

紫斑牡丹花粉 HPLC 特征图谱及 4 个成分含量测定^{*}

张国强¹, 李运², 潘建忠², 邱国玉², 石晓峰^{1,2**}, 李志俊², 马趣环¹, 程显隆^{3**}

(1. 甘肃省医学科学研究院, 兰州 730050; 2. 兰州市食品药品检验所, 兰州 730030; 3. 中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘要 目的: 利用高效液相色谱法建立紫斑牡丹花粉的特征图谱, 并测定不同产地紫斑牡丹花粉中氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素 4 个成分的含量。**方法:** 采用 CAPCELL PAK-C₁₈ (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱, 以乙腈 (A) - 0.2% 甲酸水 (B) 为流动相梯度洗脱, 流速 1 mL · min⁻¹, 检测波长 274 nm, 柱温 30 °C; 采用中药色谱指纹图谱相似度评价软件 (2012 年版) 对 13 批牡丹花粉进行相似度分析, 同时测定 7 批不同产地牡丹花粉中 4 个成分的含量。**结果:** 13 批紫斑牡丹花粉样品得到的指纹图谱相似度大于 0.960, 标定共有峰 16 个, 并确定了其中 4 个色谱峰的归属。产自甘肃兰州、安徽亳州、山东菏泽的 7 批紫斑牡丹花粉样品中氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的含量分别在 2.488~7.675、0~15.251、2.339~10.433、6.462~15.924 mg · g⁻¹ 之间。**结论:** HPLC 指纹图谱结合定量测定能全面反映紫斑牡丹花粉内在质量, 该方法简便可行, 快速准确, 可为其质量评价提供参考。

关键词: 紫斑牡丹花粉; 特征图谱; 氧化芍药苷; 芍药内酯苷; 芍药苷; 槲皮素; 含量测定; 高效液相色谱法

中图分类号: R 917 文献标识码: A 文章编号: 0254-1793 (2019) 11-2020-08

doi: 10.16155/j.0254-1793.2019.11.13

HPLC characteristic chromatogram and assay of four components for pollen of *Paeonia rockii*^{*}

ZHANG Guo-qiang¹, LI Yun², PAN Jian-zhong², QIU Guo-yu², SHI Xiao-feng^{1,2**},
LI Zhi-jun², MA Qu-huan¹, CHENG Xian-long^{3**}

(1. Gansu Academy of Medical Science, Lanzhou 730050, China; 2. Lanzhou Institute for Food and Drug Control, Lanzhou 730030, China; 3. National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

Abstract Objective: To establish the HPLC characteristic chromatogram of Pollen of *Paeonia rockii* and to develop the simultaneous determination method of oxypaeoniflora, albiflorin, paeoniflorin and quercetin in the samples. **Methods:** HPLC analysis was performed on a CAPCELL PAK-C₁₈ column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm). The mobile phase consisted acetonitrile (A) and 0.2% formic acid aqueous solution (B) with gradient elution. The

* 甘肃省重点研发计划 - 社会发展类项目 (18YF1FA041) 和兰州市科技计划项目 (2016-3-17)

** 通信作者 石晓峰 Tel: (0931) 2302664; E-mail: shixiaofeng2005@sina.com
程显隆 Tel: (010) 67095432; E-mail: lncxl@sina.com

第一作者 张国强 Tel: (0931) 2302664; E-mail: 502901609@qq.com
李运 Tel: (0931) 2312648; E-mail: lyun04@163.com

flow rate was $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, the detection wavelength was 274 nm and the column temperature was $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$. TCM chromatographic fingerprint similarity evaluation software (2012 version) was used for similarity analysis of 13 batches of *Paeonia rockii* pollen, and the contents of four components in 7 batches of *Paeonia rockii* pollen from different habitats were determined at the same time. **Results:** The similarities of the chromatographic fingerprint of 13 batches of *Paeonia rockii* pollen samples were above 0.960. There were altogether 16 common peaks, and four of them were identified. The contents of oxypaeoniflora, albiflorin, paeoniflorin and quercetin in 7 batches of samples from Lanzhou, Bozhou and Heze city were in the range of 2.488–7.675, 0–15.251, 2.339–10.433 and 6.462–15.924 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. **Conclusion:** The combination of HPLC fingerprint and content determination can reflect inherent quality of *Paeonia rockii* pollen. The proposed method is simple, rapid and accurate, providing reference for quality evaluation of the drug.

