

不同环境发汗对发汗丹参有效成分含量及体外抗氧化活性的影响

邱 镇^{1,2,3}, 于 凡^{1,2,3}, 李国转^{1,2,3}, 王国凯^{1,2,3}, 陈卫东^{1,2,3}, 朱光宇^{1,2,3,4*}

¹安徽中医药大学; ²安徽道地中药材品质提升协同创新中心;

³安徽省中医药科学院中药资源保护与开发研究所, 合肥 230012; ⁴马鞍山市中心医院, 马鞍山 243031

摘要:以不同环境下发汗丹参中的主要有效成分及其体外抗氧化活性的比较分析为依据, 对在空旷阴凉、空旷光照、室内的发汗环境发汗的丹参药材进行比较研究, 用以优选出丹参药材“发汗”产地初加工的适宜环境。结果表明, 与空旷阴凉环境下发汗相比, 室内环境下发汗和空旷光照环境下发汗丹酚酸 B 和丹参酮类成分含量与抗氧化活性高, 且空旷光照环境下发汗的丹酚酸 B 和丹参酮类成分含量与抗氧化活性最高。说明空旷光照环境下丹参发汗是一种良好的丹参产地药材发汗环境。为丹参产地发汗加工环境提供依据, 从而为保证丹参发汗药材质量和疗效提供药材处理工艺参考。

关键词:丹参; 发汗; 药材产地初加工; 含量测定; 抗氧化能力

中图分类号: S567.53

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.10.014

Effects of Different Environmental Sweating on Active Components and Antioxidant Activity of *Salvia miltiorrhiza*

QIU Zhen^{1,2,3}, YU Fan^{1,2,3}, LI Guo-zhuan^{1,2,3}, WANG Guo-kai^{1,2,3}, CHEN Wei-dong^{1,2,3}, ZHU Guang-yu^{1,2,3,4*}

¹Anhui University of Chinese Medicine; ²Synergetic Innovation Center of Anhui Authentic Chinese Medicine Quality

Improvement; ³Institute of Traditional Chinese Medicine Resources Protection and Development, Anhui

Academy of Chinese Medicine, Hefei 230012, China; ⁴The Center Hospital of Maanshan, Maanshan 243031, China

Abstract: In this study, the variation of active component and *in vitro* antioxidant activity of *Salvia miltiorrhiza* was compared under different sweating environment. The results showed that, the active component content of *S. miltiorrhiza*, including salviannic acid B and tanshinone, as well as antioxidant activity were higher in the indoor environment and the open light surround than in the shade environment. In addition, *S. miltiorrhiza* in the open and light surround sweating had the highest content of salviannic acid B and tanshinone and *in vitro* antioxidant activity. In brief, the open and light environment was proved to be the better condition for the sweat of *S. miltiorrhiza*. The purpose of this study was to provide the basis for choosing environment of *S. miltiorrhiza* sweating, and to provide the reference for the treatment of *Radix Salviae miltiorrhizae*.

Key words: *Salvia miltiorrhiza*; sweating; raw material processing; content determination; antioxidant capacity

丹参是唇形科植物丹参 (*Salvia miltiorrhiza* Bge.) 的干燥根和根茎^[1], 最初记载于《神农本草经》, 被列为上品。现代药理方面的研究表明^[2], 丹参具有扩张冠状动脉、防止心肌缺血和心肌梗死、改善微循环、降低心肌耗氧量等作用, 在临床上, 广泛

用于心脑血管疾病的治疗。

“发汗”源于近现代药材加工的一种方式, 已经成为常见的中药材产地初加工技术, 主要的目的是有利于药材的干燥^[3]。另外, “发汗”还能改变药材的外观性状或药性, 也伴有化学成分的变化^[4]。丹参、石斛、大黄、何首乌、延胡索等药材都有相关发汗的记载^[5]。近代研究表明^[6-9], 发汗后的药材品质要优于未发汗药材。一些传统丹参药材生产基地仍然沿用“发汗”方式进行丹参药材初处理。

文献对于药材“发汗”的研究不少, 但是对于药材“发汗”环境的研究尚未见报道。丹参中的化学

收稿日期: 2017-06-12 接受日期: 2017-06-12

基金项目: 安徽省重点研究与开发计划(1704a0802145); 安徽省教育厅; 安徽高校科研创新团队; 现代中药质量控制研究(2016hz23); 国家中医药管理局; 安徽道地中药材品质提升协同创新中心项目(2013-2); 安徽省科技专项(13Z04013)

