

## 菊花、叶、茎抗氧化活性比较

刘东顺, 陈春林, 车晓航, 谭林燕, 陈力, 徐丽丽, 熊筱娟\*

(宜春学院 化学与生物工程学院, 江西省天然药物活性成分研究重点实验室, 江西 宜春 336000)

**[摘要]** **目的:**研究菊花、叶和茎的体外抗氧化活性,为菊花、叶、茎资源的充分利用提供科学依据。**方法:**以绿原酸为对照组(CHA),分为菊花水提取物组(JH-S),菊花醇提取物组(JH-C),菊叶水提取物组(JY-S),菊叶醇提取物组(JY-C),菊花茎水提取物组(JJ-S),菊花茎醇提取物组(JJ-C),分别测定提取物的还原能力及对羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ ),二苯代苦味酰基自由基(DPPH $\cdot$ ),脂自由基和超氧阴离子( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )的清除率,研究其体外抗氧化活性。**结果:**菊花、叶、茎提取物和绿原酸的抗氧化作用与浓度呈正相关。菊花、叶、茎的水、醇提取物( $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ )和绿原酸相比,还原能力分别为2.260,2.270,2.261,2.260,2.261,2.272,2.256均无差异,且各醇提取物和水提取物之间也无差异;对 $\cdot\text{OH}$ , $\text{O}_2^{\cdot-}$ 均具较强的清除作用,且水提取物的作用均好于其醇提取物,尤其抗 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 作用明显强于绿原酸清除DPPH $\cdot$ ,脂自由基方面效果均优于水提取物,菊茎醇提取物对DPPH $\cdot$ 清除率略高于绿原酸,相同浓度下菊叶清除脂自由基作用胜于菊花。**结论:**菊花、叶和茎提取物均有较强的抗氧化活性,菊叶抗氧化作用与菊花相当。菊叶和茎作为天然抗氧化剂有较好的开发利用价值。

**[关键词]** 菊花; 菊叶; 菊茎; 绿原酸; 抗氧化活性

**[中图分类号]** R282.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)18-0040-05

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2016180040

### Compare to Antioxidant Activity of *Chrysanthemum morifolium* Flower, Leaf and Stem

LIU Dong-shun, CHEN Chun-lin, CHE Xiao-hang, TANG Lin-yan,  
CHEN Li, XU Li-li, XIONG Xiao-juan\*

(Chemistry and Bioengineering Institute, Key Laboratory of Natural Active Pharmaceutical  
Constituents of Jiangxi Province, Yichun 336000, China)

**[Abstract]** **Objective:** To study the antioxidant activity of *Chrysanthemum morifolium* flowers, leaves and stems *in vitro*. **Method:** Chlorogenic acid was used for the control group (CHA). Extractives were extracted from *C. morifolium* flowers, leaves and stems. Water and ethanol were used as solvents. These extracts were divided into six groups: flower water extracts (JH-S) group; flower alcohol extracts (JH-C) group, leaf water extracts (JY-S) group, leaf alcohol extracts (JY-C) group, stem water extracts (JJ-S) group; and stem alcohol extracts (JJ-C) group. The antioxidant activity of different extracts were studied by determining the reducing capacity, and the clearance rates of hydroxyl ( $\cdot\text{OH}$ ) radical, 1, 1-diphenyl-2-picryl-2-picrylhydrazyl (DPPH $\cdot$ ) radical, lipid free radical and superoxide anion ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ) radical. The antioxidant activity of chlorogenic acid was compared with that of the extracts. **Result:** The anti-oxygenation of extracts from *C. morifolium* flowers, leaves and stems have positively correlated with the concentration, which was the same as chlorogenic acid. There had no difference between ethanol extracts and water extracts from *C. morifolium* flowers, leaves and stems in reducing capacity; the ethanol extracts and water extracts show a high efficiency in clearing  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  radical, and water extracts had a better efficiency than ethanol extracts, with an obviously better effect in resisting  $\text{O}_2^{\cdot-}$  than chlorogenic acid. Ethanol extracts of *C. morifolium* flowers and leaves were better than its water extracts in cleaning DPPH and lipid free radical ability. The efficiency in clearing DPPH $\cdot$  of ethanol extracts from *C. morifolium* stems