Keywords: pollen of *Paeonia rockii*; characteristic chromatogram; oxypaeoniflora; albiflorin; paeoniflorin; quercetin; assay; HPLC

紫斑牡丹 (*Paeonia rockii*) 为毛茛科芍药属多年生木本植物^[1], 分布于四川北部、甘肃南部、陕西秦岭中段以西, 也是仅次于中原牡丹品种群的第二大品种, 因其花瓣基部有一个明显紫斑而得名^[2]。紫斑牡丹除了被用于园林建设、城市绿化, 其种子和丹凤牡丹 (*Paeonia ostii* T.H ong et J.X. Zhang) 的种子业已成为新资源食品牡丹籽油的原料; 据甘肃省卫生厅 1996 年颁布的《第四批 24 种中药材质量标准 (试行)》通知, 其根皮作为药用牡丹皮被甘肃省中药材标准收载。近几年有关紫斑牡丹的研究主要集中于紫斑牡丹的生物学、生药学及采集加工等^[3], 另有基于网络药理学的方法对紫斑牡丹花及叶的抗菌活性和作用机制的初探^[4], 以及紫斑牡丹籽饼粕中单萜苷类及低聚芪类成分的分离鉴定^[5-6], 而对于紫斑牡丹花粉的研究报道甚少, 其中主要为初步探索性研究^[7-12], 包括紫斑牡丹花粉中营养成分氨基酸、脂肪酸的含量测定, 紫斑牡丹花粉抗氧化性能的评价, 以及紫斑牡丹花粉中槲皮素、木犀草素和异鼠李素含量测定和总黄酮的提取工艺优化。为了开发利用紫斑牡丹花粉, 本文通过 HPLC 法建立紫斑牡丹花粉的特征图谱, 并对氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素 4 个成分进行含量测定, 希望为其质量控制提供参考依据。

1 仪器与试药

1.1 仪器

Waters e2695 高效液相色谱仪 (包括四元泵、DAD 检测器、自动进样器及 Empower 工作站), SBL-10DT 超声波恒温清洗机 (宁波新芝生物科技股份有限公司), MS205DU 型十万分之一分析天平 (瑞士

Mettler Toledo 公司), Milli-Q IQ 7000 超纯水系统 (德国默克密理博公司)。

1.2 试药

对照品氧化芍药苷 (批号 Q-019-180330)、芍药内酯苷 (批号 S-011-170908), HPLC 法测得纯度均 >98%, 由成都瑞芬思生物科技有限公司提供; 对照品芍药苷 (批号 110736-201741, 纯度 95.7%)、槲皮素 (批号 100081-201610, 纯度 99.1%) 均由中国食品药品检定研究院提供。甲醇、乙腈为色谱纯, 水为 Milli-Q 超纯水, 其他试剂为分析纯。

13 批紫斑牡丹花粉样品分别采自兰州新区 (S1~S5, S8~S13)、安徽亳州 (S6)、山东菏泽 (S7), 原植物经兰州中川牡丹产业有限公司赵潜龙高级工程师鉴定为毛茛科芍药属植物紫斑牡丹 [*Paeonia rockii* (S.G.Haw.et.Laeuner) T.Hang et.T.J.Li]。

2 溶液的制备

2.1 混合对照品储备液

精密称取对照品氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素适量, 置 10 mL 棕色量瓶中, 用甲醇溶解并稀释至刻度, 配制上述 4 个成分质量浓度分别为 1.515、1.610、1.216、6.968 $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的混合对照品储备液, 备用。

2.2 供试品溶液

精密称定紫斑牡丹花粉 0.25 g, 置于 150 mL 锥形瓶中, 精密加入 50% 乙醇溶液 50 mL, 称量, 超声 (功率 360 W, 频率 40 kHz) 提取 1 h, 静置放冷后再次称量, 用 50% 乙醇水溶液补足减失的量, 用 0.2 μm 微孔滤膜过滤, 取续滤液, 即得。

