

白芍 UPLC 指纹图谱研究

金 林¹, 赵万顺², 郭巧生^{1*}, 张文生², 张洪波², 叶正良^{3*}

1. 南京农业大学中药材研究所, 江苏 南京 210095

2. 天士力制药集团股份有限公司, 天津 300402

3. 天士力控股集团有限公司, 天津 300402

摘要: 目的 建立白芍 UPLC 指纹图谱测定方法, 对不同产地白芍的质量进行较全面的评价。方法 色谱柱 ACQUITY UPLC[®] HSS T3 (100 mm×2.1 mm, 1.8 μm), 以乙腈-0.05%磷酸水溶液为流动相进行梯度洗脱, 检测波长 230 nm, 柱温 30 °C, 体积流量 0.4 mL/min。采用相似度评价、聚类分析、主成分分析 3 种方法对 23 批白芍饮片指纹图谱进行研究。结果 建立了白芍饮片的专属性 UPLC 指纹图谱, 确定了 8 个共有峰; 23 批白芍样品质量差异较大, 不同产地间和同一产地内样品均具有一定差异。结论 该方法简便、易行, 为白芍饮片的质量控制提供了较为有效的快速评价方法。

关键词: 白芍; UPLC; 指纹图谱; 相似性分析; 聚类分析; 主成分分析

中图分类号: R286.022 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2015)23-3564-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.23.020

UPLC fingerprint of *Paeoniae Alba Radix* from different regions

JIN Lin¹, ZHAO Wan-shun², GUO Qiao-sheng¹, ZHANG Wen-sheng², ZHANG Hong-bo², YE Zheng-liang³

1. Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2. Tasly Pharmaceutical Group Company Limited, Tianjin 300402, China

3. Tasly Holding Group Company Limited, Tianjin 300402, China

Abstract: Objective To establish a UPLC fingerprint method of *Paeoniae Alba Radix*, and provide comprehensive evaluation of their quality in different regions. **Methods** The UPLC chromatographic column was Acquity UPLC[®] HSS T3 (100 mm × 2.1 mm, 1.8 μm). The mobile phase was acetonitrile-0.05% phosphoric acid water with gradient elution. The detection wavelength was 230 nm and column temperature was 30 °C with the flow rate of 0.4 mL/min. Similarity analysis, hierarchical clustering analysis, and principal component analysis were undertaken to study 23 sets of UPLC fingerprints of *Paeoniae Alba Radix*. **Results** A specific UPLC fingerprint of *Paeoniae Alba Radix* was established and eight common peaks were designated. The results showed that the qualities of the 23 sets of *Paeoniae Alba Radix* were not stable and the samples collected from same region and different regions both had certain differences. **Conclusion** UPLC fingerprint is an available and convenient method which can be used to access the quality of *Paeoniae Alba Radix* rapidly.

Key words: *Paeoniae Alba Radix*; UPLC; chromatographic fingerprint; similarity analysis; hierarchical clustering analysis; principal component analysis

白芍为毛茛科植物芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. 的干燥根, 多产于安徽、浙江、山东等地, 具有养血调经、敛阴止汗、柔肝止痛、平抑肝阳之效^[1]。现代药理研究表明, 白芍具有抗炎、调节免疫、抗类风湿性关节炎、保护内皮细胞、神经保护等药理作用^[2-9], 临床应用广泛。白芍所含的化学成分种类

复杂, 以萜苷类化合物为主, 此外还含有黄酮类、鞣质、芳香酸及其酯类等多种活性物质, 因此, 仅以芍药苷等单萜糖苷类化合物的量作为白芍质量的评价指标是不全面的^[10-12]。