**[收稿日期]** 20151106(004)

**[基金项目]** 江西省教育厅科学技术项目(2014[14708]号)

**[第一作者]** 刘东顺, 硕士, 从事天然产物研究与开发, Tel: 13576718007; E-mail: liudongshun2010@163.com

**[通讯作者]** \*熊筱娟, 教授, 从事天然药物活性成分研究与新药开发, Tel: 0795-3201986; E-mail: ycxxxj@163.com

was higher than that of chlorogenic acid. The cleaning lipid free radical function of extracts from *C. morifolium* leaves was better than that of extracts from *C. morifolium* flowers with the same concentration. **Conclusion:** Extracts of *C. morifolium* flowers, leaves and stems shows an efficient antioxidant activity. The anti-oxygenation function of leaves was equal with flowers. As natural antioxidants, *C. morifolium* leaves and stems have a great development and utilization value in the future.

[Key words] *Chrysanthemum morifolium* flowers; *Chrysanthemum morifolium* leaves; *Chrysanthemum morifolium* stems; chlorogenic acid; antioxidant activity

菊花为菊科植物的干燥头状花序,是一种常见的药食两用花卉,性味多为苦、辛、凉,有清热解毒、疏风明目、平肝凉血等功效,保健和医疗作用非常广泛。现代药理学研究发现菊花在保护心血管、抗肿瘤、调血脂、肝保护、镇痛等方面也有相当作用<sup>[1]</sup>。菊花采摘过后对整株植株进行修剪时,将产生大量的茎、叶,目前国内对菊花的应用研究较多,对菊叶、茎的综合利用研究相关报道较少,大量菊叶、茎因其药用保健价值未能充分开发利用而遭丢弃<sup>[2-3]</sup>。有研究表明,植物中酚类、黄酮类等物质具有良好的抗氧化作用,其抗氧化作用主要通过直接捕捉和清除氧自由基来实现<sup>[4-6]</sup>。另有研究发现,菊叶中含有丰富的黄酮类、酚类和具特殊香味的挥发油芳香物质<sup>[7]</sup>。绿原酸(CHA)又名 3-咖啡酰奎尼酸,是 2015 年版《中国药典》中菊花质量控制的主要成分之一<sup>[8]</sup>,大量研究表明 CHA 具有较强的抗氧化作用<sup>[9-11]</sup>,其抗氧化作用的实现可能与结构中的酚羟基有关。

本文以 CHA 为对照,通过测定 CHA 和各提取物还原能力、羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )清除率、二苯代苦味酰基自由基(DPPH $\cdot$ )清除率、脂氧自由基清除率、超氧阴离子( $\text{O}_2^{\cdot-}$ )清除率,首次多指标评价菊花、叶、茎不同溶剂提取物的体外抗氧化活性,研究菊花、菊叶、茎的药用保健价值,为开发菊花、叶相关天然抗氧化剂及菊花整株资源的综合有效利用提供科学依据。

## 1 材料

菊花、叶、茎(由宜春沐阳农林科技有限公司提供),由中国科学院沈阳应用生态研究所许思明教授鉴定为菊科菊 *Chrysanthemum morifolium* 的花、叶、茎。45 °C 烘干干燥、粉碎,待用。

绿原酸对照品(中国药品生物制品检定所,批号 110739-5433361); *D*-脱氧核糖(DR), DPPH(德国 Sigma 公司,批号分别为 T0066, 101308321)。磷酸二氢钾,氢氧化钾,EDTA,三氯化铁,抗坏血酸,过氧化氢,磷酸二氢钠,盐酸,硫代巴比妥酸(TBA),磷

酸氢二钠,铁氰化钾,三氯乙酸,氯化钠,硫酸亚铁等其他试剂均为分析纯,实验用水为超纯水。

AR224CN 型电子天平[奥豪斯仪器(上海)有限公司],UPWS-S-I-10T 型高纯水机(杭州永洁达膜分离设备厂),OSB-2100 型水浴锅(上海爱明仪器有限公司),N-1100 型旋转蒸发仪(上海爱明仪器有限公司),DISB-10/30 型低温冷却液循环泵(巩义市予华仪器有限责任公司),KQ-250DB 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),752 型紫外分光光度计(南京麒麟分析仪器有限公司),SHZ-DIII 型循环水真空泵(巩义市予华仪器有限责任公司)。