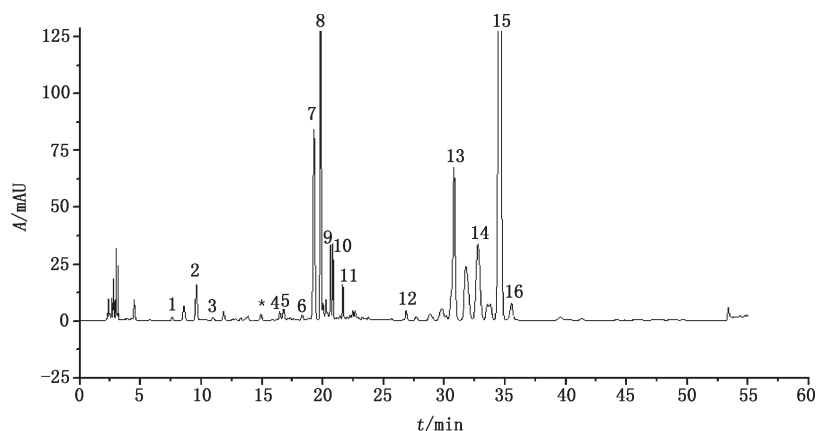
3 色谱条件

采用 CAPCELL PAK-C₁₈ 色谱柱 (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), 以乙腈 (A) - 0.2% 甲酸水 (B) 为流动相进行梯度洗脱 (0~3 min, 10%A → 12%A; 3~10 min, 12%A → 16%A; 10~15 min, 16%A → 18%A; 15~18 min, 18%A → 28%A; 18~25 min, 28%A → 31%A; 25~35 min, 31%A → 32%A; 35~45 min, 32%A → 34%A; 45~50 min, 34%A → 40%A; 50~51 min, 40%A → 90%A; 51~52 min, 90%A; 52~53 min, 90%A → 10%A; 53~54 min, 10%A), 流速 1 mL · min⁻¹, 检测波长 274 nm, 柱温 30 °C, 进样量 10 μL。

4 特征图谱

4.1 紫斑牡丹花粉特征图谱的建立

精密称取编号 S1~S13 的紫斑牡丹花粉各 0.25 g, 按“2.2”项下方法制备供试品溶液, 分别精密吸取 10 μL, 按“3”项下色谱条件进样测定, 记录各样品的色谱峰, 导入中药色谱指纹图谱相似度评价软件 (2012 版), 设定编号 S1 样品的色谱图为参照图谱, 其余编号样品色谱峰与之匹配, 生成紫斑牡丹花粉的对照特征图谱和 13 批紫斑牡丹花粉样品特征图谱的匹配图, 见图 1、2。



2. 氧化芍药苷 (oxypaeoniflora) 5. 芍药苷 (paeoniflorin) 13. 槲皮素 (quercetin) *. 芍药内酯苷 (albiflorin)

