

芍药根不同部位特征图谱研究*

史素影¹, 俞年军^{1△}, 彭代银¹, 张雨雷², 朱强³,
葛德助⁴, 马磊⁴, Sven Schroder⁵, 韩荣春¹

- (1. 安徽中医药大学药学院, 安徽 合肥 230012; 2. 亳州市皖北药业有限公司, 安徽 亳州 236800;
3. 安徽普仁中药饮片有限公司, 安徽 亳州 236800; 4. 安徽济人药业有限公司, 安徽 亳州 236800;
5. 汉堡大学附属埃彭多夫医院汉萨美安中医中心, 汉堡 埃彭多夫 20095)

摘要: 目的 研究比较芍药根的栓皮部、韧皮部和木质部 3 个不同部位的特征图谱差异。方法 通过高效液相色谱法建立特征图谱, 采用 ODS 柱, 柱温 30℃, 乙腈-0.1%磷酸水溶液梯度洗脱, 流速为 1.0 mL·min⁻¹, 检测波长为 230 nm。结果 特征图谱显示: 栓皮部分离出 15 个共有峰, 韧皮部分离出 13 个共有峰, 木质部分离出 7 个共有峰, 各部分特征峰易于识别、分离度较好。主成分分析得出 3 个部分共有的主要成分: 芍药苷、芍药内酯苷和苯甲酸。芍药苷在 3 个部位中的含量无显著差异, 芍药内酯苷在栓皮部和韧皮部中含量无明显差异均高于木质部中的含量, 苯甲酸在栓皮部的含量高于韧皮部。结论 栓皮部提取液能分离出更多的成分且浓度较高, 木质部提取液分离出的成分少且浓度低, 韧皮部介于两者之间。

关键词: 芍药; 栓皮部; 韧皮部; 木质部; 特征图谱

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-2723(2020)01-0012-07

DOI: 10.19288/j.cnki.issn.1000-2723.2020.01.003

Study on Different Parts from Root of *Paeonia lactiflora* Pall. by HPLC Characteristic Chromatogram

SHI Suying¹, YU Nianjun¹, PENG Daiyin¹, ZHANG Yulei², ZHU Qiang³,
GE Dezhu⁴, MA Lei⁴, SCHRODER Sven⁵, HAN Rongchun¹

- (1. School of Pharmacy, Anhui University of Chinese Medicine, Hefei 230012, China;
2. Bozhou Wanbei Pharmaceutical Co., Bozhou 236800, China;
3. Anhui Puren Chinese Herb Limited Co., Bozhou 236800, China;
4. Anhui Jiren Pharmaceutical Co., Bozhou 236800, China;
5. HanseMerkur Center for Traditional Chinese Medicine at the University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Eppendorf 20095, Germany)

ABSTRACT: Objective To study and compare the differences of characteristic chromatograms regarding 3 parts from root of *Paeonia lactiflora* Pall.. **Methods** Establishment of characteristic chromatogram by high performance liquid chromatography (HPLC). ODS column was used in this study, the column temperature was 30 °C. The gradient elution of acetonitrile -0.1 % phosphoric acid solution was conducted with the flow rate of 1.0 mL·min⁻¹, and the detection wavelength was 230 nm. **Results** The characteristic chromatogram showed that 15 common peaks were isolated from cork, 13 common peaks isolated from phloem, 7 common peaks isolated from xylem by analyzing within 3 groups. The characteristic peaks of each part are easy to identify and have good resolution. Principal component analysis obtained three main components in

收稿日期: 2020-01-03

* 基金项目: 国家重点研发计划中医药现代化研究重点专项(2017YFC1701602, 2017YFC1701604); 安徽省重点研究与开发计划项目(1804b06020356)

第一作者简介: 史素影(1993-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 中药资源与质量评价。

△通信作者: 俞年军, E-mail: ynj2005288@sina.com

common: paeoniflorin, albiflorin and benzoic acid. There was no significant difference in the content of paeoniflorin in the three parts, and the content of albiflorin in the cork and phloem was not significantly different than that in the xylem, the content of benzoic acid in the cork is higher than that in the phloem. **Conclusion** Cork contains more components with higher content, xylem has the least components and lower content, phloem is somewhere in between.