## 2 方法

**2.1 菊花、茎、叶水提取物的制备** 将菊花、茎、叶干燥后粉碎,25 °C 超声提取 3 次,分别加入 10, 8, 6 倍量纯水,每次 1 h。滤过,合并滤液,60 °C 减压浓缩至干,分别得到菊花水提取物(JH-S),菊叶水提取物(JY-S),菊茎水提取物(JJ-S),以 CHA 为对照,采用紫外分光光度法在波长 327 nm 处测定各提取物中总酚类物质含量<sup>[12]</sup>。

**2.2 菊花、茎、叶醇提取物的制备** 将菊花、茎、叶干燥后粉碎,将提取溶剂换为 75% 乙醇,提取和测定条件同 1.3.1 项,分别得到菊花醇提取物(JH-C),菊叶醇提取物(JY-C),菊茎醇提取物(JJ-C)。

**2.3 还原能力的测定**<sup>[13]</sup> 取不同样品(空白用蒸馏水 1.0 mL 代替,其他试剂依次同下)溶液 2.5 mL,加入 0.2 mol·L<sup>-1</sup> 磷酸盐缓冲液(pH 6.6) 2.5 mL 及 1% 的 K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 溶液 2.5 mL,于 50 °C 水浴反应 20 min 后急速冷却,加入 10% 的三氯乙酸溶液 2.5 mL,取反应液 5.0 mL,加入蒸馏水 5.0 mL 和 0.1% 的 FeCl<sub>3</sub> 溶液 1.0 mL,混合均匀,10 min 后于 700 nm 处测定其吸光度 *A*,以水为空白。以上实验均以绿原酸作对照。质量浓度设计:0.05, 0.10, 0.20 g·L<sup>-1</sup>(样品质量浓度是指样品中酚酸类物质含量,并且指加入反应体系前样品的质量浓度,以下同)。

**2.4 对 $\cdot\text{OH}$ 的清除作用** 采用 *D*-脱氧核糖-铁体

系法<sup>[14-15]</sup>。在洁净干燥的试管中依次加入 50 mmol·L<sup>-1</sup>的 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-KOH 缓冲液 0.4 mL,一定质量浓度的样品(即 0.05, 0.10, 0.20 g·L<sup>-1</sup>的样品), 1.04 mmol·L<sup>-1</sup>的 EDTA 溶液 0.1 mL, 20 mmol·L<sup>-1</sup>的 FeCl<sub>3</sub> 溶液 0.1 mL, 10 mmol·L<sup>-1</sup>的 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.1 mL, 60 mmol·L<sup>-1</sup>的 2-脱氧核糖(DR)溶液 0.1 mL(其中空白不加), 20 mmol·L<sup>-1</sup>的抗坏血酸(Vc)0.1 mL, 保证每管最终体积为 1.0 mL, 于 37 °C 下保温 1 h, 取出迅速加入 25% 的盐酸 1.0 mL 终止反应, 加 1% 的胆汁酸(TBA)1.0 mL, 于沸水浴煮沸 15 min, 立即冷却, 若有混浊加入正丁醇 3.0 mL 萃取, 于 532 nm, 测定 A。清除率按以下公式计算。

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

其中 A<sub>0</sub> 为空白吸光度; A<sub>1</sub> 为加入清除剂和 DR 后吸光度; A<sub>2</sub> 为样品本身吸光度(不加 DR)。

**2.5 对 DPPH· 的清除作用** DPPH· 是一种很稳定的自由基, 在乙醇溶液中呈深紫色, 在 517 nm 处有最大吸收峰, 当有自由基清除剂存在时其颜色减退, 褪色程度与清除剂的清除能力及数量呈定量关系。因此, 可用分光光度法进行定量分析, 从而评价抗氧化物质的抗氧化能力<sup>[16-17]</sup>。参照 Vatterm 等<sup>[18]</sup>报道, 将溶剂 2.0 mL 与 20 mmol·L<sup>-1</sup> DPPH 溶液 2.0 mL 置于同一试管中, 摇匀, 放置 30 min, 用溶剂作参比测定 A(即 A<sub>空</sub>), 测定样品清除能力时, 所取试剂同前, 分别加样品 2.0 mL 代替溶剂 2.0 mL, 静止 30 min 后测 A(用同浓度样液作为参比)即为样品吸光度(即 A<sub>样</sub>)。清除率按以下公式计算。