* 通信作者 E-mail: zgy666zgy@163.com

成分具有较强的抗氧化活性效果,能够制成抗氧化剂,并广泛应用于治疗各种疾病中^[10]。故本文对丹参处于不同环境下发汗进行研究,以丹酚酸 B 和丹参酮类含量和抗氧化活性大小为指标,对丹参发汗环境进行筛选,为保证丹参药材质量和疗效提供药材处理工艺参考。

1 仪器与材料

UV-757CRT 紫外-可见分光光度计(上海精科),AS20500BDT 超声波清洗机(天津奥特赛恩斯仪器),AB135-S 型 1/10 万电子天平(梅特勒-托利多(德国)),COSMIL C₁₈ 柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm)色谱柱。

发汗丹参(实验室自制),1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH,上海源叶生物),氯化硝基四苯唑蓝(NBT,上海源叶生物),核黄素(上海源叶生物),亚油酸(上海源叶生物),β-胡萝卜素(上海源叶生物),DL-甲硫氨酸(上海源叶生物),氯仿(国药集团化学试剂),丹参酮 IIA 标准品(批号:110766-200619)中国食品药品检定研究院,隐丹参酮(批号:110852-200806)中国食品药品检定研究院,丹参酮 I(批号:110867-200406)中国食品药品检定研究院,丹酚酸 B(批号:11156-201111)中国食品药品检定研究院。

2 实验方法

2.1 不同环境下发汗丹参的制备

由安徽春之蔚农业科技有限公司规范化生产基地提供丹参鲜品(约 1500 kg),经由安徽中医药大学中药系彭华胜教授鉴定为一年生种植鼠尾科丹参(*Salvia miltiorrhiza* Bunge.)正品。从鲜品丹参中挑选出粗细均匀的根条,去泥,去除芦头。随机分成三组(每组约 300 kg),分别置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下堆积,模拟丹参传统产地加工“发汗”方法进行发汗,编号分别为发汗 1 号堆、发汗 2 号堆和发汗 3 号堆,制为发汗丹参样品。

2.2 供试品溶液的制备

分别取放置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗丹参样品,用打粉机将其打成粉末,精密称取样品粉末(过三号筛)1.0 g,置具塞锥形瓶中,并加入 25 mL 的 90% 甲醇,密塞后称重,经超声 30 min 处理(功率 140 W,频率 42 kHz),再次称重,补足减失的重量,将提取上清液收集后加入纯水 25 mL,同法超声处理,合并提取液,过滤后取续滤液,即得各组

发汗丹参供试品溶液。

2.3 对照品溶液的制备

分别精密称取丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮标准品各 1 mg,分别置于 5 mL 容量瓶用甲醇定容至刻度,即得质量浓度均为 0.2 mg/mL 的丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮对照品溶液;再精密称取丹酚酸 B 标准品 10 mg,置于 5 mL 容量瓶用甲醇定容至刻度,即得质量浓度为 2 mg/mL 的丹酚酸 B 对照品溶液。于 4 °C 冷藏备用。

2.4 不同环境下发汗丹参主要有效成分含量测定

采用 HPLC 参照 2015 版《中国药典》^[1],对不同环境发汗丹参样品进行含量测定。使用 COSMIL C₁₈ 柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm)色谱柱,测定丹参酮类以乙腈(A)-0.02% 磷酸(B)为流动相,梯度洗脱(v/v; 0~6 min, A:61%; 6~20 min, A:61~90%; 20~20.5 min, A:90~61%; 20.5~25 min, A:61%),检测波长为 270 nm,流速为 1.0 mL/min;测定丹酚酸 B 以乙腈-0.1% 磷酸(v/v; 22:78)为流动相为流动相,检测波长为 286 nm,流速为 1.2 mL/min。系统柱温 20 °C,进样定量环为 20 μL。

方法学考察结果丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮和丹酚酸 B 的 RSD 为 0.44%~2.2%,均小于 3.0%,表明方法稳定可靠。按该方法分别对置于空旷阴凉、空旷光照、室内 3 种不同环境下发汗丹参中的丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮和丹酚酸 B 进行含量测定,各样品平行三次实验。