KEY WORDS: *Paeonia lactiflora* Pall.; cork; phloem; xylem; characteristic chromatogram

毛茛科植物芍药 *P. lactiflora* Pall. 的根, 水煮去皮或去皮水煮后干燥作白芍药用, 味苦、酸、微寒, 归肝、脾经, 具有养血敛阴、柔肝止痛、平抑肝阳的功效^[1]。亳州芍药栽培历史悠久, 栽种品种是芍药, 花红单叶, 种植面积大, 亳白芍为白芍道地药材来源之一, 在安徽省亳州市的各乡镇皆有种植。亳白芍色白粉足、产量亦大, 于每年的九、十月份采挖, 采收后的药材经产地初加工后销往各地。白芍的加工需要去皮, 关于去皮的处理, 自古便有详细记载, 如张仲景的《金匱玉函经》中有“刮去皮”^[2]、《雷公炮制论》中有“以竹刀刮去粗皮并头土”^[3]、《本草图经》中有“采得刮净去皮”^[3]等。相关研究表明, 芍药根所含的化学成分主要包括单萜及其苷类化合物、三萜类化合物、黄酮类化合物、鞣质(主要是以没食子酸为基础)、酚酸和多糖等^[4-8]。诸多文献报道的具有相对明确药理活性的成分有芍药苷、芍药内酯苷、氧化芍药苷、苯甲酰芍药苷、没食子酰葡萄糖等^[9-13]。一般芍药根去皮处理除去的“皮”包括全部的栓皮部和少量的韧皮部, 余下晒干的药材由部分的韧皮部和全部的木质部组成, “去皮”势必会对化学成分产生影响, 进而影响药材的药理作用。本文则把新鲜的亳白芍根的栓皮、韧皮和木质部剥离, 并建立 HPLC 特征图谱, 探讨不同部位中化学成分的差异, 为后期研究白芍赤芍不同功效主治的成因奠定基础。

1 材料

1.1 仪器与试剂 Agilent 1260 型高效液相色谱仪(美国, G1311X 四元梯度泵, G1329 自动进样器, G1316A 柱温箱, G1315G 二级管阵列检测器); CP225D 型 1/10 万电子分析天平(德国 Sartorius 公司); Milli-Q Gradient A10 超纯水仪(密理博上海贸易有限公司); AS30600BT 系列超声波清洗仪(天津奥特赛恩斯仪器有限公司)。

芍药苷(批号 X12ABC33672, 纯度≥98%)、氧化芍药苷(批号 P12N9S74762, 纯度≥98%)购于上海源叶生物科技有限公司; 芍药内酯苷(批号 DST190120-071, 纯度≥98%)、苯甲酰芍药苷(批号 DST190719-

053, 纯度≥98%)、没食子酸(批号 DST190715-08, 纯度≥98%)、苯甲酸(批号 DST190609-001, 纯度≥98%)、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖(批号 DST190517-001, 纯度≥98%)购于乐美天医药公司; 乙腈(瑞典 oceanpak, 色谱纯); 超纯水、蒸馏水(自制); 磷酸(天津永大化学试剂有限公司, 色谱纯); 乙醇(国药集团化学试剂有限公司, 分析纯); 甲醇(国药集团化学试剂有限公司, 色谱纯)。

1.2 药材 本实验所用芍药根由课题组采挖于于安徽省亳州市, 经安徽中医药大学药学院俞年军教授鉴定皆为毛茛科植物芍药 *P. lactiflora* Pall. 的根。样品信息见表 1。

表 1 白芍样品信息

编号	部位	编号	部位	编号	部位
S1	栓皮部	S7	韧皮部	S13	木质部
S2	栓皮部	S8	韧皮部	S14	木质部
S3	栓皮部	S9	韧皮部	S15	木质部
S4	栓皮部	S10	韧皮部	S16	木质部
S5	栓皮部	S11	韧皮部	S17	木质部
S6	栓皮部	S12	韧皮部	S18	木质部

注: 样品取自 6 个不同的芍药植株。S1、S7、S13; S2、S8、S14; S3、S9、S15; S4、S10、S16; S5、S11、S17 和 S6、S12、S18 分别为 6 株芍药根分取的不同部位。

2 方法与结果

2.1 色谱条件 Topsil C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm); 流动相乙腈(A)-0.1%磷酸水溶液(B), 梯度洗脱 0~40 min, 5%~50% A; 40~41 min, 50%~5% A; 41~45 min, 5% A; 柱温 30 ℃; 流速 1.0 mL·min⁻¹, 检测波长 230 nm, 进样量 10 μL。

2.2 溶液的制备

2.2.1 对照品溶液的制备 取芍药苷、氧化芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷、没食子酸、苯甲酸、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖对照品适量, 用甲醇配成含芍药苷 1.1 mg·mL⁻¹、氧化芍药苷 0.6 mg·mL⁻¹、芍药内酯苷 1.0 mg·mL⁻¹、苯甲酰芍药苷 0.6 mg·mL⁻¹、