图 1 紫斑牡丹花粉的对照特征图谱

Fig. 1 Reference characteristic chromatogram of *Paeonia rockii* pollen

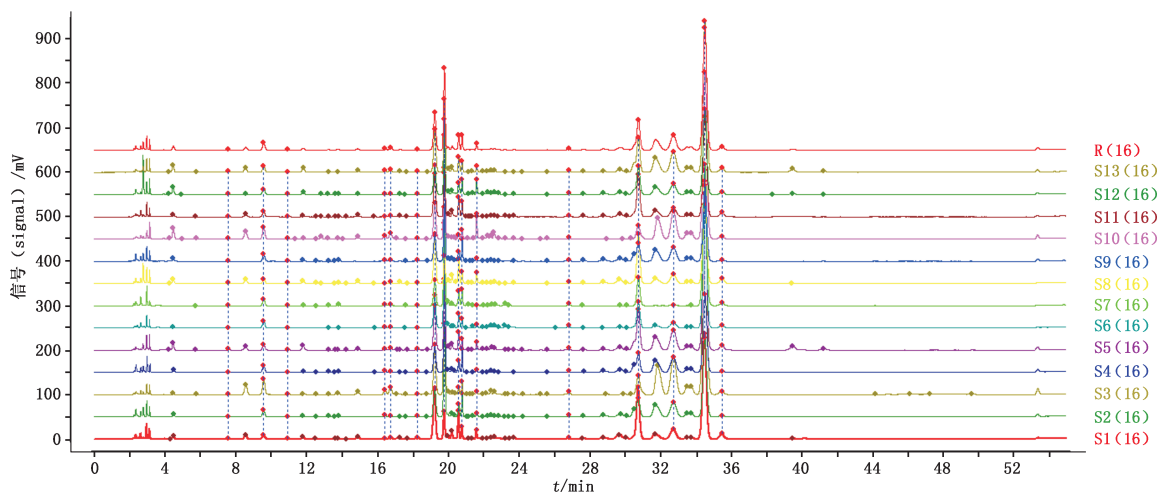


图 2 13 批紫斑牡丹花粉的特征图谱

Fig. 2 The characteristic chromatograms of 13 batches of *Paeonia rockii* pollen

4.2 方法学考察

4.2.1 精密度试验 精密称取编号为 S5 的紫斑牡

丹花粉 0.25 g, 按“2.2”项下方法制备供试品溶液, 精密吸取 10 μL, 按“3”项下色谱条件连续进样 6 次

进行测定,记录色谱图,用中药色谱指纹图谱相似度评价软件(20012版)进行分析,计算得色谱图之间的相似度为1,符合中药特征图谱的要求。计算峰面积,测得各批次样品所共有的4个成分氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素峰面积的RSD分别为0.93%、1.4%、2.6%、0.72%,表明仪器精密良好。

4.2.2 稳定性试验 精密称取编号为S5的紫斑牡丹花粉0.25 g,按“2.2”项下方法制备供试品溶液,精密吸取10 μ L,按“3”项下色谱条件分别在0、2、4、8、12、24 h进样测定,记录色谱峰,用中药色谱指纹图谱相似度评价软件(2012版)进行分析,计算得色谱图之间的相似度为1,符合中药特征图谱的要求。计算峰面积,测得氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素峰面积的RSD分别为1.7%、2.0%、2.0%、2.4%,表明供试品溶液在24 h内的稳定性良好。

4.2.3 重复性试验 精密称取编号为S5的紫斑牡丹花粉0.25 g,平行6份,按“2.2”项下方法制备供试品溶液,分别精密吸取10 μ L,按“3”项下色谱条件进样测定,记录色谱峰,用中药色谱指纹图谱相似度评价软件(2012版)进行分析,计算得色谱图之间的相似度为1,符合中药特征图谱的要求。计算峰面积,测得氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素峰面积的RSD分别