2.5 不同环境下发汗丹参抗氧化活性测定

采用 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基清除试验、脂质过氧化(lipid peroxidation inhibition activity, LPI)抑制试验、超氧阴离子清除试验(superoxide radical scavenging activity, SRS)方法测定发汗丹参提取物的抗氧化活性。

2.5.1 DPPH 自由基清除

取放置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗丹参供试品溶液,分别稀释成 0.5、1、2、5、8、10 mg/mL 6 个浓度。分别取配好的浓度梯度溶液 100 μL 加入 3 mL DPPH 溶液进行混合。取甲醇 100 μL 加入 3 mL DPPH 溶液混合,所得溶液用于空白调零,作为阴性对照。各组置于避光条件下反应 1 h 后,在 517 nm 处检测,记录其吸光度值。依据以下方程计算各样品的自由基清除率(N),以清除率为纵坐标,浓度为横坐标进行线性回归,得出各组样品的 IC₅₀ 值。

$$N = \left(\frac{A_r - A_s}{A_r} \right) \times 100\%$$

式中: A_s 为样品管的吸光度值; A_r 为对照组吸光度值。

2.5.2 LPI 脂质过氧化

取放置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗丹参供试品溶液, 分别稀释成 0.5、1、2、5、8、10 mg/mL 的 6 个浓度梯度。精密量取吐温-40 试剂 400 mg 加入具塞锥形瓶中, 加入 1% β -胡萝卜素氯仿溶液 3 mL, 溶解后继续加入亚油酸 20 μ L, 混匀。50 $^{\circ}$ C 水浴中旋转蒸发去除氯仿后, 向瓶中缓慢分次加入蒸馏水 100 mL, 再于 50 $^{\circ}$ C 水浴下反应 1 h。各样品分别于 470 nm 处测定吸光度 A_s 。取 100 μ L 甲醇与乳液混合作为对照品, 同法测其吸光度 A_0 , 在与供试品同样处理 1 h 后, 对照组吸光度值记为 A_r 。依据以下方程计算各样品的脂质过氧化抑制率 (Y_1), 将各组样品所得脂质过氧化抑制率进行线性回归, 得出各组样品的 IC_{50} 值。

$$Y_1 = \left(1 - \frac{A_0 - A_s}{A_0 - A_r}\right) \times 100\%$$

式中: A_s 为样品管的吸光度值; A_0 为对照组初始吸光度值; A_r 为对照组吸光度值。

2.5.3 SRS 超氧自由基清除活性

取放置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗丹参供试品溶液, 分别稀释成 0.5、1、2、5、8、10 mg/mL 的 6 个浓度梯度。反应体系溶液的配制: 分别取 EDTA-Na 溶液 (20 μ mol/L)、0.3 mL 的甲硫氨酸溶

液 (130 mmol/L)、核黄素溶液 (20 μ mol/L)、NBT 溶液 (750 μ mol/L) 和 0.5 mL 超纯水, 加入到 1.5 mL 的磷酸缓冲液进行混匀。向上述反应体系加入 100 μ L 供试品溶液, 空白对照组用甲醇代替供试品溶液加入到上述反应体系。将混合样品分为两组, 一组置于室温光照条件下, 一组置于棕色离心管中避光, 待反应 1 h。各样品分别于 560 nm 处测定吸光度, 避光组为空白调零。依据以下方程计算各样品的超氧阴离子清除率 (Z), 取算得的各组样品清除率进行线性回归, 得出各组样品的 IC_{50} 值。

$$Z = \left(1 - \frac{A_s - A_s'}{A_r}\right) \times 100\%$$

式中, A_s 为样品的吸光度值; A_r 为对照组吸光度值。

2.6 统计分析

本文采用 DPPH 自由基清除、LPI 脂质过氧化、SRS 超氧自由基清除率实验对各实验组进行测定, 每组均平行测定三组, 所得数据以均数 \pm 标准差表示, 采用方差分析, 再经 SPSS Statistics 23.0 软件进行统计学分析, 使用 GraphPad Prism 6.0.2 进行绘图。