没食子酸 $2.2 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、苯甲酸 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖 $1.8 \text{ mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的混合对照品溶液。

2.2.2 供试品溶液的制备 取药材粉末(过 4 号筛)约 10 mg,精密称定,置 2 mL EP(ependorf)管中,加 50%乙醇 1 mL,超声处理 30 min,取出,摇匀,滤过,取续滤液。

2.3 方法学考察

2.3.1 精密度实验 取同一混合对照品溶液,按照 2.1 项下色谱条件,连续进样 6 次,记录色谱图,以芍药苷峰(峰 4)为参比峰,计算各共有峰相对保留时间、相对峰面积的 RSD 均小于 2.0 %,表明仪器精密度良好。

2.3.2 稳定性实验 取同一批供试品溶液,分别在 0,2,4,6,8,12,24 h 按照 2.1 项下色谱条件进样,记

录色谱图,以芍药苷峰为参比峰,计算各共有峰相对保留时间、相对峰面积的 RSD 均小于 2.9 %,表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.3.3 重复性实验 取同一批样品,按照 2.2.2 项下方法平行制备 6 份溶液,按照 2.1 项下色谱条件进样,记录色谱图,以芍药苷峰为参比峰,计算各共有峰相对保留时间、相对峰面积的 RSD 均小于 2.7 %,表明该方法重复性良好。

2.4 特征图谱建立 将 18 批样品,按照 2.2.2 项下方法制备供试品溶液,按照 2.1 项下色谱条件进样,导出色谱图。将栓皮部、韧皮部、木质部样品色谱图分别导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2004 版),进行共有峰处理。S1、S7、S13 自动校正匹配,生成对照特征图谱,分别得到 3 组样品的特征图谱,对照品图谱、样品叠加图及特征图谱见图 1。

