 30 min,于 530 nm 处测其 A。考虑到色素本身的吸光值,以 1.09 mmol·L<sup>-1</sup> FeSO<sub>4</sub> 溶液

2.0 mL, 2.00 mol·L<sup>-1</sup>水杨酸溶液 1.5 mL、不同浓度的色素溶液 1.0 mL 和 0.1 mL 蒸馏水为色素的本底吸收, 每个样品测定 3 次, 取平均值。

$$\cdot\text{OH 清除率} = [A_0 - (A_1 - A_2)] / A_0 \times 100\%$$

式中: A<sub>0</sub> 为·OH 溶液加无水乙醇 1 mL 的吸光度; A<sub>1</sub> 为·OH 溶液加样品溶液 1 mL 的吸光度; A<sub>2</sub> 为样品溶液本身的吸光度。

### 2.4.3 对超氧阴离子自由基 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的清除作用<sup>[15-16]</sup>

采用邻苯三酚自氧化法(稍加改进)测定五味子红色素对超氧阴离子自由基(O<sub>2</sub><sup>-·</sup>)的清除能力。取 4.5 mL 50.00 mmol·L<sup>-1</sup> Tris-HCl 缓冲液(pH 8.5)于具塞比色管中, 于 25 °C 恒温 20 min, 分别加入 1.0 mL 不同浓度的样品, 再加入 0.4 mL 25 mmol·L<sup>-1</sup> 邻苯三酚, 混匀后于 25 °C 恒温中反应 15 min, 立即加入 4 滴 8.00 mol·L<sup>-1</sup> HCl 终止反应。以蒸馏水作参比, 在 320 nm 处测定 A。每个样品平行测定 3 次, 按下式计算清除率。

$$\text{超氧阴离子自由基清除率} = [A_0 - (A_1 - A_2)] / A_0 \times 100\%$$

式中: A<sub>0</sub> 为 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 溶液加蒸馏水 1 mL 的吸光度; A<sub>1</sub> 为 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 溶液加样品溶液 1 mL 的吸光度; A<sub>2</sub> 为样品溶液本身的吸光度。

## 3 结果

**3.1 对 DPPH· 的清除作用** VC、VE 和五味子红色素对 DPPH· 的清除作用如表 1, 从中可以看出, 三者清除 DPPH· 的能力随着浓度增大而增大, VC 和五味子红色素清除 DPPH· 的能力明显强于 VE, 在低浓度范围内, VE 清除 DPPH· 的能力较弱。在 0 ~ 70 mg·L<sup>-1</sup> 内, VC 强于五味子红色素, 超过 70 mg·L<sup>-1</sup>, 二者无明显差异。

通过 SPSS 15.0 软件, 采用曲线拟合法得到 VC 清除 DPPH· 的曲线回归方程为  $Y = 6.971 + 3.113X - 0.041X^2 + 0.0002X^3$ ,  $R^2 = 0.998$ ,  $F = 1675.706$ ,  $P < 0.001$ , 半数清除率(EC<sub>50</sub>)为 17.519 3 mg·L<sup>-1</sup>; 五味子红色素清除 DPPH· 的曲线回归方程为  $Y = 5.478 + 1.841X - 0.009X^2$ ,  $R^2 = 0.999$ ,  $F = 3718.455$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 27.947 7 mg·L<sup>-1</sup>; VE 清除 DPPH· 的曲线回归方程为  $Y = 20.327 + 6.308X - 0.152X^2$ ,  $R^2 = 0.990$ ,  $F = 350.619$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 5.409 0 g·L<sup>-1</sup>。由 EC<sub>50</sub> 比较, 清除 DPPH· 能力 VC > 五味子红色素 >> VE。

**3.2 对·OH 的清除作用** 五味子红色素、VC 和 VE 对·OH 的清除结果见表 2。在试验浓度范围内, 三者清除·OH 的作用呈明显的量效关系, 随着质

表 1 五味子红色素对 DPPH· 的清除作用( $\bar{x} \pm s, n = 3$ ) %

质量浓度 /mg·L <sup>-1</sup>	DPPH· 清除率		质量浓度 /g·L <sup>-1</sup>	DPPH· 清除率	
	VC	五味子红色素		VE	VE
2.00	13.48 ± 0.09	9.84 ± 0.09	0.05	16.84 ± 0.09	
4.00	19.93 ± 0.08	14.00 ± 0.09	0.10	20.99 ± 0.08	
6.00	22.50 ± 0.08	15.17 ± 0.09	0.50	24.41 ± 0.08	
8.00	27.52 ± 0.08	17.99 ± 0.09	1.00	29.24 ± 0.07	
10.00	35.61 ± 0.07	22.87 ± 0.08	2.00	34.66 ± 0.07	
20.00	55.85 ± 0.05	38.97 ± 0.06	4.00	41.73 ± 0.06	
30.00	66.68 ± 0.03	54.13 ± 0.05	6.00	52.00 ± 0.05	
40.00	78.89 ± 0.02	63.49 ± 0.04	8.00	58.25 ± 0.04	
50.00	85.17 ± 0.02	73.44 ± 0.03	10.00	70.92 ± 0.03	
60.00	88.86 ± 0.01	84.59 ± 0.02	20.00	85.44 ± 0.02	
70.00	91.24 ± 0.01	90.03 ± 0.01			
80.00	95.80 ± 0.00	94.04 ± 0.01			