3 实验结果

3.1 化学成分含量测定结果

各化学成分的回归方程如表 1。

表 1 丹参酮类和丹酚酸 B 标准曲线

Table 1 Standard curves of tanshinone and salvianolic acid B

标准品 Standard Substance	标准曲线 Standard Curve	相关系数 r	线性范围 Linear range (μ g/mL)
丹参酮 IIA Tanshinone IIA	$Y = 232239.5718X + 128187.0717$	0.9993	1 ~ 100
隐丹参酮 Cryptotanshinone	$Y = 111052.0808X + 40376$	0.9998	1 ~ 100
丹参酮 I Tanshinone I	$Y = 17884X + 4974.3$	0.9998	1 ~ 100
丹酚酸 B Salvianolic acid B	$Y = 3 \times 10^7 X + 386922.6722$	0.9997	0.02 ~ 1

方法学考察结果丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮和丹酚酸 B 的 RSD 为 0.44% ~ 2.2%, 均小于 3.0%, 表明方法稳定可靠。按该方法分别对置于空

旷阴凉、空旷光照、室内 3 种不同环境下发汗丹参中的丹参酮 IIA、丹参酮 I、隐丹参酮和丹酚酸 B 进行含量测定, 各样品平行三次实验。

表 2 不同环境下发汗丹参中丹酚酸 B 和丹参酮类含量测定结果 ($n=3$, mean \pm sd)

Table 2 Contents of salvianolic acid B and tanshinone in *S. miltiorrhiza* under different sweating conditions ($n=3$, mean \pm sd)

化学成分 Chemical composition	发汗 1 号堆 Sweating No. 1 group	发汗 2 号堆 Sweating No. 2 group	发汗 3 号堆 Sweating No. 3 group
丹酚酸 B Salvianolic acid B	4.131 \pm 0.066 *	4.673 \pm 0.194	4.271 \pm 0.264
丹参酮类 Tanshinone	0.548 \pm 0.020 ***	0.955 \pm 0.021	0.630 \pm 0.054 ***

注: 发汗 1 号堆和发汗 3 号堆分别与发汗 2 号堆比较, * $P < 0.05$; *** $P < 0.001$ 。

Note: compared with sweating No. 2 group, * $P < 0.05$; *** $P < 0.001$.

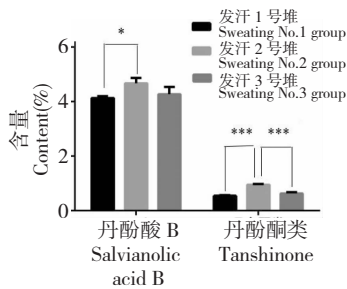


图 1 不同环境下发汗丹参中丹酚酸 B 和丹参酮类含量测定结果比较

Fig. 1 Comparison of contents of salvanolic acid B and tanshinone in *S. miltiorrhiza* under different sweating conditions

注:发汗 1 号堆:空旷阴凉;发汗 2 号堆:空旷光照;发汗 3 号堆:室内环境下。丹酚酸 B:发汗 1 号堆与发汗 2 号堆数据比较, * $P < 0.05$;丹参酮类:发汗 1 号堆与发汗 2 号堆数据比较, *** $P < 0.001$,发汗 2 号堆与发汗 3 号堆数据比较, ** $P < 0.001$

Note:Sweating No. 1 group: open and shady environment; Sweating No. 2 group: open and light environment; Sweating No. 3 group: indoor environment. Salvanolic acid B: comparison between data of No. 1 group and No. 2 group, * $P < 0.05$. Tanshinones: comparison between data of No. 1 group and No. 2 group, *** $P < 0.001$; comparison between data of No. 2 and No. 3, ** $P < 0.001$

3.2 不同环境发汗对发汗丹参中化学成分的影响

将不同环境下发汗丹参样品按照 2.3 项供试品溶液制备方法进行制备,得到供试品溶液,采用高效

液相色谱法在 2.5 项下条件进行丹酚酸 B 和丹参酮类(隐丹参酮、丹参酮 I、丹参酮 IIA)含量测定并进行比较,对其含量结果分析如表 2。

由图 1 可知,丹酚酸 B 含量发汗 2 号堆 > 发汗 3 号堆 > 发汗 1 号堆,且发汗 1 号堆与发汗 2 号堆结果有统计学差异 ($P < 0.05$)。丹参酮类含量发汗 2 号堆 > 发汗 3 号堆 > 发汗 1 号堆,且发汗 1 号堆与发汗 2 号堆结果有统计学差异 ($P < 0.001$),且发汗 1 号堆与发汗 3 号堆结果有统计学差异 ($P < 0.001$)。因此,可以得出,与空旷阴凉发汗相比,室内发汗和空旷光照发汗丹酚酸 B 和丹参酮类含量高,且空旷光照环境下发汗的丹酚酸 B 和丹参酮类含量最高。