近年来, 指纹图谱技术已被广泛用于中药的质量控制领域, 因其可较全面地反映中药材及植物药

收稿日期: 2015-02-12

作者简介: 金 林 (1990—), 女, 安徽芜湖人, 硕士在读, 研究方向为中药材质量控制。E-mail: 2012104202@njau.edu.cn

*通信作者 郭巧生, 教授, 博士生导师。Tel: (025)84395980 E-mail: gqs@njau.edu.cn

叶正良, 研究员, 硕士生导师。Tel: (022)86342066 E-mail: yzl@tasly.com

产品的药效学物质特征, 评价其稳定性及一致性而受到国际的认可^[13-14]。超高效液相色谱 (UPLC) 比高效液相色谱 (HPLC) 具有更高的分离速度、精确度与灵敏度, 可大大缩短分析时间, 实现指纹图谱的快速获得, 提高中药质量评价效率。故本实验运用中药指纹图谱技术, 利用 UPLC 对不同产地的 23 批白芍饮片进行快速测定, 建立了白芍饮片的 UPLC 指纹图谱, 并用相似度分析、聚类分析和主成分分析 3 种方法对不同产地白芍饮片的质量进行评价。

1 仪器与试剂

ACQUITY UPLC™ 液相色谱仪 (包括四元高压泵系统, 在线脱气系统, 自动进样器, 柱温箱和 TUV 检测器, 数据采集与处理采用 Empower 3.0 色谱工作站, 美国 Waters 公司); KQ3200E 型超声波清洗器 (昆山市超声仪器有限公司); XS204 型分析天平 (美国 Mettler Toledo 公司); Milli-Q® 型纯水仪 (美国 Millipore 公司)。

乙腈为色谱纯 (德国 Merck 公司); 磷酸为色谱纯 (天津市光复精细化工研究所)。没食子酸 (质量分数 89.9%, 批号 110831-201204)、芍药苷 (质量分数 94.9%, 批号 110736-201337)、苯甲酸 (质量分数 100%, 批号 100419-201302)、儿茶素 (质量分数 97.2%, 批号 110877-201203) 对照品均购自中国食品药品检定研究院。芍药内酯苷 (质量分数 98%, 批号 20130625)、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰基葡萄糖 (质量分数 98%, 批号 20140511) 均购自天津士兰科技有限公司。

白芍饮片样品来源见表 1, 经南京农业大学中药材研究所郭巧生教授鉴定, 23 批次样品均为白芍 *Paeonia lactiflora* Pall. 的干燥饮片。

2 方法与结果

2.1 溶液的制备

2.1.1 对照品溶液的制备 精密称取各对照品适量, 配制成含没食子酸、芍药苷、苯甲酸、儿茶素、芍药内酯苷、1,2,3,4,6-*O*-五没食子酰基葡萄糖质量浓度分别为 15.07、5.49、11.79、35.15、7.87、7.84、 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液, 摇匀, 4℃贮藏, 备用。

2.1.2 供试品溶液的制备 精密称取白芍饮片粉末 (过 4 号筛) 0.1 g, 置于 5 mL 量瓶中, 加入 70%乙醇适量, 超声提取 20 min, 取出静置, 冷却至室温, 用 70%乙醇定容至刻度, 经 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 即得。

2.2 色谱条件

色谱柱: ACQUITY UPLC® HSS T3 (100 mm×

表 1 23 批次白芍饮片的来源
Table 1 Origins of 23 batches of samples

样品号	产地	样品号	产地
S1	安徽	S13	安徽
S2	安徽	S14	安徽
S3	安徽	S15	浙江
S4	安徽	S16	浙江
S5	安徽	S17	浙江
S6	安徽	S18	浙江
S7	安徽	S19	山东
S8	安徽	S20	山东
S9	安徽	S21	山东
S10	安徽	S22	山东
S11	安徽	S23	山东
S12	安徽		

2.1 mm, 1.8 μm); 流动相为乙腈 (A) -0.05%磷酸水溶液 (B), 洗脱梯度: 0~0.5 min, 7%~14% A; 0.5~3 min, 14% A; 3~5.5 min, 14%~18% A; 5.5~6 min, 18%~20% A; 6~9 min, 20%~22% A; 9~9.5 min, 22%~40% A; 9.5~11 min, 40%~50% A; 11~11.5 min, 50%~100% A; 11.5~12 min, 100% A; 12~12.5 min, 100%~7% A; 12.5~14 min, 7% A; 检测波长 230 nm; 柱温 30℃; 体积流量 0.4 mL/min; 进样量 2 μL 。

