

## 补骨脂生品及炮制品抗氧化活性

张伟,尹震花,彭涛,康文艺\*  
(黄河科技学院,郑州 450063)

**[摘要]** 目的:筛选补骨脂生品及 5 种炮制品(雷公法制补骨脂、炒盐补骨脂、酒炒补骨脂、炒补骨脂和盐蒸补骨脂)各石油醚(PE)部位、乙酸乙酯(EA)部位和正丁醇(BU)部位的体外抗氧化活性,并比较不同炮制方法对补骨脂抗氧化活性的影响。**方法:**以二丁基羟基甲苯(BHT)为阳性对照,利用清除二苯代苦味酰基(DPPH)和[2,2'-连氮-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐](ABTS)自由基以及铁离子还原/抗氧化(ferricreducing/antioxidant power assay, FRAP)3 种方法对补骨脂生品及炮制品各部位抗氧化活性进行评价。**结果:**雷公法补骨脂、炒盐补骨脂、酒炒补骨脂和炒补骨脂各 PE 部位清除 DPPH 自由基的能力( $IC_{50}$  分别为 97.1, 97.7, 99.9 和 95.7  $mg \cdot L^{-1}$ )均低于补骨脂生品 PE 部位( $IC_{50} = 77.3 mg \cdot L^{-1}$ );补骨脂生品 PE 部位清除 ABTS 自由基的能力( $IC_{50} = 1.8 mg \cdot L^{-1}$ )强于阳性对照 BHT ( $IC_{50} = 2.3 mg \cdot L^{-1}$ ),酒炒补骨脂和盐蒸补骨脂 BU 部位清除 ABTS 自由基的能力( $IC_{50}$  为 5.8  $mg \cdot L^{-1}$  和 5.1  $mg \cdot L^{-1}$ )均高于补骨脂生品正丁醇部位( $IC_{50} = 6.8 mg \cdot L^{-1}$ );5 种补骨脂炮制品各部位还原  $Fe^{3+}$  的能力均比补骨脂生品各部位低。**结论:**补骨脂生品及炮制品各部位显示出不同的抗氧化活性,且不同炮制方法抗氧化活性差距较大。

**[关键词]** 补骨脂; 抗氧化活性; 二苯代苦味酰基(DPPH); 2, 2'-连氮-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐(ABTS); 铁离子还原/抗氧化(FRAP)