3.3 不同环境发汗对发汗丹参体外抗氧化活性的影响

取放置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗丹参供试品溶液,分别稀释成 0.5、1、2、5、8、10 mg/mL 的 6 个浓度梯度。按照上述方法,进行 DPPH 自由基清除、LPI 脂质过氧化、SRS 超氧自由基清除活性的测定。取测得吸光度值,按照各自计算公式,计算清除率(抑制率),并进行线性回归,得出各组发汗丹参的 IC_{50} 值。每项实验组平行三次。每组实验计算各组发汗丹参的 IC_{50} 值结果见表 3,各组比较见图 2。

表 3 不同环境下发汗丹参抗氧化活性 IC_{50} 值 (mg/mL, $n = 3$, mean \pm sd)

Table 3 Antioxidant activity of *Salvia miltiorrhiza* under different environments (IC_{50}) (mg/mL, $n = 3$, mean \pm sd)

分组 Group	DPPH 浓度 DPPH Concentration (mg/mL)	LPI 浓度 LPI Concentration (mg/mL)	SRS 浓度 SRS Concentration (mg/mL)
发汗丹参 1 号组 Sweating No. 1 group	6.2411 \pm 0.2099 ***	6.5719 \pm 0.0976	8.5217 \pm 0.0780 ***
发汗丹参 2 号组 Sweating No. 2 group	4.7069 \pm 0.0029 ***	5.0121 \pm 0.1285	6.8623 \pm 0.1493 ***
发汗丹参 3 号组 Sweating No. 3 group	5.2205 \pm 0.0014 ***	6.5255 \pm 0.1519	8.4250 \pm 0.0328 ***

注:发汗 1 号堆和发汗 3 号堆分别与发汗 2 号堆比较, *** $P < 0.001$ 。
Note: compared with Sweating No. 2 group, *** $P < 0.001$.

由图 2 可知,3 种不同环境下发汗丹参的 DPPH 自由基清除、LPI 脂质过氧化、SRS 超氧自由基清除率的抗氧化活性为发汗 2 号堆 > 发汗 3 号堆 > 发汗 1 号堆。且发汗 1 号堆与发汗 2 号堆两组结果有统计学差异 ($P < 0.001$)、发汗 2 号堆与发汗 3 号堆两组结果有统计学差异 ($P < 0.001$)。发汗 1 号堆与发汗 3 号堆两组结果无统计学差异,但是得出的数据发汗 3 号堆比发汗 1 号堆 IC_{50} 值小,说明其抗氧化活性发汗 3 号堆比发汗 1 号堆好。因此,可以得

出与空旷阴凉发汗相比,室内发汗和空旷光照发汗抗氧化活性高,且空旷光照环境下发汗的抗氧化活性最高。

4 讨论与结论

本研究将丹参置于空旷阴凉、空旷光照、室内环境下发汗,通过对 3 种不同环境中发汗丹参的主要有效成分含量测定及其体外抗氧化活性比较分析,结果表明丹参处于空旷光照环境下发汗优于空旷阴

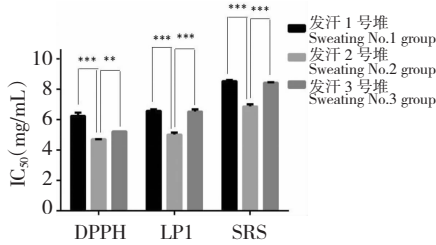


图2 不同环境下发汗丹参抗氧化活性 IC₅₀ 值比较

Fig. 2 Comparison of antioxidant activity (IC₅₀ value) of *Salvia miltiorrhiza* under different sweating environments

注:发汗1号堆:空旷阴凉;发汗2号堆:空旷光照;发汗3号堆:室内环境下。发汗1号堆与发汗2号堆数据比较,*** $P < 0.001$,发汗2号堆与发汗3号堆数据比较:DPPH,** $P < 0.05$,LPI与SRS,*** $P < 0.001$