$$\text{清除率} = (A_{\text{空}} - A_{\text{样}}) / A_{\text{空}} \times 100\%$$

其中 A<sub>空</sub> 为用溶剂作参比吸光度; A<sub>样</sub> 为样品吸光度。

**2.6 对脂自由基清除能力的测定** 参照吴雪辉等<sup>[19]</sup>的方法, 将乙醇 5.0 mL, 0.1 mol·L<sup>-1</sup> 磷酸钠缓冲液(pH 8.0)5.0 mL, 亚油酸 0.5 mL, 与不同浓度样品混合, 用紫外光照射 2 h, 再加三氯乙酸 4.0 mL, 加 TBA 1.0 mL, 放置在 95 °C 水浴 1.5 h, 3 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 15 min, 去油层, 在 532 nm 处测吸光度(A<sub>样1</sub>)。以蒸馏水代替样品做空白组(A<sub>空</sub>)。脂自由基清除率公式如下。

$$\text{脂自由基清除率} = (A_{\text{空1}} - A_{\text{样1}}) / A_{\text{空1}} \times 100\%$$

其中, A<sub>空1</sub> 为空白溶液吸光度; A<sub>样1</sub> 为试样测得的吸光度。

**2.7 对 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 清除能力的测定(邻苯三酚自氧化法)** 参照 Lou 等<sup>[20]</sup>的方法, 取 Tris-HCl 缓冲液(pH 8.2)6.0 mL, 加入不同浓度的样品 0.5 mL, 再加 37

°C 水浴过的 7.0 mmol·L<sup>-1</sup> 邻苯三酚盐酸溶液 0.5 mL, 混合反应 4 min, 然后用浓 HCl 0.5 mL 终止反应, 在 322 nm 处测 A。以等体积 Tris-HCl 缓冲液(pH 8.2)为空白组, 吸光度为 A<sub>空2</sub>。超氧阴离子自由基清除率公式如下。

$$O_2^{\cdot-} \text{清除率} = (A_{\text{空2}} - A_{\text{样2}}) / A_{\text{空2}} \times 100\%$$

其中, A<sub>空2</sub> 空白对照吸光度; A<sub>样2</sub> 被测溶液吸光度。

### 3 结果

**3.1 浸膏提取率及总酚类物质含量测定结果** 从浸膏提取率来看, 菊花用醇做溶剂提取率高, 而菊叶用水提取率高, 茎的提取两者溶剂相近; 从浸膏中总酚类物质含量看, 使用 75% 乙醇作为提取溶剂两者含量要高于水做溶剂。从浸膏得率和总酚类物质含量高低次序比较依次为菊花、叶、茎。见表 1。

表 1 浸膏提取率及总酚类物质质量分数测定(n=3)

样品	浸膏提取率	总酚类质量分数
JH-S	43.1	2.4
JH-C	56.0	5.5
JY-S	37.6	2.2
JY-C	31.2	5.2
JJ-S	21.9	1.6
JJ-C	21.6	3.7

**3.2 菊花、叶、茎各提取物还原能力比较** 在实验浓度范围内, 随 CHA 浓度增加, 其还原能力逐渐增大, 其还原能力与浓度呈正相关。菊花、叶、茎提取物总酚类物质质量浓度在 0.20 g·L<sup>-1</sup> 以下时, 其还原能力优于 CHA; 各样品总酚类物质质量浓度达 0.20 g·L<sup>-1</sup> 时, 各提取物样品的还原能力与 CHA 相当, 其还原能力已近最大值。菊花、菊叶水、醇提取物总酚类物质在 0.10 g·L<sup>-1</sup> 时其还原能力已近最大值, 质量浓度增加一倍时(0.20 g·L<sup>-1</sup>) 还原能力增强并不明显。表明菊花、菊叶水、醇提取物总酚类物质浓度在 0.10 g·L<sup>-1</sup> 时, 还原能力已近 E<sub>max</sub>。见图 1。

**3.3 菊花、叶、茎各提取物对·OH 的清除作用** 在实验浓度范围内, CHA, 菊花、叶、茎各提取物对脱氧核糖-铁体系产生的·OH 均表现出一定的抑制作用, 并随着浓度的增加, 清除作用增强。其中 CHA, JH-S 对·OH 的清除作用最强, 其他样品清除率均达 85% 以上, 显示菊花, 菊叶, 茎对·OH 较好的清除作用。除茎外, 菊花和菊叶的水提取物对·OH 清除作用均好于其醇提取物, 表明饮用菊花茶能有效清除·OH。见图 2。