**[中图分类号]** R285.5, R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2013)15-0250-05

**[doi]** 10.11653/syfy2013150250

## Antioxidant Activity of *Psoralea corylifolia* and Different Processed Products

ZHANG Wei, YIN Zhen-hua, PENG Tao, KANG Wen-yi\*

**[收稿日期]** 20130206(009)

**[基金项目]** 河南省教育厅重点科学技术研究重点项目(13B360981);河南省科技厅重点项目(132102310261)

**[第一作者]** 张伟,硕士,副教授,从事中药活性成分研究, Tel: 0371-66607902, E-mail: zzzwwwqq@126.com

**[通讯作者]** \*康文艺,博士,教授,从事中药活性成分及新药研究, Tel: 0378-3880680, E-mail: kangwenyi@ hot.mail.com

- [ 5 ] Xiao C, Zhao L, Liu Z, et al. The effect of triptolide on  $CD4^+$  and  $CD8^+$  cells in the Peyer's patch of DA rats with collagen induced arthritis [ J ]. Nat Prod Res, 2009, 23 ( 18 ): 1699.
- [ 6 ] Alexiou P, Chatzopoulou M, Pegklidou K, et al. RAGE: a multi-ligand receptor unveiling novel insights in health and disease [ J ]. Curr Med Chem, 2010, 17 ( 21 ): 2232.
- [ 7 ] Schett G, Middleton S, Bolon B, et al. Additive bone-protective effects of anabolic treatment when used in conjunction with RANKL and tumor necrosis factor inhibition in two rat arthritis models [ J ]. Arthritis Rheum, 2005, 52 ( 5 ): 1604.
- [ 8 ] Shi L, Li X, Li B, et al. Expression of IL-17 and TNF- $\alpha$  in collagen-induced arthritis rats model [ J ]. Chin J Allergy Clin Immunol, 2009, 3 ( 2 ): 100.
- [ 9 ] Chao C, Chen S, Adamopoulos I, et al. Anti-IL-17A therapy protects against bone erosion in experimental models of rheumatoid arthritis [ J ]. Autoimmunity, 2011, 44 ( 3 ): 243.
- [ 10 ] Shi Y, Sandoghchian Shotorbani S, Su Z, et al. Enhanced HMGB1 expression may contribute to Th17 cells activation in rheumatoid arthritis [ J ]. Clin Dev Immunol, 2012 ( ID 295081 ): 1.
- [ 11 ] 贾瑛, 郑健. 类风湿性关节炎患者血清 HMGB1 水平与其他炎症因子的相关性 [ J ]. 陕西医学杂志, 2011, 40 ( 3 ): 296.
- [ 12 ] Zhang F, Shi Y, Song Y, et al. The association of HMGB1 expression and neutrophil account or IL-17 level in the lung of asthmatic mouse [ J ]. Geriatrics & Health CARE, 2012, 18 ( 3 ): 144.

[责任编辑 聂淑琴]

(Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450063, China)

**[ Abstract ] Objective:** To study the antioxidant activity of extracts of *Psoralea corylifolia* and different processed products (*P. corylifolia* processed by tripterygium wilfordii method, fried salt *P. corylifolia*, wine fried *P. corylifolia*, fried *P. corylifolia* and salt steamed *P. corylifolia*), and to compare the effects of different processing methods on antioxidant activity. **Method:** 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical and [2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline) -6-sulphonic acid] diammonium salt (ABTS) radical scavenging and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay were used to evaluate the extracts of *P. corylifolia* and different processed products with BHT as positive control. **Result:** Petroleum ether (PE) extracts of *P. corylifolia* processed by tripterygium wilfordii method, fried salt *P. corylifolia*, wine fried *P. corylifolia* and fried *P. corylifolia* showed lower DPPH radical scavenging activity ( $IC_{50} = 97.1, 97.7, 99.9, 95.7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) than that of PE extract of *P. corylifolia* ( $IC_{50} = 77.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ). PE extract of *P. corylifolia* had higher ABTS radical scavenging activity ( $IC_{50} = 1.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  respectively) than that BHT as positive control ( $IC_{50} = 2.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ). *n*-BuOH (BU) extracts of wine fried *P. corylifolia* and salt steamed *P. corylifolia* showed higher ABTS radical scavenging activity ( $IC_{50} = 5.8$  and  $5.1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) than that of *n*-BuOH extract of *P. corylifolia* ( $IC_{50} = 6.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ). The extracts of different processed products exhibited ferric reducing antioxidant power lower than that of *P. corylifolia* extracts. **Conclusion:** The extracts from *P. corylifolia* and different processed products showed different antioxidant activity, and different processing methods had obvious gap on antioxidant activity.

**[ Key words ]** *Psoralea corylifolia* Linn.; antioxidant activity; DPPH; ABTS; FRAP

补骨脂为豆科植物补骨脂的干燥成熟果实,性味辛、苦、性温,归肾、脾经,有补肾助阳,纳气平喘,温脾止泻的功效<sup>[1]</sup>。常用于治疗肾虚冷泻、腰膝冷痛、子宫出血,外用治白癫风、斑秃。药理研究发现,补骨脂具有扩张血管、增加心肌收缩力免疫功能、抗菌、抗病毒等作用<sup>[2]</sup>。化学研究表明,补骨脂含黄酮类、香豆素类、脂肪酸类和单萜酚类等多种化学成分<sup>[3-4]</sup>。补骨脂内服均以炮制品入药,其炮制方法和原理始于《雷公炮制论》,主要炮制方法有酒炙、清炒、盐炙(制)、雷公法、蒸法等<sup>[5]</sup>。近年来,有学者采用脂类氧化稳定性快速自动测定仪(OSI)抗氧化方法发现补骨脂具有抗氧化活性<sup>[6-7]</sup>。常艳旭等首次对补骨脂抗氧化活性进行了指纹图谱的研究,为中药补骨脂抗氧化活性成分筛选提供了研究方法,为全面提高中药质量控制水平提供了新方法<sup>[8]</sup>。本文首次采用清除二苯代苦味酰基(DPPH)和[2,2'-连氮-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐](ABTS)自由基以及铁离子还原/抗氧化(ferricreducing/antioxidant power assay, FRAP)3种方法对补骨脂生品及其炮制品进行了抗氧化活性评价,为进一步研究补骨脂活性奠定基础。