2.3 方法学考察

2.3.1 精密度考察 取 S1 号样品制备供试品溶液 1 份, 在“2.2”项色谱条件下连续进样 6 次, 测得各共有峰的相对保留时间 RSD<1.0%, 共有峰的相对峰面积 RSD<3.0%; 采用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012.1 版本)”软件进行处理, 6 次进样图谱与对照图谱相似度均为 1.0, 说明该方法精密度良好。

2.3.2 重复性考察 取 S1 号样品制备供试品溶液 6 份, 在“2.2”项色谱条件下进样分析, 测得各共有峰的相对保留时间 RSD<1.0%, 共有峰的相对峰面积 RSD<5.0%; 采用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012.1 版本)”软件进行处理, 6 份样品图谱与对照图谱的相似度均高于 0.99, 说明所用方法重复性良好。

2.3.3 稳定性考察 取 S1 号样品制备供试品溶液 1 份, 分别在 0、2、4、6、8、10、12、24 h 进样检测, 测得各共有峰的相对保留时间 RSD 小于 2.0%, 共有峰的相对峰面积 RSD<5.0%; 采用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012.1 版本)”软件进行处理, 8 次进样图谱与对照图谱的相似度均高于 0.99, 说明样品溶液在 24 h 内稳定。

2.3.4 耐用性考察 通过轻微调整流动相中磷酸比例(0.045%、0.050%、0.055%),色谱柱(使用2根编号不同但型号相同的色谱柱),柱温(28、30、32℃)和体积流量(0.395、0.400、0.405 mL/min)条件,对色谱条件进行耐用性考察。测得各共有峰的相对保留时间 $RSD < 2.0\%$, 共有峰的相对峰面积 $RSD < 5.0\%$; 采用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.1 版本)”软件进行处理,各条件下所得图谱与对照图谱的相似度均高于 0.99,说明液相方法耐用性良好。

2.4 样品测定及指纹图谱的建立

取 23 批白芍饮片样品按“2.1”项下方法制备供试品溶液,在“2.2”项色谱条件下检测,记录色谱图。对所有样品的色谱图进行统一积分后,将所有数据导入国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.1 版本)”软件进行处理。S1 号样品色谱图中色谱峰峰形、分离度良好,基线平整,故选择其为参照指纹图谱。为减小极端数据的影响,选择中位数法作为对照指纹图谱的生成方法,时间窗宽度设为 0.1,运用多点校正方法对色谱峰进行全谱峰匹配,见图 1,并生成对照指纹图谱。