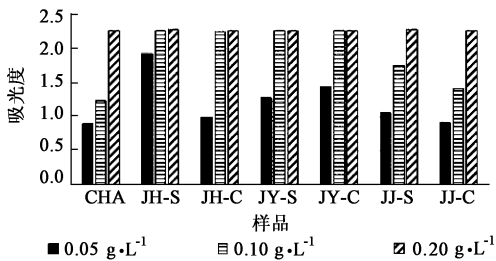


图 1 菊花、叶、茎各提取物还原能力的影响

Fig. 1 Histogram of reducing capacity of extracts and chlorogenic acid

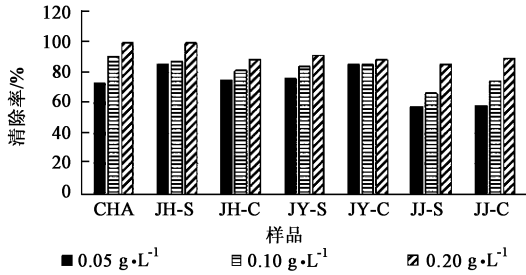


图 2 菊花、叶、茎各提取物对·OH 的清除作用的影响

Fig. 2 Histogram of ·OH clearance rate of extracts and chlorogenic acid

### 3.4 菊花、叶、茎醇提取物对 DPPH· 的清除作用

菊花、叶、茎的水提取物在本实验条件下的溶解度非常低,达不到实验所需浓度,因此在对 DPPH· 的清除作用测定时,只选择醇提取物进行测定。CHA, JH-C, JY-C, JJ-C 对 DPPH· 有一定的清除作用,且随着质量浓度的增加,清除率也随着上升,有明显的量效关系。当质量浓度为  $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  以下时, JH-C, JY-C, JJ-C 对 DPPH· 清除作用均小于 CHA, 质量浓度达  $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时, JH-C, JJ-C 作用与 CHA 相当, JY-C, 作用最小。见图 3。

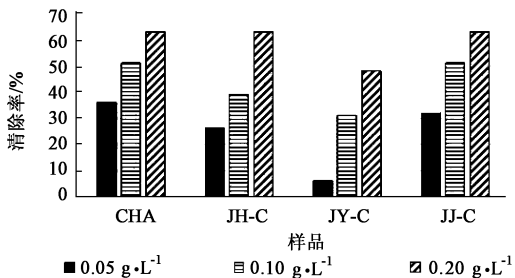


图 3 菊花、叶、茎醇提取物对 DPPH· 的清除作用的影响

Fig. 3 Histogram of DPPH· clearance rate of extracts and chlorogenic acid

### 3.5 菊花、叶、茎各提取物对脂自由基的清除作用

CHA, 菊花, 菊叶, 菊茎提取物清除脂自由基作用, 随着质量浓度的增加而增强, 有明显的量效关系。其中, CHA 脂自由基清除率普遍高于菊花, 菊叶, 菊茎各提取物。从菊花, 菊叶, 菊茎提取物的清除率大

小依次: 菊叶 > 菊花 > 菊茎, 尤其茎水提取物在  $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  以下几无作用。见图 4。

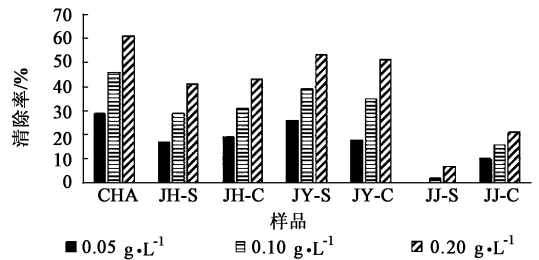


图 4 菊花、叶、茎各提取物对脂自由基的清除作用的影响

Fig. 4 Histogram of clearance rate for fat free radical of extracts and chlorogenic acid

### 3.6 菊花、叶、茎各提取物对 $\text{O}_2^- \cdot$ 的清除作用

菊花、叶、茎各提取物对邻苯三酚自氧化体系产生的  $\text{O}_2^- \cdot$  均有一定清除作用, 且随样品质量浓度的增加, 清除作用明显增强; 在相同质量浓度时, 菊花、叶、茎各提取物清除作用均大于 CHA。CHA 在  $0.05 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时对  $\text{O}_2^- \cdot$  清除率为负值, 随质量浓度的增加清除率由负值转正值并逐渐上升。菊花、叶、茎水提取物对  $\text{O}_2^- \cdot$  的清除作用明显强于其醇提取物, 尤其菊花水提取物低浓度下就显示较好的清除作用。见图 5。