## 1 材料

Multiskan MK3 型酶标仪(美国 Thermo Electron 公司),LRH-150 型恒温培养箱(上海一恒科技有限

公司),AL104 型电子天平(瑞士 Mettler-Toledo 公司)。

补骨脂药材购于开封乐仁堂总店,经河南大学中药研究所生药教研室李昌勤副教授鉴定为豆科植物补骨脂 *Psoralea corylifolia* Linn. 的干燥成熟果实,凭证标本存于河南大学中药研究所。

[2,2'-联氮-(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二氨盐](ABTS,美国 Fluka 公司),二苯代苦味酰基自由基(DPPH,日本东京化成工业株式会社), $\text{Fe}^{3+}$ -三吡啶三哑嗪(TPTZ,比利时 Across organics 公司),6-羟基-2,5,7,8-四甲基苯并二氢吡喃-2-羧酸(Trolox,EC258-422-8,美国 Sigma-aldrich 公司),二丁基羟基甲苯(BHT,A020158601,比利时 Across organics 公司),其他试剂均为分析纯。

## 2 方法与结果

### 2.1 方法

**2.1.1 补骨脂炮制及浸膏的提取** 补骨脂生品:取原药材,除去杂质,清水洗净,晒干。

雷公法制补骨脂:取净补骨脂 500 g 加黄酒 900 mL,浸泡过夜,滤去余液,用蒸馏水 900 mL 浸泡 3 d,滤去水分,蒸 6 h,取出放凉。

炒盐补骨脂:取净补骨脂 500 g,加盐水(2 kg·100 kg<sup>-1</sup>)拌匀闷润,盐水被吸尽后,置于锅内,用文火加热,炒至微鼓起,迸裂并有香气溢出时,取出

放凉。

酒炒补骨脂:取净补骨脂 500 g,加入黄酒 900 mL,浸泡过夜,滤去余液,置于锅内,用文火炒至微鼓,有噼啪声响起,取出放凉。

炒补骨脂:取净补骨脂 500 g,置于锅内,用文火炒至微鼓,有噼啪声响起,取出放凉。

盐蒸补骨脂:取净补骨脂 500 g,加盐水(12 kg·100 kg<sup>-1</sup>)闷润过夜,蒸 2 h,取出放凉。

分别取相同质量的雷公法制补骨脂、炒盐补骨脂、酒炒补骨脂、炒补骨脂、盐蒸补骨脂和补骨脂生品,用甲醇(ME)冷浸提取 3 次,回收溶剂,得甲醇总浸膏。甲醇总浸膏分散于 80% 甲醇水分散,依次用石油醚(PE)、乙酸乙酯(EA)和正丁醇(BU)萃取,回收溶液,得到补骨脂不同炮制品的各石油醚(PE)部位、乙酸乙酯(EA)部位和正丁醇(BU)部位,为活性测定做准备。