量浓度的增大, 清除作用不断增大。质量浓度在 600 mg·L<sup>-1</sup> 以内, VC 始终强于五味子红色素, 差异明显, 而 VE 清除作用最弱。

通过 SPSS 15.0 软件, 采用曲线拟合法得到 VC 清除·OH 的曲线回归方程为  $Y = 29.188 + 0.465X - 0.001X^2 + 9.06 \times 10^{-7}X^3$ ,  $R^2 = 0.990$ ,  $F = 271.560$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 49.862 2 mg·L<sup>-1</sup>; 五味子红色素清除·OH 的曲线回归方程为  $Y = 23.480 + 0.361X - 0.001X^2 + 7.86 \times 10^{-7}X^3$ ,  $R^2 = 0.997$ ,  $F = 767.607$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 98.033 2 mg·L<sup>-1</sup>; VE 清除·OH 的曲线回归方程为  $Y = 6.157 + 17.311X - 2.259X^2 + 0.108X^3$ ,  $R^2 = 0.996$ ,  $F = 697.725$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 5.095 3 g·L<sup>-1</sup>。由 EC<sub>50</sub> 比较, 清除·OH 能力 VC > 五味子红色素 >> VE。

**3.3 对 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的清除作用** 五味子红色素、VC 和 VE 对 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的清除结果见表 3。三者清除率总体都呈上升趋势, 在低浓度范围内, VE 清除作用不明显, 而 VC 和五味子红色素差异不大。

通过 SPSS 15.0 软件, 采用曲线拟合法得到 VC 清除 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的曲线回归方程为  $Y = 29.195 + 0.183X - 0.00027X^2 + 1.78 \times 10^{-7}X^3$ ,  $R^2 = 0.996$ ,  $F = 546.271$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 139.903 0 mg·L<sup>-1</sup>; 五味子红色素清除 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的曲线回归方程为  $Y = 28.789 + 0.170X - 0.00023X^2 + 1.25 \times 10^{-7}X^3$ ,  $R^2 = 0.987$ ,  $F = 155.427$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 154.270 0 mg·L<sup>-1</sup>; VE 清除 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 的曲线回归方程为  $Y = 2.243 + 35.127X - 7.918X^2 + 0.719X^3$ ,  $R^2 = 0.999$ ,  $F = 1501.646$ ,  $P < 0.001$ , EC<sub>50</sub> 为 2.310 2 g·L<sup>-1</sup>。由 EC<sub>50</sub> 比较, 清除 O<sub>2</sub><sup>-·</sup> 能力 VC ≈ 五味子红色素 > VE。

表2 五味子红色素对·OH的清除作用( $\bar{x} \pm s, n=3$ ) %

质量浓度 /mg·L <sup>-1</sup>	·OH清除率		浓度 /g·L <sup>-1</sup>	·OH清除率 VE
	VC	五味子红色素		
5.00	30.35 ± 0.08	22.55 ± 0.09	0.05	6.39 ± 0.11
10.00	34.85 ± 0.08	27.18 ± 0.09	0.10	8.26 ± 0.11
20.00	38.76 ± 0.07	32.52 ± 0.08	0.20	10.03 ± 0.11
40.00	43.89 ± 0.07	36.74 ± 0.08	0.40	11.89 ± 0.11
60.00	49.88 ± 0.06	41.22 ± 0.07	0.60	14.96 ± 0.10
80.00	60.96 ± 0.05	48.19 ± 0.06	0.80	18.27 ± 0.10
100.00	71.36 ± 0.03	52.72 ± 0.06	1.00	22.25 ± 0.09
200.00	82.20 ± 0.02	66.20 ± 0.04	2.00	35.05 ± 0.08
300.00	89.63 ± 0.01	72.21 ± 0.03	4.00	43.50 ± 0.07
400.00	93.27 ± 0.01	77.41 ± 0.03	6.00	52.72 ± 0.06
500.00	94.60 ± 0.01	83.57 ± 0.02	8.00	56.17 ± 0.05
600.00	97.04 ± 0.00	92.15 ± 0.01	10.00	61.30 ± 0.05