为1.6%、1.9%、2.4%、0.75%,表明此方法重复性良好。

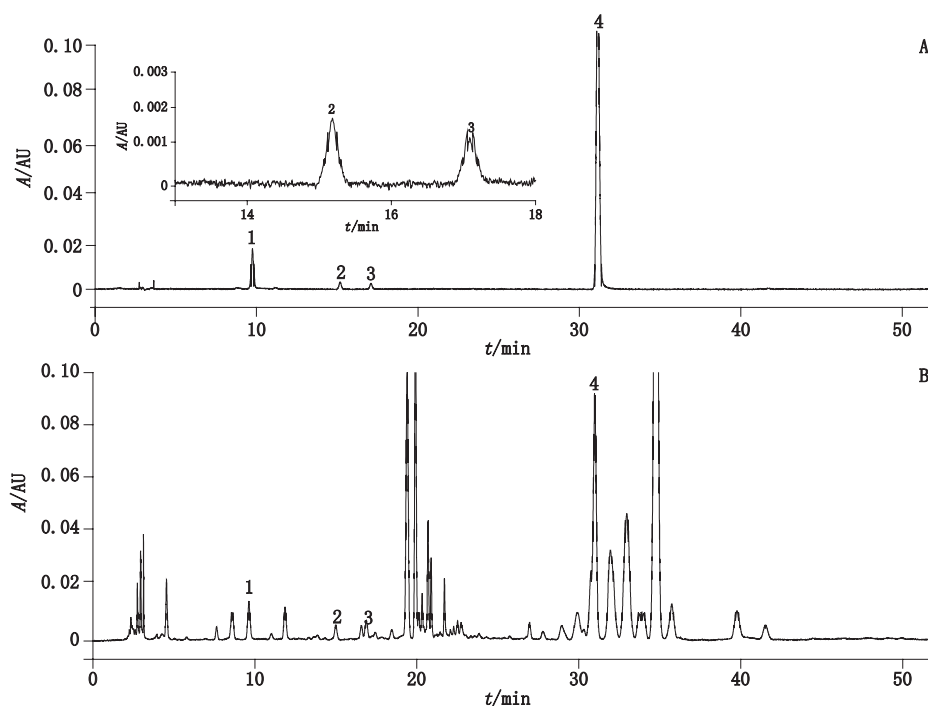
4.3 特征图谱结果分析

根据13批样品的特征图谱分析结果,紫斑牡丹花粉中主要有16个共有峰,指出4个色谱峰,分别为氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素,其保留时间依次为9.591、15.113、17.028、31.102 min。利用中药色谱指纹图谱相似度评价软件(2012版)进行分析,计算13批紫斑牡丹花粉(S1~S13)与对照特征图谱的相似度,依样品编号顺序分别为0.969、0.979、0.988、0.980、0.995、0.991、0.984、0.970、0.982、0.988、0.985、0.995、0.997,提示13批紫斑牡丹花粉与对照特征图谱相似度较好。

5 紫斑牡丹花粉中4个成分的含量测定

5.1 系统适用性试验

精密吸取“2.1”项下混合对照品储备液1.0 mL,置50 mL棕色量瓶中,用甲醇稀释定容,摇匀,配制混合对照品溶液。分别精密吸取混合对照品溶液和编号为S5的紫斑牡丹花粉供试品溶液各10 μ L,按“3”项下色谱条件进样测定,氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素4个目标测定峰与其相邻色谱峰的分离度 >1.5 ,理论塔板数以氧化芍药苷峰计大于7000,色谱图见图3。



1. 氧化芍药苷 (oxy-paeoniflora) 2. 芍药内酯苷 (albiflorin) 3. 芍药苷 (paeoniflorin) 4. 槲皮素 (quercetin)

图3 对照品(A)和样品(B)的高效液相色谱图

Fig. 3 HPLC chromatograms of reference substances (A) and sample (B)

5.2 线性关系考察

精密吸取混合对照品储备液 0.0625、0.125、0.25、0.5、1.0 mL, 分别置 10 mL 棕色量瓶中, 用甲醇稀释定容, 摇匀, 配制成系列浓度的混合对照品溶液,

按照“3”项下色谱条件分别进样 10 μL , 测定峰面积。以对照品溶液的浓度 ($X, \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) 为横坐标, 对照品溶液中各成分的峰面积 (Y) 为纵坐标, 绘制标准曲线, 见表 1。

表 1 4 种待测成分的回归方程、线性范围和相关系数

Tab. 1 Regressive equations, linear ranges and correlation coefficients of four components

成分 (component)	回归方程 (regression equation)	线性范围 (linear range) / ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	r
氧化芍药苷 (oxy-paeoniflorin)	$Y=9.11 \times 10^3 X - 1.30 \times 10^4$	9.28~148.47	0.999 7
芍药内酯苷 (albiflorin)	$Y=9.88 \times 10^2 X - 1.22 \times 10^3$	9.89~157.78	0.999 7
芍药苷 (paeoniflorin)	$Y=1.07 \times 10^3 X - 7.43 \times 10^2$	7.27~116.37	0.999 8
槲皮素 (quercetin)	$Y=2.14 \times 10^4 X - 1.22 \times 10^5$	43.16~690.53	0.999 9

5.3 检测下限与定量下限

取混合对照品储备液适量, 用甲醇逐级稀释成系列梯度浓度溶液并进样分析, 测定峰面积约为噪声 3 倍 ($S/N=3$) 时的进样量为检测下限 (LOD), 峰面积约为噪声 10 倍 ($S/N=10$) 时的进样量为定量下限 (LOQ)。结果氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的检测下限和定量下限分别为 0.010、0.090、0.097、0.006 μg 和 0.032、0.166、0.159、0.019 μg 。

5.4 精密度试验

精密吸取混合对照品溶液 (含氧化芍药苷 37.12 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、芍药内酯苷 39.45 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、芍药苷 29.09 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、槲皮素 172.63 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) 10 μL , 依“3”项下色谱条件连续进样 6 次, 测得氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素峰面积的 RSD 分别为 1.1%、2.3%、2.3%、1.0%, 表明仪器精密度良好。