### 2.1.2 抗氧化活性筛选

**2.1.2.1 DPPH 方法** 参照文献[9-10],并进行稍微的改动,首先将各样品用甲醇配制为浓度 2 g·L<sup>-1</sup>的初筛浓度,取 10 μL 样品溶液加入到 96 微孔板中,加入 175 μL 200 μmol·L<sup>-1</sup>的 DPPH 溶液,放到暗处反应 20 min 后,用酶标仪在 492 nm 处测定 OD 值。根据公式 DPPH radical scavenging rate (%) =  $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100\%$ ,计算抑制率,初筛抑制率 > 50% 的,进行复筛,在初浓度的基础上,依次进行半倍稀释,配制为 1, 0.5, 0.25 g·L<sup>-1</sup>等一系列浓度。每份样品均平行 3 次,取平均值。上式中, A<sub>control</sub> 为 DPPH 本身在测定波长的吸收度, A<sub>sample</sub> 为样品对 DPPH 作用后的吸收度数值(除去样品自身吸收)。计算出对 DPPH 的清除能力。

**2.1.2.2 ABTS 方法** 参照文献[11]的方法,配制 ABTS 自由基工作液,首先将各样品用甲醇配制为 2 g·L<sup>-1</sup>的初筛浓度,取 10 μL 样品加入 96 微孔板,将 200 μL ABTS 自由基工作液与样品混匀用酶标仪测定其吸光度。根据公式 ABTS radical scavenging rate (%) =  $[(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}}] \times 100\%$ ,计算抑制率,初筛抑制率 > 50% 的,进行复筛,在初浓度的基础上,依次进行半倍稀释,配制为 1, 0.5, 0.25 g·L<sup>-1</sup>等一系列浓度。每份样品均平行 3 次,取平均值。式中 A<sub>control</sub> 为 ABTS 自由基本身在测定波长的吸收度, A<sub>sample</sub> 为样品对 ABTS 自由基作用后的吸收度数值(除去样品自身吸收)。每份样品平行 3 次,取平均值。

**2.1.2.3 FRAP 方法** 参照文献[12]的方法配制

TPTZ 溶液,将甲醇配制成浓度为 2 g·L<sup>-1</sup>,取 10 μL 样品溶液加入到 96 微孔板中,加入 200 μL 新鲜配制的 TPTZ 工作液,混匀,37 °C 反应 30 min 后,用酶标仪在 595 nm 测定吸光度,每份样品平行 3 次,取平均值。结果以 TEAC (Trolox 当量)表示。

### 2.2 结果

**2.2.1 DPPH 法** 表 1 显示,与补骨脂生品石油醚(PE)部位相比,盐蒸补骨脂 PE 部位初筛对 DPPH 自由基的清除率(I = 48.23%) 低于 50%,未进入复筛,其他 4 种炮制品(雷公法、炒盐、酒炙和炒补骨脂) PE 部位清除 DPPH 自由基的能力(IC<sub>50</sub>分别为 97.1, 97.7, 99.9, 95.7 mg·L<sup>-1</sup>) 均低于生品 PE 部位(IC<sub>50</sub> = 77.3 mg·L<sup>-1</sup>);与补骨脂生品乙酸乙酯(EA)部位(I = 41.99%) 相比,雷公法补骨脂、炒盐补骨脂和酒炒补骨脂 BU 部位对 DPPH 自由基的清除率(I 分别为 42.97%, 47.10%, 46.11%) 略高于补骨脂生品,盐蒸补骨脂 BU 部位对 DPPH 自由基的清除率(I = 38.27%) 略低于补骨脂生品,但均低于 50%,未进入复筛,炒补骨脂 EA 部位清除 DPPH 自由基能力(IC<sub>50</sub> = 98.5 mg·L<sup>-1</sup>) 大于生品 EA 部位;与补骨脂生品正丁醇(BU)部位(I = 33.24%) 相比,初筛时,雷公法补骨脂和炒补骨脂 BU 部位对 DPPH 自由基的清除率(I 分别为 28.21% 和 27.72%) 略低于补骨脂生品,炒盐补骨脂和盐蒸补骨脂 BU 部位对 DPPH 自由基的清除率(I 分别为 41.57% 和 39.04%) 略高于补骨脂生品,但均低于 50%,未进入复筛,酒炒补骨脂 BU 部位清除 DPPH 自由基能力(IC<sub>50</sub> = 104 mg·L<sup>-1</sup>) 大于生品 BU 部位;与阳性对照 BHT 相比,补骨脂生品及五种炮制品各部位清除 DPPH 自由基的能力均低于阳性对照 BHT(IC<sub>50</sub> = 23 mg·L<sup>-1</sup>)。