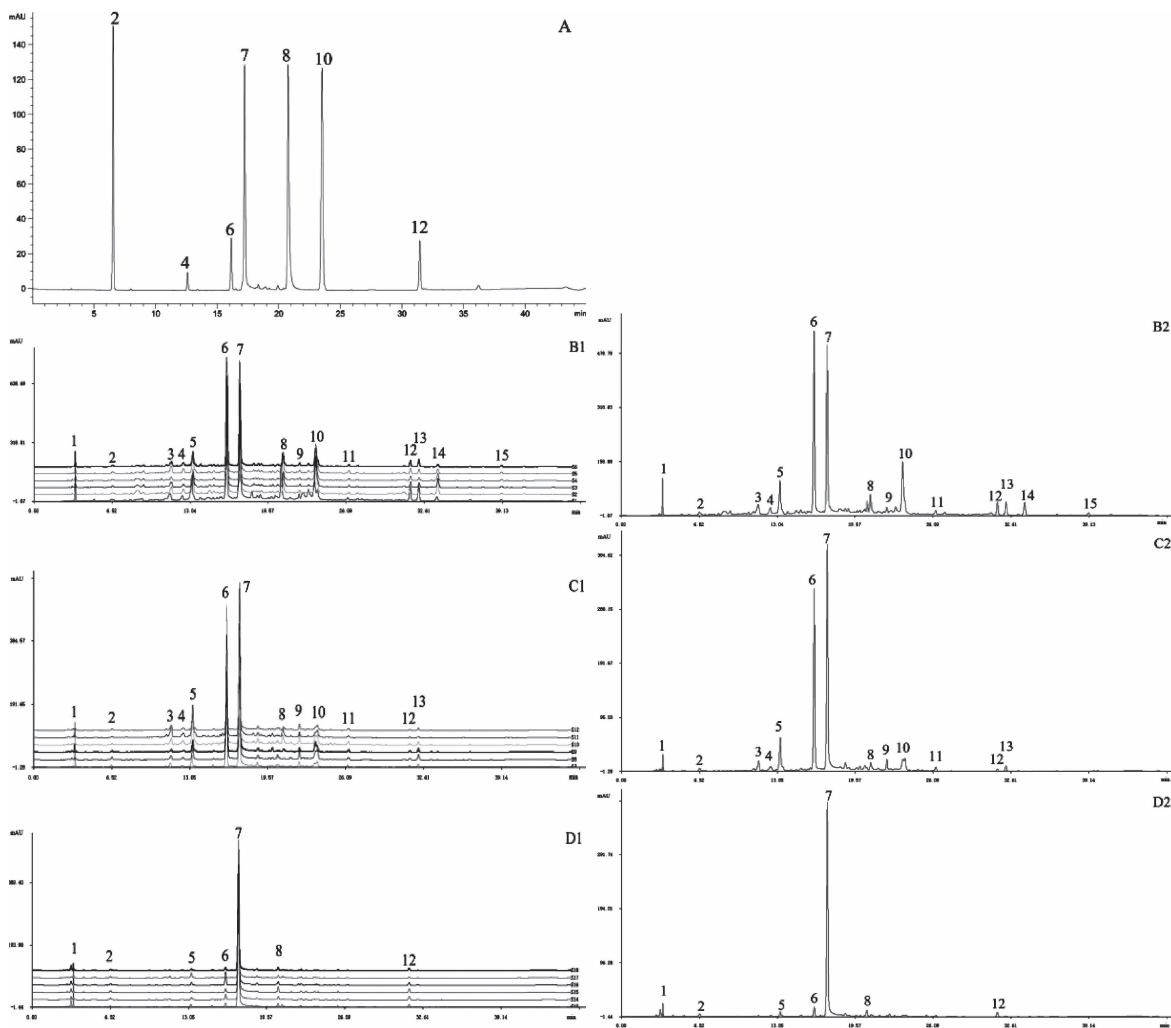


图 1 混合对照品、样品图谱及特征图谱

A. 对照品;B1、B2. 栓皮部;C1、C2. 韧皮部;D1、D2. 木质部;2. 没食子酸;4. 氧化芍药苷;6. 芍药内酯苷;7. 芍药苷;8.1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖;10.苯甲酸;12.苯甲酰芍药苷

2.4.1 共有峰确认 根据 3 组样品的特征图谱分析结果,栓皮部有 15 个共有峰,韧皮部有 13 个共有峰,木质部有 7 个共有峰。经过与对照品比对,指认了 7 个特征峰,2 号峰为没食子酸,4 号峰为氧化芍药苷,6 号峰为芍药内酯苷,7 号峰为芍药苷,8 号峰为 1,2,3,4,6-五没食子酰葡萄糖,10 号峰为苯甲酸,12 号峰为苯甲酰芍药苷,其余峰对应的化合物未知。

2.4.2 相似度分析 将 18 批样品的色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2004 版)软件,对各

图谱进行相似度计算,结果见表 2。相似度结果分析表明,栓皮部组内(S1~S6)相似度均不小于 0.900、韧皮部组内(S7~S12)相似度均不小于 0.920、木质部组内(S13~S18)相似度均不小于 0.994,说明同一部位的化学成分类似;栓皮部与韧皮部的相似度位于 0.841~0.974 之间、栓皮部与木质部的相似度介于 0.586~0.766 之间、韧皮部与木质部的相似度在 0.653~0.928 之间,表明不同部位的化学成分有差异,栓皮部与木质部的差异最大。

表 2 样品图谱的相似度

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
S1	1																	
S2	0.938	1																
S3	0.929	0.984	1															
S4	0.900	0.976	0.990	1														
S5	0.941	0.987	0.995	0.982	1													
S6	0.959	0.983	0.984	0.964	0.991	1												
S7	0.935	0.869	0.891	0.851	0.896	0.925	1											
S8	0.964	0.946	0.920	0.890	0.937	0.967	0.944	1										
S9	0.928	0.871	0.902	0.867	0.904	0.928	0.997	0.932	1									
S10	0.963	0.954	0.931	0.895	0.952	0.974	0.931	0.993	0.920	1								
S11	0.942	0.885	0.904	0.853	0.917	0.937	0.984	0.945	0.979	0.953	1							
S12	0.942	0.872	0.888	0.841	0.898	0.929	0.995	0.955	0.989	0.949	0.991	1						
S13	0.711	0.590	0.677	0.634	0.662	0.687	0.882	0.679	0.895	0.659	0.838	0.855	1					
S14	0.721	0.599	0.683	0.641	0.669	0.694	0.889	0.690	0.901	0.668	0.844	0.862	0.999	1				
S15	0.711	0.586	0.672	0.631	0.656	0.681	0.880	0.677	0.893	0.653	0.832	0.851	0.999	0.999	1			
S16	0.766	0.645	0.720	0.677	0.709	0.736	0.919	0.740	0.928	0.718	0.877	0.896	0.995	0.997	0.995	1		
S17	0.721	0.601	0.690	0.645	0.676	0.697	0.887	0.685	0.899	0.669	0.850	0.861	0.998	0.998	0.997	0.994	1	
S18	0.715	0.590	0.676	0.633	0.660	0.686	0.884	0.682	0.896	0.660	0.839	0.857	1	1	0.999	0.996	0.998	1