5.5 稳定性试验

精密称取编号为 S5 的紫斑牡丹花粉 0.25 g, 按“2.2”项下方法制备供试品溶液, 精密吸取 10 μL , 按“3”项下色谱条件分别在 0、4、8、12、24 h 进样测定, 测得氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素峰面积的 RSD 分别为 0.71%、2.3%、0.83%、0.66%, 表明供试品溶液在 24 h 内的稳定性良好。

5.6 重复性试验

精密称取编号为 S5 的紫斑牡丹花粉 0.25 g, 平行 6 份, 按“2.2”项下方法制备供试品溶液, 分别精密吸取 10 μL , 按“3”项下色谱条件进样测定, 测得氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的平均含量分别为 2.92、8.27、10.59、13.76 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, RSD 分

别为 1.1%、2.3%、1.5%、0.55%, 表明此方法重复性良好。

5.7 加样回收率试验

精密称取编号为 S5 的紫斑牡丹花粉 0.125 g, 平行 6 份, 置锥形瓶中, 精密加入氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的对照品适量, 按“2.2”项下方法制备供试溶液, 分别精密吸取 10 μL , 按“3”项下色谱条件进样测定, 结果见表 2。

5.8 含量测定

精密称取 7 批紫斑牡丹花粉 0.25 g, 平行 3 份, 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 分别精密吸取 10 μL , 按“2.2”项下色谱条件进样测定。并用回归方程计算紫斑牡丹花粉中 4 个成分的含量, 结果见表 3。

6 讨论

6.1 流动相的选择

本试验考察不同的流动相系统甲醇-水、乙腈-水、乙腈-甲酸水的分离效果, 初选出乙腈-甲酸水作为流动相; 通过优化确定乙腈-0.2% 甲酸水为流动相, 梯度洗脱 55 min, 各峰均能达到较好分离, 峰形对称, 试验结果理想。

6.2 检测波长的选择

本试验在相同色谱条件下, 考察了文献报道的检测波长 230 nm^[13]、265 nm^[14]、270 nm^[15] 以及本文通过 190~400 nm 扫描确定的检测波长 274 nm, 发现在 274 nm 条件下, 色谱峰信息较全面, 4 个目标测定成分均有吸收且分离度较好, 故选择 274 nm 作为检测波长。

表 2 回收率试验结果 ($n=6$)

Tab. 2 Results of recovery

成分 (component)	样品含量 (content)/mg	加入量 (added)/mg	测得量 (detected)/mg	回收率 (recovery)/%	平均回收率 (average recovery)/%	RSD/%
氧化芍药苷 (oxypaeoniflorin)	0.367 7	0.296 9	0.652 6	95.9	99.2	2.7
	0.367 1	0.296 9	0.664 5	100.2		
	0.367 1	0.296 9	0.655 8	97.2		
	0.371 8	0.296 9	0.679 1	103.5		
	0.368 9	0.296 9	0.665 7	100.0		
	0.372 4	0.296 9	0.664 9	98.5		
芍药内酯苷 (albiflorin)	0.984 0	0.788 9	1.761 2	98.5	98.9	1.4
	0.982 4	0.788 9	1.822 1	96.8		
	0.996 6	0.788 9	1.789 9	100.6		
	0.994 2	0.788 9	1.803 9	102.6		
	0.988 7	0.788 9	1.771 1	99.2		
	1.009 9	0.788 9	1.763 9	95.6		
芍药苷 (paeoniflorin)	1.304 1	1.040 4	2.334 8	99.1	97.1	1.8
	1.311 4	1.040 4	2.300 7	95.1		
	1.310 4	1.040 4	2.302 4	95.4		
	1.305 2	1.040 4	2.304 0	96.0		
	1.325 0	1.040 4	2.346 9	98.2		
	1.311 4	1.040 4	2.338 0	98.7		
槲皮素 (quercetin)	1.587 3	1.381 1	2.940 7	98.0	98.0	1.9
	1.584 8	1.381 1	2.972 7	100.5		
	1.584 8	1.381 1	2.930 5	97.4		
	1.605 0	1.381 1	2.940 2	96.7		
	1.592 4	1.381 1	2.949 0	98.2		
	1.607 5	1.381 1	2.945 6	96.9		

 表 3 样品含量测定结果 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$, $n=3$)