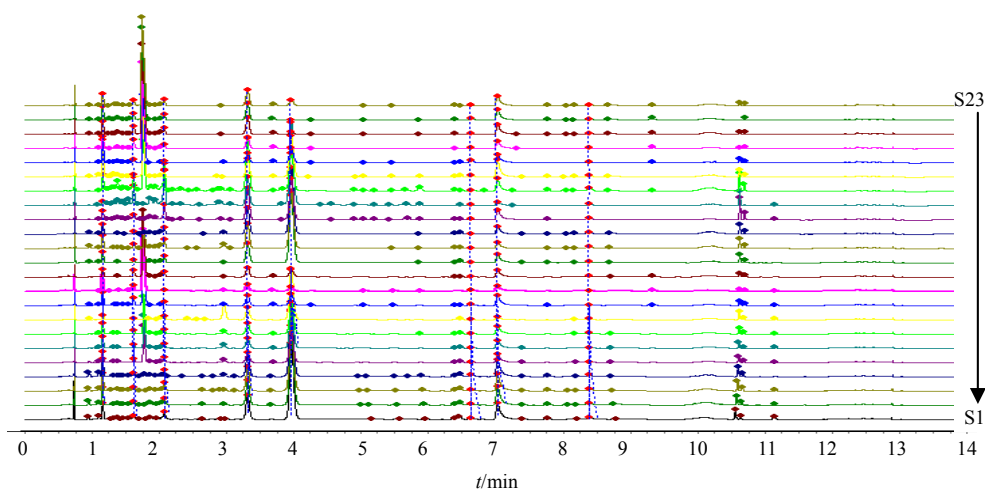


图 1 23 批白芍饮片色谱峰匹配图

Fig. 1 Match chromatogram of 23 batches of *Paeoniae Radix Alba*

从 23 批白芍样品的指纹图谱中共得到 8 个共有峰,见图 2。通过与对照品色谱图中的保留时间比对,初步可指认 6 个共有峰,其中 4 号峰分离度好,峰位居中,故以其为参照峰,计算其余各共有峰的相对保留时间和相对峰面积,结果发现,8 个共有峰的相对

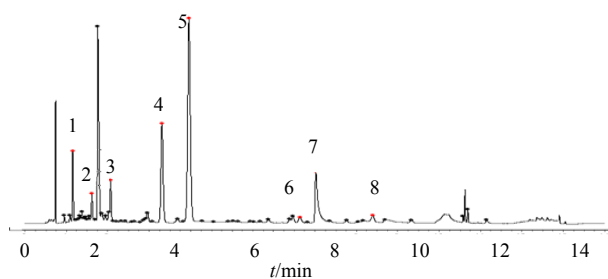
保留时间 RSD 值均小于 1.0%,表明方法的重复性较好;相对峰面积 RSD 值的范围为 17.8%~80.8%,说明不同批次间白芍饮片的化学成分量存在差异。

2.5 白芍饮片指纹图谱的评价

2.5.1 相似度评价 在上述数据处理的基础上,利用国家药典委员会“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.1 版本)”软件对 23 批不同产地的白芍饮片进行相似度评价,结果见表 2。

23 批次白芍样品与对照指纹图谱的相似度范围为 0.532~0.993,说明白芍饮片样品的质量存在一定差异。其中,安徽产样品 S1~S8、S12~S14 和浙江产样品 S15~S18 与对照指纹图谱的相似度均大于 0.85;安徽产样品 S9~S11 与山东产样品 S19~S23 与对照指纹图谱的相似度都小于 0.80,说明安徽和浙江的样品质量较为接近,山东白芍与皖浙白芍差异较大。

2.5.2 聚类分析 选择白芍指纹图谱中 8 个共有峰,将其峰面积相对于称样量量化,形成 8×23 阶



1-没食子酸 3-儿茶素 4-芍药内酯苷 5-芍药苷 6-苯甲酸
7-1,2,3,4,6-O-五没食子酰基葡萄糖
1-gallic acid 3-catechin 4-albiflorin 5-paeoniflorin 6-benzoic acid
7-1,2,3,4,6-O-pentagalloylglucose