**2.2.2 ABTS 法** 由表 1 可以看出,补骨脂生品 EA 部位和 BU 部位及 5 种炮制品各部位清除 ABTS 自由基的能力均弱于阳性对照 BHT,补骨脂 PE 部位清除 ABTS 自由基的能力(IC<sub>50</sub> = 1.8 mg·L<sup>-1</sup>) 强于阳性对照 BHT(IC<sub>50</sub> = 2.3 mg·L<sup>-1</sup>)。酒炒补骨脂和盐蒸补骨脂 BU 部位清除 ABTS 自由基的能力(IC<sub>50</sub>分别为 5.8 和 5.1 mg·L<sup>-1</sup>) 均高于补骨脂生品 BU 部位(IC<sub>50</sub> = 6.8 mg·L<sup>-1</sup>),其他补骨脂炮制品各部位清除 ABTS 自由基的能力均弱于补骨脂生品各提取部位。

补骨脂生品及 5 种炮制品各部位质量浓度与对 ABTS 自由基清除率的关系图见图 1~6。结果显示,在低浓度时,补骨脂生品及 5 种炮制品各部位对

表1 补骨脂生品及不同炮制品各部位的抗氧化活性

组别	提取部位	DPPH IC <sub>50</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	ABTS IC <sub>50</sub> /mg·L <sup>-1</sup>	FRAP TEAC/μmol·g <sup>-1</sup>
雷公法补骨脂	PE 部位	97.1	4.1	308.16
	EA 部位	-	5.8	138.84
	BU 部位	-	12.4	124.93
炒盐补骨脂	PE 部位	97.7	5.4	422.85
	EA 部位	-	6.8	209.84
	BU 部位	-	10.1	217.29
酒炒补骨脂	PE 部位	99.9	2.4	355.17
	EA 部位	-	6.7	219.28
	BU 部位	104	5.8	410.79
炒补骨脂	PE 部位	95.7	4.1	260.99
	EA 部位	98.5	4.4	169.62
	BU 部位	-	8.1	152.84
盐蒸补骨脂	PE 部位	-	2.8	273.9
	EA 部位	-	5.1	148.27
	BU 部位	-	5.1	225.23
补骨脂生品	PE 部位	77.3	1.8	518.19
	EA 部位	-	2.8	357.81
	BU 部位	-	6.8	133.38
阳性对照	BHT	23	2.3	1 532.7