Tab. 3 Results of content determination of samples

编号 (No.)	氧化芍药苷 (oxypaeoniflorin)	芍药内酯苷 (albiflorin)	芍药苷 (paeoniflorin)	槲皮素 (quercetin)
S1	2.488	13.391	7.211	15.924
S2	3.649	0.709	6.015	6.462
S3	7.675	15.251	2.339	7.430
S4	3.643	0.732	5.924	6.715
S5	2.932	7.847	10.433	12.658
S6	3.619	0.000	6.258	8.310
S7	3.284	0.000	6.764	9.534

6.3 供试品溶液制备方法的选择

通过比较回流、超声 2 种提取方法发现, 超声提取效率高、时间短。以氧化芍药苷、芍药苷、槲皮素的峰面积为指标, 选择不同浓度的甲醇、乙醇作为提取溶剂, 并设置不同提取时间(0.5、1、1.5、2 h), 遴选得到 50% 乙醇溶液为溶剂, 超声提取 1 h 作为试验供试品溶液的制备方法。

6.4 特征图谱分析

通过特征图谱的比较, 确立 13 批紫斑牡丹花粉色谱图中有 16 个共有峰; 采用与对照品比较的方法, 确定了其中 4 个峰的归属, 氧化芍药苷、芍药苷、槲皮素 3 个成分的色谱峰在各批次样品中均能检出, 而芍药内酯苷的色谱峰在 S6、S7 2 个分别产自安徽亳州、山东菏泽的样品中未检出。虽然各批次样品有差异, 但 13 批样品色谱图与特征图谱相似度均在 0.9 以上, 说明各色谱峰之间规律性较强, 可作为紫斑牡丹花粉质量控制和含量测定方法。

6.5 含量测定结果分析

通过对产自甘肃兰州的 5 批紫斑牡丹花粉(S1~S5)和产自安徽亳州、山东菏泽的紫斑牡丹花粉(S6、S7)中氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的含量测定发现, 各批次样品中均含有氧化芍药苷、芍药苷、槲皮素, 含量分别在 2.488~7.675 mg·g⁻¹、2.339~10.433 mg·g⁻¹、6.462~15.924 mg·g⁻¹ 之间, 而芍药内酯苷在产自甘肃兰州的 S2、S4 号样品中含量较低, 在产自安徽亳州的 S6 号、山东菏泽的 S7 号样品中未检出, 此结果是否与花粉采集、储存关联, 有待进一步的研究。

6.6 小结

本文采用 HPLC 法建立了紫斑牡丹花粉的指纹图谱, 其分离度和重复性良好, 能够较好地反映紫斑牡丹花粉中化学成分的特征; 同时建立了氧化芍药苷、芍药内酯苷、芍药苷、槲皮素的含量测定方法, 为紫斑牡丹花粉的质量控制及深入研究奠定了基础。

参考文献

[1] 闫中园, 金研铭. 不同品种紫斑牡丹的抗寒性研究与比较[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(24): 11511
YAN ZY, JIN YM. Study and comparison on freezing resistance of

Paeonia rockii [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2009, 37(24): 11511