图 2 白芍饮片的共有模式图谱

Fig. 2 Total pattern diagram of *Paeoniae Radix Alba*

表 2 白芍饮片指纹图谱相似度评价

Table 2 Fingerprint similarity of *Paeoniae Radix Alba*

样品号	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	R
S1	1.000																							
S2	0.999	1.000																						
S3	0.999	0.999	1.000																					
S4	0.998	0.998	0.998	1.000																				
S5	0.886	0.887	0.885	0.895	1.000																			
S6	0.938	0.937	0.938	0.944	0.989	1.000																		
S7	0.898	0.899	0.898	0.906	0.999	0.993	1.000																	
S8	0.960	0.958	0.961	0.960	0.849	0.910	0.863	1.000																
S9	0.371	0.374	0.369	0.388	0.751	0.650	0.732	0.315	1.000															
S10	0.216	0.219	0.215	0.234	0.631	0.520	0.610	0.170	0.976	1.000														
S11	0.298	0.301	0.296	0.314	0.698	0.591	0.679	0.252	0.993	0.981	1.000													
S12	0.993	0.992	0.994	0.992	0.873	0.932	0.889	0.975	0.342	0.191	0.275	1.000												
S13	0.981	0.980	0.980	0.982	0.913	0.954	0.926	0.970	0.445	0.303	0.386	0.985	1.000											
S14	0.990	0.989	0.989	0.989	0.875	0.929	0.891	0.973	0.358	0.208	0.295	0.996	0.994	1.000										
S15	0.942	0.938	0.936	0.943	0.848	0.878	0.857	0.882	0.403	0.256	0.343	0.925	0.950	0.946	1.000									
S16	0.962	0.954	0.961	0.956	0.846	0.902	0.861	0.950	0.333	0.188	0.281	0.972	0.970	0.972	0.931	1.000								
S17	0.749	0.746	0.741	0.754	0.845	0.811	0.844	0.679	0.691	0.595	0.664	0.723	0.816	0.766	0.882	0.767	1.000							
S18	0.827	0.830	0.826	0.838	0.983	0.954	0.980	0.760	0.819	0.719	0.768	0.805	0.858	0.811	0.811	0.772	0.865	1.000						
S19	0.436	0.439	0.435	0.453	0.794	0.704	0.777	0.381	0.991	0.970	0.976	0.410	0.507	0.423	0.452	0.393	0.710	0.860	1.000					
S20	0.108	0.110	0.106	0.124	0.545	0.423	0.522	0.061	0.961	0.983	0.979	0.082	0.198	0.102	0.163	0.091	0.536	0.634	0.932	1.000				
S21	0.153	0.156	0.149	0.169	0.577	0.456	0.555	0.099	0.968	0.981	0.985	0.124	0.246	0.150	0.224	0.135	0.596	0.667	0.940	0.996	1.000			
S22	0.122	0.126	0.119	0.138	0.551	0.427	0.528	0.067	0.961	0.979	0.979	0.092	0.214	0.118	0.194	0.099	0.572	0.645	0.932	0.996	0.999	1.000		
S23	0.206	0.209	0.203	0.222	0.622	0.506	0.602	0.155	0.979	0.984	0.993	0.180	0.298	0.204	0.268	0.188	0.622	0.706	0.956	0.993	0.998	0.995	1.000	
R	0.896	0.896	0.894	0.903	0.992	0.982	0.993	0.851	0.736	0.617	0.687	0.883	0.931	0.893	0.887	0.869	0.897	0.981	0.779	0.532	0.571	0.544	0.615	1.000

R-对照指纹图谱

R-control fingerprint

数据矩阵, 导入 SPSS 13.0 软件进行 Q 型聚类分析。采用组间连接法, 以余弦距离法作为样品间距离计算方法进行系统聚类分析, 聚类结果见图 3。

当判别条件距离为 15 时, 23 批白芍样品被分为 2 大类: 一类包含 S1~S8、S12~S18, 即浙江产白芍样品和大部分安徽产白芍样品被聚到一类; 另一类包含 S9~S11、S19~S23, 即山东产白芍样品和 3 批安徽产白芍样品被聚为一类。当判别条件距离为 5 时, S1~S8、S12~S14 11 批安徽产白芍样品和 S16、S18 2 批浙江产白芍样品被聚为一类; 另 2 批浙江产样品 S15、S17 被聚成一类; 4 批山东产白芍聚为一类; S9、S11、S19 3 批样品聚为一类; S10 样品单独聚为一类。说明安徽产和浙江产白芍质量较为相似, 而产地山东的白芍与产地安徽、浙江的白芍差异较大; S10 为陈品药材, 内在品质已发生较大变化, 故单独成一类; S9、S11、S19 未与其所属产地聚为一类, 而是三者自成一类, 表明即使是同一产地所产白芍饮片, 质量也不尽相同, 与相似度分析的评价结果相一致。