注: BHT 为阳性对照; - : 未测定(抑制率低于 50%)。

ABTS 自由基的清除率均随着质量浓度的增加而增大,成线性关系,即具有剂量依赖性;当达到一定浓度后,继续增加浓度,抑制率变化不大,即抗氧化活性接近饱和。

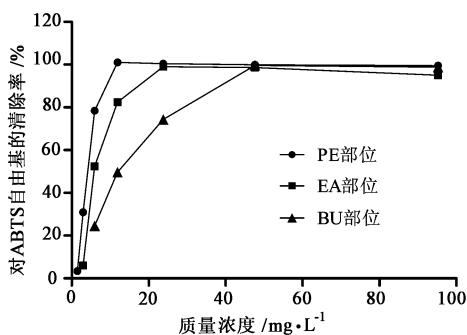


图1 雷公法制补骨脂各部位质量浓度对 ABTS 自由基的影响

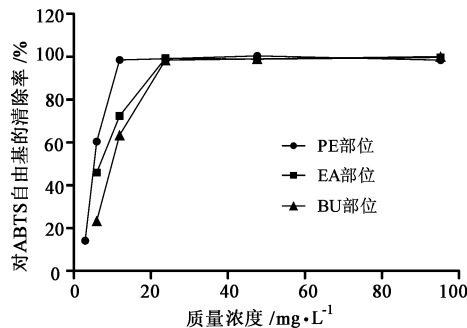


图2 炒盐补骨脂各部位质量浓度对 ABTS 自由基的影响

2.2.3 FRAP 法 表1 显示,补骨脂生品及 5 种炮制品各部位还原 Fe<sup>3+</sup> 的能力均弱于阳性对照 BHT,但炒盐补骨脂、酒炒补骨脂、炒补骨脂和盐蒸补骨脂

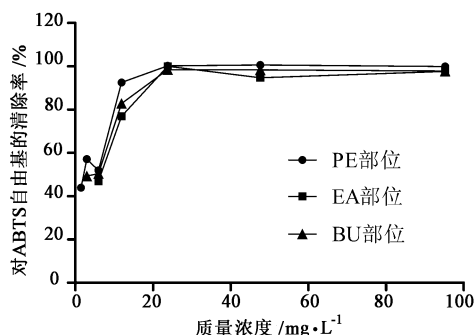


图3 酒炒补骨脂各部位质量浓度对 ABTS 自由基的影响

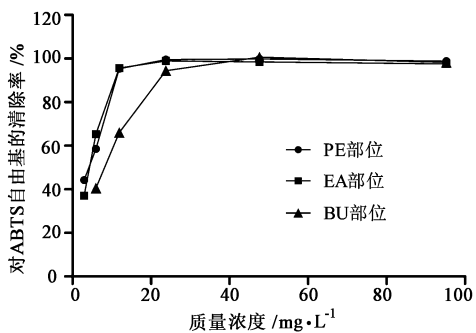


图4 炒补骨脂各部位量浓度对 ABTS 自由基的影响

BU 部位还原 Fe<sup>3+</sup> 的能力 (TEAC 分别为 217.29, 410.79, 152.84, 225.23 μmol·g<sup>-1</sup>) 均强于补骨脂生品 BU 部位 (TEAC = 133.38 μmol·g<sup>-1</sup>)。

### 3 讨论

自由基是攻击生命大分子,引起机体衰老。机体内存在抗氧化防御体内,自由基生成与清除平衡

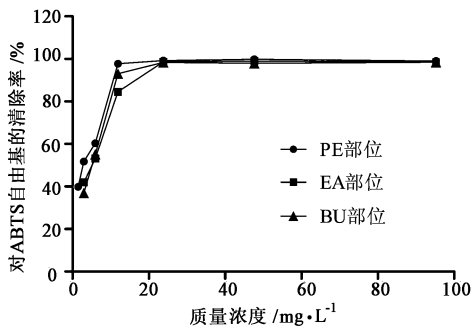


图 5 蒸盐补骨脂各部位质量浓度对 ABTS 自由基的影响

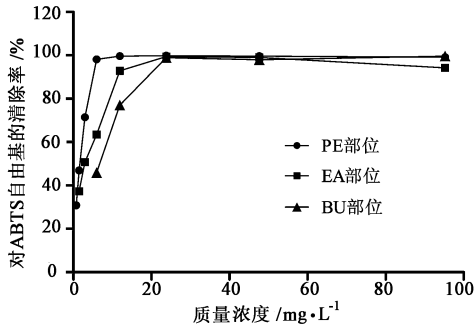


图 6 补骨脂生品各部位质量浓度对 ABTS 自由基的影响

失调,会使自由基生成过量,从而导致动脉硬化、关节炎、糖尿病、肺气肿、癌症、老年痴呆等多种疾病。而合理补充抗氧化剂可有效减少自由基,从而预防和治疗某些疾病,延缓衰老<sup>[13]</sup>。目前食品中天剂抗氧化剂大多数为工业合成的,有一定副作用,可能会导致癌症或损伤肝脏,因此从植物中寻找天然有效的抗氧化剂为学者所关注。目前研究发现,植物中抗氧化活性成分主要有黄酮类、多酚类、生物碱类、多糖类化合物、维生素、多肽类化合物等。如王燕等<sup>[14]</sup>研究了不同不同采摘时期连翘叶的总黄酮、总酚酸含量的变化及其与清除 DPPH 能力的关系,结果表明,总黄酮、总酚酸含量与清除 DPPH 自由基能力均存在显著正相关关系。