2.4.3 聚类分析 将 18 批样品按栓皮部的 15 个峰的峰面积数据导入 SPSS 23.0 软件进行聚类分析(韧皮、木质部无峰的峰面积记为 0),以平方欧式距离为测量区间,采用质心聚类的方法对数据进行分析^[14],见图 2。18 批样品被分成 3 类,S1、S6(栓皮部)未与 S2、S3、S4、S5 聚为一类;S13 ~ S18(木质部)聚为一类,S2 ~ S5(栓皮部)聚为一类,S7~S12(韧皮部)聚为一类。因此,除 S1、S6 外,聚类分析将栓皮、韧皮和木质部分别聚为一类,其中栓皮和韧皮中化学成分

较木质部相近。因实验样品的选取未控制药材的栽培年限、生长环境等的一致,各组内图谱存在差异,导致 S1、S6 不与栓皮组其余 4 个样品聚为一类且栓皮组 PCA 得分差异大,可见生长年限和环境条件对芍药根化学成分的影响,由外向内逐渐减弱。

2.4.4 主成分分析 将 18 批样品的 15 个峰的峰面积数据导入 SPSS 23.0 软件进行主成分分析,得出各共有峰方差贡献表,见表 3,15 个峰中得出 3 种主成分,第 1 主成分贡献率为 70.82%,第 2 主成分

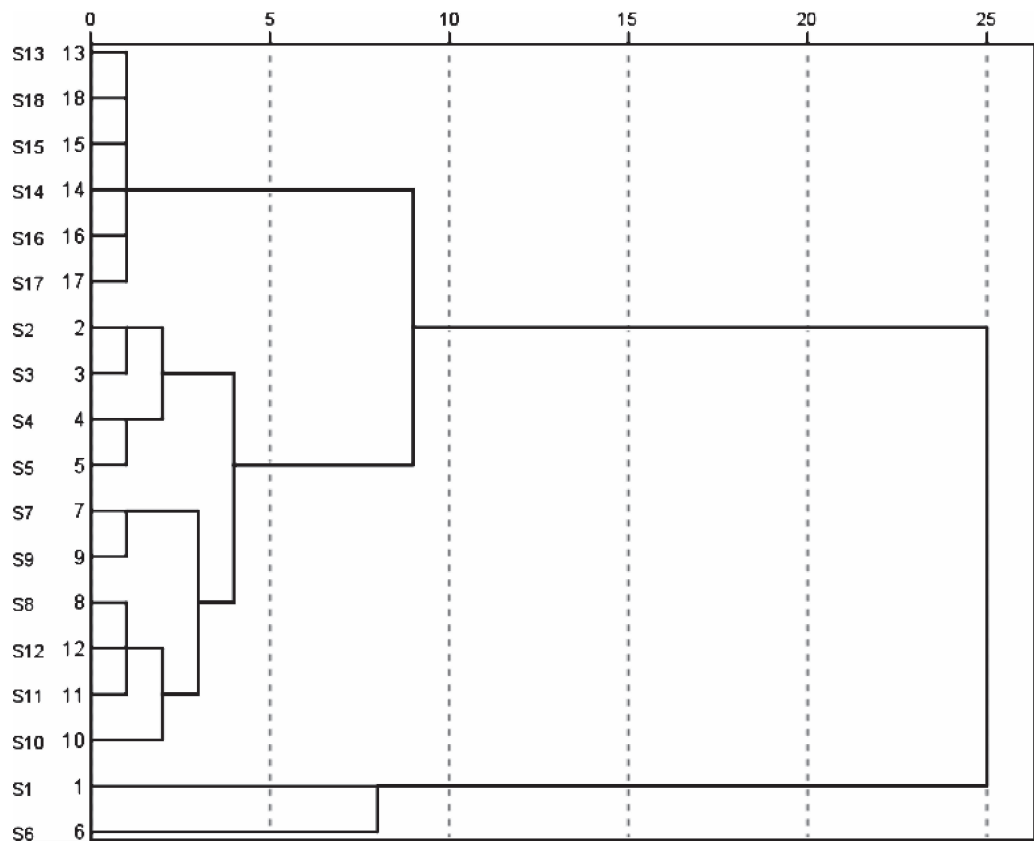


图 2 聚类树状图

贡献率为 12.26%，第 3 主成分贡献率为 8.42%，3 种主成分累积贡献率达 91.50%。将样品的 15 个峰峰面积导入 SIMCA-P(11.0)中，进行主成分分析^[15]，得到峰得分图和样品 PCA 得分图，见图 3、图 4。由峰得分图可知，6、10 和 7 号峰为 3 个主成分峰，3 个