Note:sweating No. 1 group: open and shady environment; sweating No. 2 group: open and light environment; sweating No. 3 group: indoor environment. Comparison between data of No. 1 group and No. 2 group, *** $P < 0.001$; comparison between data of No. 2 and No. 3, DPPH ** $P < 0.05$, LPI and SRS *** $P < 0.001$

凉、室内环境。有研究表明^[11],抗氧化活性和总酚酸含量之间存在显著线相关性,其酚酸类成分为其抗氧化活性的重要成分。实验结果与文献结果一致、吻合,但是丹参酮类存在是否与抗氧化活性有关尚未见报道,从本实验结果来看,丹参酮类也可能对其抗氧化活性有影响。

另有研究表明^[12],堆积量影响药材发汗内部温度。相对于其他环境发汗,空旷光照环境下发汗的抗氧化活性最高,可能是因为丹参在室外空旷环境下受到光照的影响,使得其发汗所处温度上升,从而影响其抗氧化活性。

在课题组的前期研究结果中,发汗丹参的抗氧化活性优于非发汗丹参。本试验选择应用较普遍的脂质过氧化、DPPH 自由基清除、超氧自由基清除率实验^[13]来综合比较分析发汗丹参抗氧化活性,能够更全面的反映出不同环境下发汗的丹参的抗氧化活性差异。

这对于药材产地初加工药材发汗的堆积环境进行筛选,为发汗标准化流程进行指导,为丹参产地加工发汗方法提供参考依据。建立统一、系统、完整的加工规范和质量控制标准,提升丹参的品质,为国内丹参的标准化加工生产提供良好的示范与带动作用,实现“安全、有效、稳定、可控”的生产目标,促进丹参的开发利用,实现丹参的产业化发展。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission (国家药典委员会). Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典). Beijing: China Medical Science Press, 2015. Vol I.
- 2 Zhao N(赵娜), Guo ZT(郭治昕), Zhao X(赵雪), et al. Chemical constituents and pharmacological effects of Radix Salviae Miltiorrhizae. *J Foreign Med, Botan Med* (国外医药,植物药分册), 2007, 22:155-160.
- 3 Wei W(伟文), Zhou WJ(周文杰). Progress of standardization research on processing of traditional Chinese medicine. *J Chin Med Infor* (中国中医药信息杂志), 2012, 19: 106-108.
- 4 Duan JA(段金赓), Su SL(宿树兰), Lv JL(吕洁丽), et al. Traditional experience and modern scientific understanding of medicinal soil processing. *Chin J Tradit Chin Med* (中国中药杂志), 2009, 34:3151-3157.
- 5 Yang B(杨滨). Chinese Herbal Processing Technology. Beijing: The Open University of China Press(中央广播电视大学出版社), 2009.
- 6 Duan JA(段金赓), Su SL(宿树兰), Yan H(严辉), et al. "Sweating" of traditional Chinese medicinal materials during primary processing and its mechanisms of enzymatic reaction and chemical conversion. *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药), 2013, 44:1219-1225.
- 7 Wang JH(王建华), Xie LH(谢丽华), Liu HY(刘洪宇), et al. HPLC determination of harpagoside and cinnamic acid in Xuanshen after processed in different methods. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 2000, 35:375-378.
- 8 Bai YE(白云娥), Yuan PF(袁鹏飞), Wang QH(王庆辉), et al. Determination of hapagoside and habayeroside contents in scrophulariaceae and pieces by HPLC-UV wavelength conversion method. *Chin J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2011, 36:2697-2702.
- 9 Yu SX(余盛贤), Zhang CX(张春霞), Chen CY(陈承瑜), et al. Effect of "Sweating" on the quality of *Magnolia officinalis*. *Chin J Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2010, 35:1831-1835.
- 10 Huang HL(黄海亮). Study on chemical constituents and antioxidant activities of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Chin Mod Drug Appl*, 2015, 9:277-278.
- 11 Li X(李欣), Xue ZP(薛洽浦), Zhu WX(朱文学). Antioxidant activities and contents of total flavonoids and phenols from different parts of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Food Sci* (食品科学), 2011, 3:108-111.