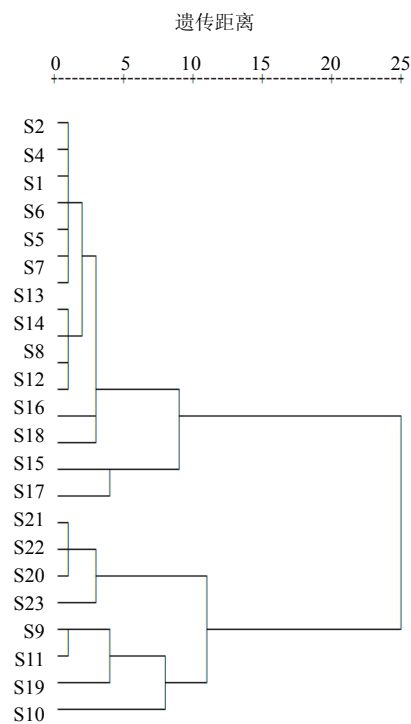


图 3 聚类分析结果

Fig. 3 Results of hierarchical cluster analysis

2.5.3 主成分分析 用 SPSS 13.0 软件对量化的各共有峰峰面积进行标准化处理后,对 23 批白芍样品指纹图谱所得的 8 个共有峰进行主成分分析,求出相关矩阵的特征值及其方差,见表 3。前 3 个因子的累积方差贡献率达到 88.213%,大于 85%,可代表白芍指纹图谱 8 个共有峰的大部分信息,故选取第 1、2、3 个因子分别作为主成分 1、2 和 3。

表 3 主成分特征值及方差

Table 3 Eigen value and total variance of principal component

主成分	特征根值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	3.399	42.493	42.493
2	2.429	30.365	72.858
3	1.228	15.356	88.213
4	0.409	5.116	93.329
5	0.274	3.423	96.752
6	0.210	2.629	99.381
7	0.031	0.391	99.772
8	0.018	0.228	100.000

主成分载荷矩阵反映了各变量对主成分的贡献大小和作用方向。由表 4 可见,8 个变量对主成分 1 皆成正相关,其中以共有峰 4、8 和 3 对其的贡献最大;共有峰 1、6 和 7 对主成分 2 贡献最大;共有峰 5 和 2 对主成分 3 的贡献最大,且共有峰 5 与主成分 3 呈负相关。

对上述主成分载荷值进行计算,得出各主成分的线性模型: $Y_1=0.084 X_1+0.346 X_2+0.453 X_3+0.520 X_4+0.336 X_5+0.079 X_6+0.202 X_7+0.488 X_8$; $Y_2=0.560 X_1-0.277 X_2-0.277 X_3-0.022 X_4-0.004 X_5+0.519 X_6+0.505 X_7+0.090 X_8$; $Y_3=0.255 X_1+0.535 X_2+0.231 X_3-0.012 X_4-0.597 X_5+0.387 X_6-0.235 X_7-0.180 X_8$; $Y=0.278 X_1+0.165 X_2+0.163 X_3+0.241 X_4+0.056 X_5+0.284 X_6+0.230 X_7+0.235 X_8$ 。其中, Y_1 、 Y_2 、 Y_3 分别表示第 1、2、3 个主成分, Y 代表

表 4 主成分载荷矩阵

Table 4 Component matrix

共有峰	主成分		
	1	2	3
1	0.155	0.873	0.283
2	0.638	-0.431	0.593
3	0.835	-0.432	0.256
4	0.959	-0.034	-0.013
5	0.619	-0.007	-0.662
6	0.146	0.809	0.429
7	0.372	0.787	-0.260
8	0.899	0.141	-0.200

结合 3 个主成分得到的综合主成分, $X_1 \sim X_8$ 分别表示 8 个共有峰峰面积的标准化数据。

将各样本数据代入上述模型后,得到各批次样本的主成分得分,见表 5;并以样品的第 1、2、3 主成分得分做三维散点图,见图 4。

图 4 中样品 S1~S4、S12~S15、S18 分布较近,说明部分安徽产白芍和 2 批浙江产白芍质量较为接近; S5~S11、S19~S23 样品分布较近,说明部分安徽产白芍和山东产白芍质量接近;而 S16 和 S172 批产地为浙江产白芍样品分布位置较为独立。