表3 五味子红色素对O<sub>2</sub><sup>-</sup>的清除作用( $\bar{x} \pm s, n=3$ ) %

质量浓度 /mg·L <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup> 清除率		浓度 /g·L <sup>-1</sup>	O <sub>2</sub> <sup>-</sup> 清除率 VE
	VC	五味子红色素		
10.00	29.14 ± 0.07	25.70 ± 0.07	0.05	2.99 ± 0.09
20.00	32.07 ± 0.06	33.84 ± 0.06	0.10	7.17 ± 0.09
40.00	37.26 ± 0.06	37.21 ± 0.06	0.20	9.36 ± 0.08
60.00	40.36 ± 0.06	39.47 ± 0.06	0.40	14.10 ± 0.08
80.00	41.93 ± 0.05	41.10 ± 0.05	0.60	20.32 ± 0.07
100.00	46.89 ± 0.05	45.02 ± 0.05	0.80	24.66 ± 0.07
200.00	55.53 ± 0.04	53.19 ± 0.04	1.00	31.84 ± 0.06
400.00	68.97 ± 0.03	66.39 ± 0.03	2.00	46.32 ± 0.05
600.00	81.46 ± 0.02	75.93 ± 0.02	4.00	62.12 ± 0.04
800.00	93.19 ± 0.01	80.23 ± 0.02	6.00	83.34 ± 0.02

3.4 对3种自由基清除作用纵向比较 以EC<sub>50</sub>比较,VC:清除DPPH·能力(17.519 3 mg·L<sup>-1</sup>) > 清除·OH能力(49.862 2 mg·L<sup>-1</sup>) > 清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>能力(139.903 0 mg·L<sup>-1</sup>);五味子红色素:清除DPPH·能力(27.947 7 mg·L<sup>-1</sup>) > 清除·OH能力(98.033 2 mg·L<sup>-1</sup>) > 清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>能力(154.270 0 mg·L<sup>-1</sup>);VE:清除O<sub>2</sub><sup>-</sup>能力(2.310 2 g·L<sup>-1</sup>) > 清除·OH能力(5.095 3 g·L<sup>-1</sup>) ≈ 清除DPPH·能力(5.409 0 g·L<sup>-1</sup>)。

#### 4 讨论

自由基可引起人体组织衰老,诱发心血管疾病,癌症等,众多研究表明花色素同维生素类一样具有抗氧化活性。本试验通过研究五味子红色素对DPPH·,·OH,O<sub>2</sub><sup>-</sup>的清除作用来评价其抗氧化活性,结果表明五味子红色素具有较强清除3种自由基的活性,在试验浓度范围内呈明显的量效关系,清除自由基能力远强于VE,与VC相差不大,是一种

可供开发的具有良好抗氧化作用的天然色素,具有潜在的药用价值。

#### [参考文献]

- [1] 中典药典.一部[S].2010:61.
- [2] 冯昕,王吉中,何培新,等.北五味子红色素的纯化及抗氧化活性研究[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2010,25(5):28.
- [3] 范荣军,刘派,任涛,等.五味子红色素的提取工艺[J].吉林大学学报:理学版,2008,46(4):784.
- [4] 刘玲玲,吕华冰,孙美琪.五味子色素提取及稳定性研究[J].生物技术,2009,19(6):78.
- [5] 韩丽琴,董顺福,韩赞,等.五味子水溶性红色素理化性质及抗氧化研究[J].食品工业科技,2009,(9):268.
- [6] 宫敬利.超声波辅助法提取北五味子色素工艺的优化[J].安徽农业科学,2010,38(36):20625.
- [7] Kahkonen M P, Heinonen M. Antioxidant activity of anthocyanins and their aglycons [J]. J Agric Food Chem, 2003,51(3):628.
- [8] 张福娣,游纪萍,陈新香,等.扶桑花色素的抗氧化作用研究[J].中国食品学报,2010,10(6):72.
- [9] Hannum S M. Potential impact of strawberries on human health:a review of the science [J]. Crit Rev Food Sci Nutr,2004,44(1):1.
- [10] Serafino A, Sinibaldi-Vallebona P, Lazzarino G, et al. Differentiation of human melanoma cells induced by cyanidin-3-O-beta-glucopyranoside [J]. FASEB J, 2004,18(15):1940.
- [11] Afaq F, Saleem M, Krueger C G, et al. Anthocyanin-and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-kappaB pathways and inhibits skin tumorigenesis in CD-1 mice [J]. Int J Cancer, 2005, 113(3):423.
- [12] 吴和珍,朱艳平,杨艳芳,等.罗汉果植株不同器官的抗氧化活性[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(4):176.
- [13] 李艳梅,李国银,赵福顺,等.玫瑰香葡萄皮色素的提取及其抗氧化活性研究[J].食品工业科技,2011,32(7):164.
- [14] 周向军,高义霞,袁毅军,等.乌龙茶茶褐素提取工艺的优化及抗氧化研究[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(4):36.
- [15] 孙芸,徐宝才,谷文英.葡萄籽原花青素抗氧化作用的研究[J].中国粮油学报,2007,22(6):129.
- [16] 曹燕,庞市宾,徐磊,等.金鸡菊提取物体外抗氧化活性[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(12):144.

[责任编辑 聂淑琴]