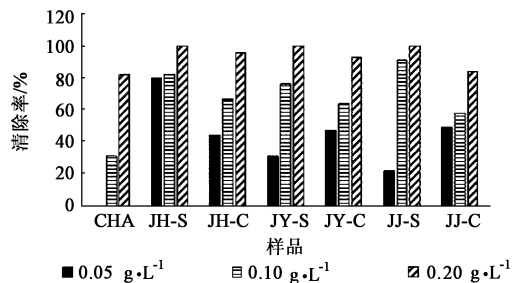


图 5 菊花、叶、茎各提取物对超氧阴离子 ( $\text{O}_2^- \cdot$ ) 的清除作用的影响

Fig. 5 Histogram of  $\text{O}_2^- \cdot$  clearance rate of extracts and chlorogenic acid

## 4 讨论

本实验采用的菊花、茎、叶系中国科学院沈阳应用生态所选育、推广品种, 由宜春沐阳农林有限公司在江西宜春温汤镇种植。本实验菊花、菊叶、菊茎分别采用了水与 75% 的乙醇 2 种溶剂浸提, 不同提取物在抗氧化活性方面却有异同。

菊花, 菊叶, 菊茎提取物和绿原酸的抗氧化作用与质量浓度明显呈正相关。菊花、菊叶水、醇提取物总酚类质量浓度在  $0.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  时就表现良好的还原能力; 菊花, 菊叶, 菊茎水、醇提取物对  $\cdot\text{OH}$ ,  $\text{O}_2^- \cdot$  均具较好的清除作用, 且水提物的作用均好于其醇提取物, 尤其抗  $\text{O}_2^- \cdot$  作用明显强于绿原酸; 但清除

DPPH·, 脂自由基方面菊花、菊叶醇提取物效果均优于水提取物。文中菊花、菊叶、茎提取物对  $\text{Fe}^{3+}$  还原能力和对  $\cdot\text{OH}$ 、 $\text{O}_2^-$ ·清除作用较强, 与张尔贤等<sup>[21]</sup> 对抗白菊抗氧化活性的研究是一致; 对 DPPH·, 脂自由基的清除作用较弱(对 DPPH·清除率最高仅为 62.90%, 对脂自由基清除率最高仅为 61.47%), 与文献报道<sup>[22]</sup> 的贡菊、亳菊对 DPPH·清除率 89.68%, 86.36% 有一定差距, 可能与所采用的菊花品种、提取物提取工艺条件不同有关。此外, 本实验以总酚类物质浓度为参照, 而其他文献<sup>[21]</sup> 以总黄酮浓度为参照, 并且证实总黄酮具有明显的抗氧化、清除羟基自由基以及清除超氧阴离子的作用。绿原酸对脂自由基清除作用比较弱, 其原因与绿原酸本身结构及清除机制有关。多酚化合物对油脂具有抗氧化作用的原因可能是因为多酚化合物可释放羟基上的活泼氢, 使之与自由基结合, 从而阻碍自由基对脂质的攻击, 实现抗氧化作用<sup>[23]</sup>, 而绿原酸释放羟基上的活泼氢的能力可能比较弱, 导致脂自由基清除率偏低。

本实验结果提示, 菊花、菊叶、菊茎均有较好的抗氧化活性, 尤其菊叶提取物的抗氧化活性与菊花相当, 在清除脂自由基方面还胜于菊花。菊叶在抗氧化方面有着极高的利用价值, 在深入开发菊花相应产品时, 菊叶也是一个值得开发利用的资源。菊茎的抗氧化作用虽然不如菊花、菊叶, 但在开发菊叶产品时, 可将菊叶和茎同时利用, 即可减去刻意去茎的人工成本, 又可充分利用资源。为今后充分利用菊花、菊茎、菊叶资源, 作为天然有机抗氧化剂加以应用和开发其系列药用、保健产品提供了一定的实验研究依据。

[参考文献]