表 5 样本主成分得分

Table 5 PCA score of samples

样品号	Y_1	Y_2	Y_3	Y
1	1.46	1.28	-1.12	0.95
2	2.04	2.09	-1.28	1.48
3	1.38	1.42	-1.11	0.96
4	1.11	2.04	-0.73	1.11
5	-1.42	-0.63	-0.37	-0.97
6	-1.54	-0.55	-0.50	-1.02
7	-1.42	-0.70	-0.52	-1.02
8	-1.67	-1.97	-1.33	-1.72
9	-1.54	-0.02	0.64	-0.64
10	-2.07	0.82	1.54	-0.45
11	-1.90	-1.52	0.27	-1.39
12	-0.14	-0.60	-1.45	-0.52
13	0.44	-0.97	-0.92	-0.28
14	0.47	-0.80	-1.54	-0.32
15	1.50	-0.46	-0.09	0.55
16	3.03	-3.95	1.13	0.30
17	5.21	-0.42	2.02	2.72
18	0.41	2.80	0.23	1.20
19	-1.56	2.52	1.69	0.41
20	-1.63	-0.34	1.10	-0.71
21	-0.59	-0.37	0.80	-0.27
22	-0.63	0.82	1.24	0.19
23	-0.93	-0.48	0.31	-0.56

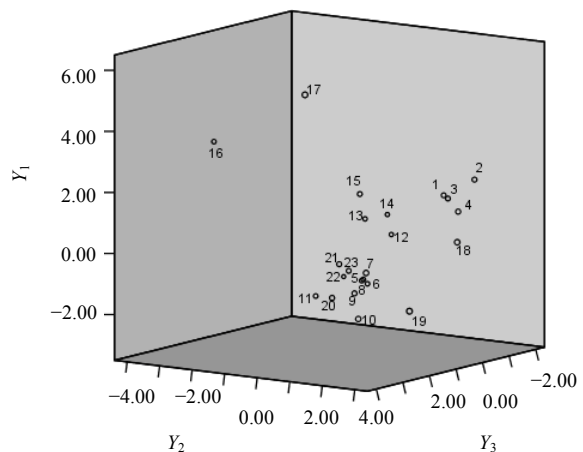


图 4 主成分得分图

Fig. 4 PCA score figure

3 讨论

本实验对色谱条件中的流动相体系和检测波长进行考察。考察了乙腈-水、乙腈-0.05%磷酸和乙腈-0.1%甲酸 3 种流动相体系,发现以乙腈-水为流动相,样品分离效果较差;以乙腈-0.1%甲酸为流动相,图谱基线不平,因此三者中以乙腈-0.05%磷酸为流动相的图谱效果最佳。对 210、230、250、270 nm 不同波长进行考察,发现在 230 nm 下,图谱的信息较为全面,各色谱峰响应值较高,基线较为平稳,故选择 230 nm 作为检测波长。

对不同提取溶剂及热回流、超声不同提取方法进行考察,从提取的全面性、稳定性、操作便捷性等方面考虑,选择 50%乙醇为白芍的提取溶剂、超声法为白芍的提取方法。又运用单因素结合响应面法,选择料液比、乙醇浓度和超声时间 3 个因素优化白芍饮片指纹图谱的提取工艺,优化所得的白芍超声提取最佳工艺为料液比 50 mL/g、乙醇体积分数 70%、超声时间 20 min。

本实验依次运用相似度分析、聚类分析和主成分分析 3 种方法对不同产地的白芍饮片 UPLC 指纹图谱进行分析。由相似度评价结果发现,23 批白芍饮片中仅 6 批样品的指纹图谱相似度在 0.9 以上,说明白芍饮片质量的差异较大,分析与白芍原药材本身的内在质量存在很大差异有关^[15],以及白芍饮片的加工方法不一致有关。从 23 批白芍样品的指纹图谱中得到了 8 个共有色谱峰,虽共有峰个数较同类研究中少^[16],但在已知的 6 个共有峰中包括了 2 种单萜苷类成分、2 种有机酸类成分、1 种鞣质类成分和 1 种黄酮类成分,说明通过本方法可综合全面地反映白芍饮片的质量。从聚类分析结果可得出山东与浙江 2 个产地间的白芍样品质量差别较大,不能聚为一类,可能由于 2 个产地地理位置相隔较远,生长环境等各方面因素差别较大所致;安徽产与浙江产白芍饮片质量较为相近,与童黄锦等^[17]研究结果一致;但安徽产白芍样品又不能完全归为一类,分析与其种植、采收、加工过程中的操作不统一有关。利用主成分分析将白芍饮片指纹图谱中的 8 个特征变量降维至 3 个主成分,并得出综合主成分模型,可方便白芍饮片指纹图谱的数据分析,大大缩短白芍质量的评价时间。此外,对于白芍饮片指纹图谱中共有色谱峰的定性,还需要借助液质联用、核磁共振等手段进行进一步确认。