化学研究表明补骨脂中含有黄酮类、香豆素类、脂肪酸类和单萜酚类等多种成分。本文首次采用清除 DPPH 和 ABTS 自由基以及铁离子还原/抗氧化 3 种方法对补骨脂生品及其炮制品进行了抗氧化活性评价,并比较不同炮制方法对补骨脂抗氧化活性的影响。结果表明补骨脂具有一定的抗氧化能力,这可能就与其含有的黄酮类、酚类等化学成分有关;另外补骨脂经不同方法炮制后,成分会发生质和量的变化<sup>[15]</sup>;郭晏华等<sup>[16]</sup>报道雷公法炮制使补骨脂中补骨脂素、异补骨脂素含量增加。可见,补骨脂炮制后化学成分会发生一定的变化,抗氧化结果也

显示,与生品相比,炮制品清除 DPPH 和 ABTS 自由基及 Fe<sup>3+</sup> 还原/抗氧化的能力会发生变化。但是具体是哪一种成分起作用以及炮制前后哪一成分发生了变化,有待进一步研究。

### [参考文献]

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草. 第 11 卷 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999:3348.
- [2] 郭秀芝, 刘卫萍, 杨杰. 补骨脂的药理活性及其开发利用[J]. 中医药学报, 2005, 33(5):52.
- [3] 姚三桃, 杨滨. 中药补骨脂炮制沿革的研究[J]. 基层中药杂志, 1996, 10(1):17.
- [4] 吉力, 徐植灵. 补骨脂化学成分的综述[J]. 中国中药杂志, 1995, 20(2):120.
- [5] 姚祥珍, 沈鸿, 富杭育. 补骨脂古今主要炮制品药理作用的比较[J]. 中国中药杂志, 1996, 21(9):539.
- [6] 郭江宁, 翁新楚, 吴侯, 等. 补骨脂对猪油抗氧化作用的研究[J]. 中国油脂, 2004, 29(3):40.
- [7] Guo J N, Weng X C, Wu H, et al. Antioxidants from a Chinese medicinal herb-*Psoralea corylifolia* L[J]. Food Chem, 2005, 91(2):287.
- [8] 常艳旭, 朱子微, 李晋, 等. 补骨脂抗氧化活性指纹图谱研究[J]. 天津中医药, 2011, 28(2):158.
- [9] KANG W Y, WANG J M. *In vitro* antioxidant properties and *in vivo* lowering blood lipid of *Forsythia suspense* leaves[J]. Med Chem Res, 2010, 19:617.
- [10] 尹震花, 顾雪竹, 张一冰, 等. 三白草体外抗氧化活性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(4):99.
- [11] KANG W Y, LI C F, ZHANG L. Antioxidant phenolic compounds and flavonoids of *Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze *in vitro* [J]. Med Chem Res, 2010, 19:1222.
- [12] 袁琳, 马银海, 尹震花, 等. 金铁锁体外抗氧化活性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(6):109.
- [13] 李培源, 霍丽妮, 苏炜, 等. 总抗氧化能力检测试剂盒 (ABTS) 法测定江南星蕨的抗氧化活性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(1):162.
- [14] 王燕, 王儒彬, 孙磊, 等. 不同采摘期连翘叶中总黄酮、总酚酸含量与 DPPH 自由基清除能力的相关性[J]. 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(16):109.
- [15] 姚三桃, 杨滨. 中药补骨脂炮制沿革的研究[J]. 基层中药杂志, 1996, 10(1):17.
- [16] 郭晏华, 罗志冬, 贾天柱. 补骨脂炮制前后化学成分的变化[J]. 中药材, 2006, 29(11):1142.

[责任编辑 顾雪竹]