主要成分分别为芍药内酯苷、芍药苷和苯甲酸。从样品 PCA 得分图可看出 S13 ~ S18 即木质部彼此靠近，S7 ~ S12 即韧皮部彼此靠近但较木质部松散，S1 ~ S6 代表的栓皮部则最分散、彼此疏离，此结果与聚类分析一致。

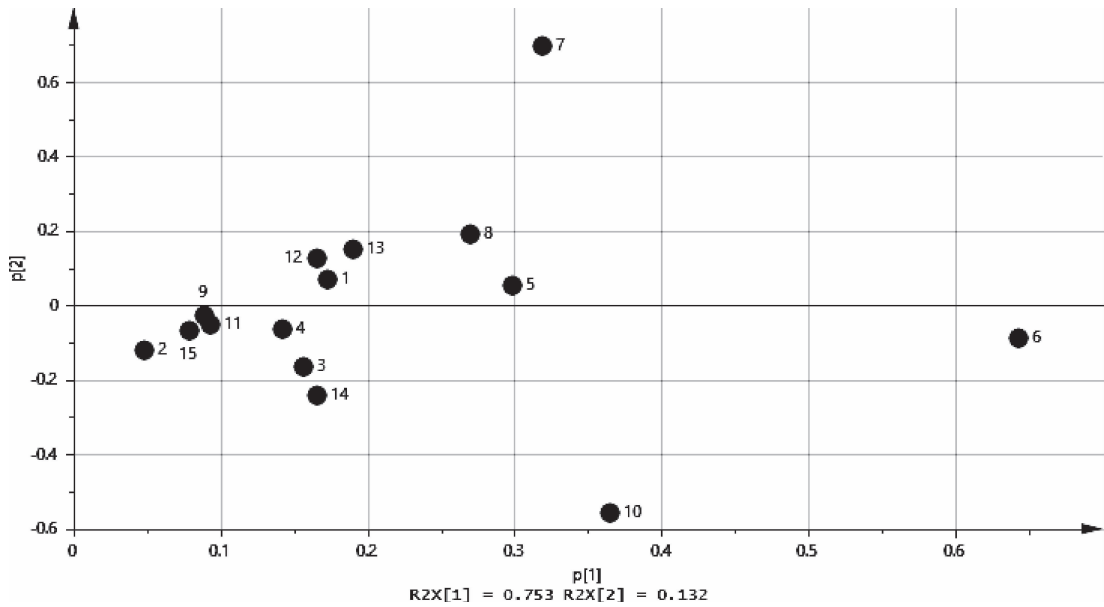


图 3 峰得分图

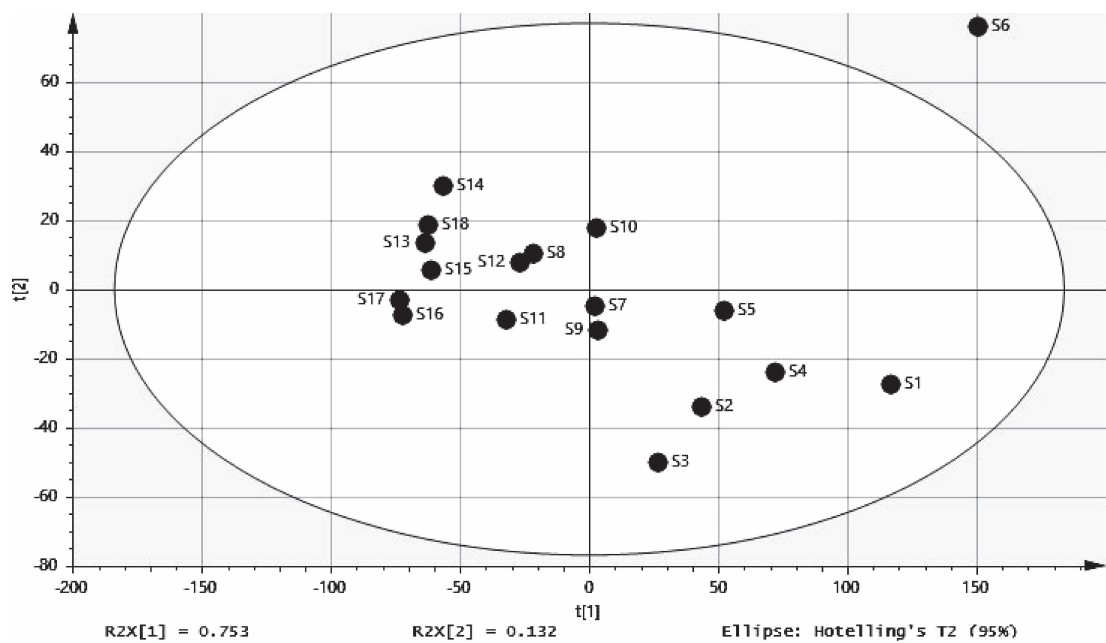


图 4 样品 PCA 得分图

表 3 总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %
6	10.623	70.820	70.820	10.623	70.820	70.820
10	1.839	12.261	83.081	1.839	12.261	83.081
7	1.263	8.421	91.502	1.263	8.421	91.502
5	0.573	3.823	95.325			
8	0.348	2.318	97.643			
13	0.175	1.164	98.808			
1	0.072	0.481	99.289			
14	0.044	0.291	99.580			
12	0.030	0.200	99.780			
3	0.018	0.119	99.899			
4	0.008	0.051	99.950			
11	0.004	0.028	99.978			
9	0.002	0.013	99.990			
15	0.001	0.008	99.998			
2	0.000	0.002	100.000			

2.4.5 主要成分含量测定 取 2.2.1 项下的对照品溶液用甲醇分别稀释至 1/2、1/5、1/10、1/20、1/40 倍,得到 6 个不同浓度的混合对照品溶液,按 2.1 项下的色谱条件进行检测,平行测定 3 次,求平均值,以对照品浓度(X)与峰面积(Y)计算标准曲线。由主成分分析可知,芍药苷、芍药内脂苷和苯甲酸为主要成分,3 个主要成分的线性关系见表 4,含量测定结果见表 5。

表 4 3 个主要成分的线性关系

化合物	线性回归方程	R ²	线性范围/(mg·L ⁻¹)