- [2] 李熙莉, 李平平, 岳桦. 紫斑牡丹研究进展[J]. 北方园艺, 2007(5): 129
LI XL, LI PP, YUE H. Advances of the study on *Paeonia rockii* [J]. *North Horticul*, 2007(5): 129
- [3] 何登文. 紫斑牡丹的研究概况[J]. 甘肃中医, 2005, 18(3): 34
HE DW. The research profile of *Paeonia rockii* [J]. *Gansu J Tradit Chin Med*, 2005, 18(3): 34
- [4] 包雅婷, 王玥, 任晓东, 等. 基于网络药理学的紫斑牡丹花、叶抗菌活性和作用机制研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(4): 779
BAO YT, WANG Y, REN XD, et al. Exploration on antibacterial activity and mechanism of flowers and leaves from *Paeonia rockii* based on network pharmacology [J]. *Chin J Chin Mater Med*, 2018, 43(4): 779
- [5] 刘普, 许艺凡, 刘佩佩, 等. 紫斑牡丹籽饼粕单萜苷类成分的分离鉴定[J]. 食品科学, 2017, 38(18): 87
LIU P, XU YF, LIU PP, et al. Isolation and identification of monoterpene glucosides from seed cake of *Paeonia rockii* [J]. *Food Sci*, 2017, 38(18): 87
- [6] 刘普, 牛亚琪, 邓瑞雪, 等. 紫斑牡丹籽饼粕低聚芪类成分研究[J]. 中国药理学杂志, 2014, 49(12): 1018
LIU P, NIU YQ, DENG RX, et al. Oligostilbenes study from seed cakes of *Paeonia rockii* [J]. *Chin Pharm J*, 2014, 49(12): 1018
- [7] 李运, 邱国玉, 石晓峰, 等. 柱后衍生阳离子交换色谱法测定甘肃紫斑牡丹花粉氨基酸含量[J]. 药物分析杂志, 2017, 37(6): 988
LI Y, QIU GY, SHI XF, et al. Determination of amino acids in *Paeonia rockii* pollen by post-column derivatization cation-exchange chromatography [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2017, 37(6): 988
- [8] 李运, 邱国玉, 石晓峰, 等. 甘肃紫斑牡丹花粉中脂肪酸的分析研究[J]. 中国现代应用药学, 2017, 34(6): 849
LI Y, QIU GY, SHI XF, et al. Analysis of fatty acids in *Paeonia rockii* pollen from Gansu province [J]. *Chin J Mod Appl Pharm*, 2017, 34(6): 849
- [9] 王斌利, 张莉霞, 石晓峰, 等. 紫斑牡丹花粉不同浓度乙醇提取物抗氧化能力研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2018, 25(2): 65
WANG BL, ZHANG LX, SHI XF, et al. Study on antioxidant activity of different concentrations of alcohol extracts from *Paeonia rockii* pollen [J]. *Chin J Inf Tradit Chin Med*, 2018, 25(2): 65
- [10] 王新娣, 石晓峰, 王斌利, 等. 紫斑牡丹花粉中异鼠李素的定性定量分析及总黄酮的含量测定[J]. 食品工业科技, 2017(15): 248
WANG XD, SHI XF, WANG BL, et al. Qualitative and quantitative analysis of isorhamnetin and content determination of total flavonoids from pollen of *Paeonia rockii* [J]. *Sci Technol Food Ind*, 2017(15): 248



- [11] 王斌利, 张莉霞, 石晓峰, 等. 响应面法优化紫斑牡丹花粉总黄酮的提取工艺[J]. 中药材, 2017, 40(10): 2396
WANG BL, ZHANG LX, SHI XF, *et al.* Optimization of the extraction technology of total flavonoids from *Paeonia rockii* pollen by response surface methodology[J]. *J Chin Med Mater*, 2017, 40(10): 2396
- [12] 王斌利, 王新娣, 石晓峰, 等. RP-HPLC 法同时测定紫斑牡丹花粉中槲皮素、木犀草素、异鼠李素的含量[J]. 中国现代应用药学杂志, 2017, 34(2): 262
WANG BL, WANG XD, SHI XF, *et al.* Simultaneous determination of quercetin, luteolin and isorhamnetin in pollen of *Paeonia rockii* by RP-HPLC [J]. *Chin J Mod Appl Pharm*, 2017, 34(2): 262
- [13] 王化, 何丹娆, 朱良玉, 等. HPLC 法同时测定赤芍中 9 个活性成分的含量[J]. 中草药, 2018, 49(3): 708
WANG H, HE DR, ZHU LY, *et al.* Simultaneous determination of nine components in *Paeoniae Radix Rubra* by HPLC [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2018, 49(3): 708
- [14] 孔昭琰, 胡煜雯, 巢建国, 等. 凤丹皮 HPLC 指纹图谱研究[J]. 南京中医药大学学报, 2011, 27(1): 66
KONG ZY, HU YW, CHAO JG, *et al.* HPLC fingerprint study on cortex moutan of Nanling [J]. *J Nanjing Univ Tradit Chin Med*, 2011, 27(1): 66
- [15] 闫慧娇, 王志伟, 赵恒强, 等. 菏泽牡丹花 HPLC 特征图谱研究及 8 种成分的测定[J]. 中草药, 2017, 48(9): 1866
YAN HJ, WANG ZW, ZHAO HQ, *et al.* Study on HPLC digital fingerprint of *Paeonia suffruticosa* and determination of eight components [J]. *Chin Tradit Herb Drugs*, 2017, 48(9): 1866

(本文于 2018 年 10 月 30 日收到)