[1] 瞿璐, 王涛, 董勇喆, 等. 菊花化学成分与药理作用的研究进展[J]. 药物评价研究, 2015, 38(1): 98-104.  
[2] 王存琴, 汪荣斌, 张艳华. 菊花的化学成分及药理活性[J]. 长春中医药大学学报, 2014, 30(1): 28-30.  
[3] 田硕, 苗明三. 菊花的研究及应用现状[J]. 中医学报, 2014, 29(3): 378-380.  
[4] 钱大玮, 朱玲英, 彭蕴茹, 等. 菊花、茎、叶总黄酮及绿原酸含量动态分析评价[J]. 现代中药研究与实践, 2005, 6(6): 14-16.  
[5] 卫强, 纪小影, 龙先顺, 等. 滁菊叶化学成分及其体外抗氧化活性研究[J]. 中药材, 2015, 38(2): 305-310.  
[6] 张桂伟, 张秋云, 江东, 等. 中国主栽葡萄柚果肉酚类物质组成及其抗氧化活性[J]. 中国农业科学, 2015, 48(9): 1785-1794.  
[7] 李婷婷, 易超凡. 不同来源菊花总黄酮含量及其抗氧化活性研究[J]. 辽宁中医药大学学报, 2015, 15(5):

72-74.  
[8] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 354-355.  
[9] 李满秀, 张瑶, 杨淑英. 绿原酸的直接荧光分析法及其抗氧化性研究[J]. 分析科学学报, 2011, 27(2): 203-206.  
[10] Yuki S, Shirou I, Toshimitsu K, et al. *In vitro* and *in vivo* antioxidant properties of chlorogenic acid and caffeic acid[J]. Intern J Pharm, 2011, 403(1): 136-138.  
[11] 向灿辉, 靳洪莲, 陈阳, 等. 杜仲叶绿原酸含量与抗氧化活性的相关性研究[J]. 食品工业, 2013, 34(12): 149-152.  
[12] 韩婷, 李慧梁, 胡园, 等. 苍耳子中酚酸类化合物及不同品种和居群苍耳子中总酚酸含量的测定[J]. 中西医结合学报, 2006, 4(2): 194-198.  
[13] 关炳峰, 谭军, 周志娣. 金银花提取物的抗氧化作用与其绿原酸含量的相关性研究[J]. 食品工业科技, 2007, 28(10): 127-129.  
[14] 袁建梅, 郭伟云, 汪应灵. 合欢花中总黄酮的提取工艺及对羟基清除作用的研究[J]. 中国食品添加剂, 2012, 1(1): 87-91.  
[15] 李君珂, 姜子涛, 李荣, 等. 首乌叶黄酮抗氧化性能及清除自由基能力的研究[J]. 中国食品添加剂, 2012, 2(2): 69-74.  
[16] 黄巧燕, 赵文英, 戎晋华, 等. 加压提取菊花中黄酮类成分及其抗氧化活性研究[J]. 林产化学与工业, 2013, 33(5): 83-87.  
[17] Lan W U. Effect of chlorogenic acid on antioxidant activity of Flos Lonicerae extracts [J]. Journal of Zhejiang University B, 2007, 8(9): 673-679.  
[18] Vattem D A, Lin Y T, Labbe R G, et al. Phenolic antioxidant mobilization in cranberry pomace by solidstate bioprocessing using food grade fungus *lentis edodes* and effect on antimicrobial activity against select food borne pathogens[J]. Innov Food Sci Emerg, 2004, 5(1): 81-91.  
[19] 吴雪辉, 张远志, 秦慧慧. 板栗壳天然色素的抑菌和清除自由基作用研究[J]. 食品科技, 2004, 6(4): 133-136.  
[20] Lou Z, Wang H, Li J, et al. Antioxidant activity and chemical composition of the fractions from burdock leaves[J]. J Food Sci, 2010, 75(5): C413-C419.  
[21] 张尔贤, 方黎, 张捷, 等. 菊花提取物的抗氧化活性研究[J]. 食品科学, 2000, 21(7): 7-9.  
[22] 王婷婷, 王少康, 黄桂玲, 等. 菊花主要活性成分含量及其抗氧化活性测定[J]. 食品科学, 2013, 34(15): 95-99.  
[23] 袁英姿, 曹清明, 钟海雁, 等. 油茶籽多酚对茶油的抗氧化性的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(6): 103-105.

[责任编辑 邹晓翠]