芍药内酯苷	Y=8 780.2X-0.197 5	0.999 8	5.00~1 000.00
芍药苷	Y=10 694X-29.698	0.999 6	5.50~1 100.00
苯甲酸	Y=35 772X-100.12	0.998 9	0.50~1 00.00

将主要成分的含量测定结果进行方差分析,3 个主要成分的含量在栓皮部、韧皮部和木质部间两两比较,比较结果见图 5。由图 5 可知:芍药内酯苷在栓皮部和韧皮部的含量没有显著性差异;芍药苷在栓皮部、韧皮部和木质部的含量均不存在显著性差异;苯甲酸在栓皮部中的含量高于韧皮部,木质部中含量极低。

表 5 含量测定结果(n=3)

编号	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
芍药内酯苷/%	5.47	3.31	3.17	3.86	4.45	5.48	4.00	1.84	3.06	2.30	1.79	1.94	0.15	0.10	0.34	0.08	0.09	0.08
芍药苷/%	3.52	2.97	2.69	3.17	3.63	4.75	2.95	2.98	2.18	3.05	2.41	2.89	3.12	3.69	2.52	2.30	2.43	2.64
苯甲酸/%	0.64	0.53	0.66	0.53	0.42	0.29	0.12	0.12	0.10	0.05	0.10	0.07	0	0	0	0	0	0

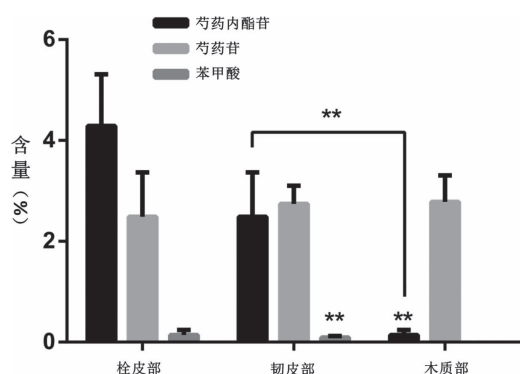


图 5 不同部位主要成分的含量比较 (** $P < 0.01$)

3 讨论

本实验通过 HPLC 法得到了芍药根栓皮部、韧皮部和木质部的容易识别、分离度较好的特征图谱,3 个部分的特征图谱显示: 栓皮部分离出 15 个共有峰,韧皮部分离出 13 个共有峰,木质部分离出 7 个共有峰。芍药苷、芍药内酯苷和苯甲酸 3 个主要共有成分在各部分的分布情况并不像预期的那样,在 3 个部位含量的从外向内依次显著递减。但结合特征图谱的共有峰数和样品 PCA 图来看,栓皮部提取液能分离出更多的成分且浓度稍高,木质部提取液分离出的成分少且浓度较低,韧皮部则介于两者之间。