参考文献

- [1] 中国药典. [S]. 一部. 2010.
- [2] 高明, 赵 镭, 赵光树. 白芍和赤芍 HPLC 指纹图谱比较研究 [J]. 中草药, 2010, 41(11): 1904-1906.
- [3] Chang Y, Zhang L, Wang C, *et al.* Paeoniflorin inhibits function of synoviocytes pretreated by rIL-1 α and regulates EP4 receptor expression [J]. *J Ethnopharmacol*, 2011, 137(3): 1275-1282.
- [4] Koo Y K, Kim J M, Koo J Y, *et al.* Platelet anti-aggregatory and blood anti-coagulant effects of compounds isolated from *Paeonia lactiflora* and *Paeonia suffruticosa* [J]. *Pharmazie*, 2010, 65(8): 624-628.
- [5] 张源潮, 孙红胜, 潘正伦, 等. 白芍总苷在风湿免疫病中的研究进展 [J]. 世界临床药物, 2010, 31(8): 449-453.
- [6] Chang Y, Wei W, Zhang L, *et al.* Effects and mechanisms of total glucosides of paeony on synoviocytes activities in rat collagen-induced arthritis [J]. *J Ethnopharmacol*, 2009, 121(1): 43-48.
- [7] Chen T, Guo Z P, Jiao X Y, *et al.* Protective effects of peoniflorin against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in human umbilical vein endothelial cells [J]. *Can J Physiol Pharmacol*, 2011, 89(6): 445-453.
- [8] 王国峰, 陈冬梅. 芍药苷诱导药理预适应抗脑缺血的神经保护作用 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2007, 12(5): 504-511.
- [9] 崔广智, 金树梅. 芍药苷对强迫游泳小鼠脑内单胺递质的影响 [J]. 天津中医药大学学报, 2012, 31(2): 83-84.
- [10] 张丽宏, 顾雪竹, 钮正鑫, 等. 白芍的传统规格等级与内在成分的相关性研究 [J]. 中成药, 2012, 34(3): 535-538.
- [11] 朱如彩, 蔡 萍, 李 雅, 等. 不同产地白芍 HPLC 指纹图谱及芍药苷和芍药内酯苷含量的比较研究 [J]. 湖南中医药大学学报, 2012, 32(3): 34-37.
- [12] 严倩茹, 邬伟魁. 白芍饮片的质量现状与质量控制方法研究进展 [J]. 药物评价研究, 2015, 38(2): 229-232.
- [13] 李 强, 杜思邈, 张忠亮, 等. 中药指纹图谱技术进展及未来发展方向展望 [J]. 中草药, 2013, 44(22): 3095-3104.
- [14] 罗格莲, 郑孝勇. 指纹图谱技术在中药鉴定中的应用 [J]. 药学研究, 2013, 32(2): 112-114.
- [15] 王文燕, 赵 强, 张铁军, 等. 白芍的 HPLC 指纹图谱及模式识别研究 [J]. 中草药, 2009, 40(11): 1810-1814.
- [16] 王 巧, 刘荣霞, 于海兰, 等. 白芍与赤芍 HPLC 指纹图谱研究 [J]. 中国药学杂志, 2007, 42(8): 581-584.
- [17] 童黄锦, 白发平, 汪小莉, 等. 不同产地白芍药材的指纹图谱研究 [J]. 中医学报, 2014, 29(9): 1326-1329.