本实验研究的对象是亳州栽培芍药的新鲜根,采挖后立即洗净泥土,分取栓皮、韧皮和木质部,药材稍干后分取较困难。对于提取溶剂的选择,文献资料报道的主要有乙醇-水、甲醇-水的不同比例,在这些研究的基础上,笔者发现这些不同比例溶剂对成分的提取效率稍有差异,但对芍药中常见成分提取的影响并不显著,因此选用 50% 乙醇提取;流动相与检测波长的选择,基于已有的文献报道,采用乙腈-0.1% 磷酸水溶液梯度洗脱,检测波长选择为 230 nm;数据结果分析处理的方法亦参考了相似的文献报道^[16-20]。中药白芍的加工中需去皮,一般去皮处理,除去的不仅有栓皮,还有少部分的韧皮。由含量测定结果可知,去皮与否对芍药苷含量影响不大,对芍药内酯苷和苯甲酸的含量影响较大,这或许是导致白芍、赤芍功效不同的原因之一。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:105-158.
- [2] 王孝涛. 历代炮制法汇编 [M]. 南昌:江西科学技术出版社,1998:73-75.
- [3] 唐慎微. 大观本草[M]. 尚志钧,点校. 合肥:安徽科学技术出版社,2003:269.

- [4] 罗淳. 浅谈赤芍与白芍的历史源流、划分及应用[J]. 光明中医,2011,26(11):2356-2357.
- [5] 付晓莹,孙慧峰,郭慧敏,等. 赤芍和白芍本质差异及未来发展的思考[J]. 中国现代中药,2016,18(4):452-454.
- [6] 崔虹,朱佳茜,冯秋芳,等. 中药白芍化学成分及生物活性研究进展[J]. 海峡药学,2017,29(9):1-5.
- [7] 任娟,刘晓,李伟东,等. 基于 UHPLC-Q-TOF-MS/MS 的白芍炒制前后化学成分研究 [J]. 世界中医药,2019,14(2):268-273.
- [8] WANG Z,ZHU C,LIU S,et al. Comprehensive metabolic profile analysis of the root bark of different species of tree peonies (Paeonia Sect. Moutan) [J]. Phytochemistry, 2019,163:118-125.
- [9] 冯伟科,郭平. 芍药苷药理作用研究进展[J]. 山东中医杂志,2019,38(1):105-108.
- [10] 唐菀泽,马卫列,丁航,等. 氧化芍药苷对泡沫细胞胆固醇流出的影响[J]. 中国现代医学杂志,2017,27(16):6-11.
- [11] 张二力,李洋,戈宏焱,等. 苯甲酰芍药甙对冠心病模型大鼠心肌细胞凋亡的影响[J]. 中国实验诊断学,2011,15(4):609-610.
- [12] 李惠晨,胡伟,丁井永. 五没食子酰葡萄糖抗肿瘤的作用研究进展[J]. 现代肿瘤医学,2014,22(9):2255-2258.
- [13] 封亮,柯仲成,汪刚,等. 赤芍萜苷组分抗缺血缺氧损伤的代表性成分的发现与验证 [J]. 药学报,2018,53(12):1954-1962.
- [14] 徐苏丽,邢丽花,任霞,等. 徽州地区菊花的指纹图谱鉴别及其评价研究[J]. 安徽中医药大学学报,2019,38(4):85-89.
- [15] 张威,刘玉梅,吕秉鼎,等. 秦岭地区北柴胡指纹图谱[J]. 中成药,2019,41(4):946-950.
- [16] 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):708-711.
- [17] 刘丛彬,夏淑媛,刘松照,等. UPLC 法同时测定川白芷中 5 种香豆素成分的含量[J]. 云南中医学院学报,2018,41(4):88-92.
- [18] 金林,赵万顺,郭巧生,等. 芍药根化学成分分布及加工工艺研究[J]. 中国中药杂志,2015,40(10):1953-1959.
- [19] MING K,XU J,LIU H H,et al. Effects of boiling duration in processing of White Paeony Root on its overall quality evaluated by ultra-high performance liquid chromatography quadrupole/time-of-flight mass spectrometry based metabolomics analysis and high performance liquid chromatography quantification [J]. Chin J Nat Med, 2017,15(1):62-70.
- [20] XIAO C,WU M,CHEN Y,et al. Revealing metabolomic variations in Cortex Moutan from different root parts using HPLC-MS method. [J]. Phytochem Anal,2015,26(1):89-93.