

## 基于“质-量”双标的白芍质量分析方法研究

赵淼<sup>1</sup>, 包永睿<sup>1,2,3</sup>, 王帅<sup>1,2,3</sup>, 李天娇<sup>1,2,3</sup>, 韩凌<sup>4</sup>, 韩晓妮<sup>4</sup>, 孟宪生<sup>1,2,3\*</sup>

1. 辽宁中医药大学药学院, 辽宁 大连 116600
2. 辽宁省中药多维分析专业技术创新中心, 辽宁 大连 116600
3. 辽宁省现代中药研究工程实验室, 辽宁 大连 116600
4. 华润三九医药股份有限公司, 广东 深圳 518110

**摘要:** 目的 建立以对照药材为基准物质的定性和不依赖多种对照品定量的白芍 *Paeoniae Radix Alba* 药材“质-量”双标控制方法。方法 采用 HPLC 技术建立白芍对照药材的特征图谱, 将其与供试药材图谱进行比对来辨别药材的真伪, 即“质”; 采用内标物质对特征峰化学成分进行相对定量来区分药材的优劣, 即“量”。结果 建立的白芍药材“质-量”分析方法符合方法学考察要求, 各供试药材与对照药材的相似度均大于 0.90; 规定了白芍药材特征峰化学成分相对含量下限。结论 该方法简便、快捷、准确, 可以弥补目前白芍药材质量控制的不足, 达到全面控制白芍药材的目的。

**关键词:** 白芍; 对照药材; 质量控制; 特征图谱; 儿茶素; 没食子酰芍药苷; 没食子酸; 氧化芍药苷; 没食子酸甲酯; 芍药内酯苷; 芍药苷; 苯甲酰芍药苷

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)22-7325-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.22.008

## Research on quality analysis method of *Paeoniae Radix Alba* based on “quality-quantity” double standard

ZHAO Miao<sup>1</sup>, BAO Yong-rui<sup>1,2,3</sup>, WANG Shuai<sup>1,2,3</sup>, LI Tian-jiao<sup>1,2,3</sup>, HAN Ling<sup>4</sup>, HAN Xiao-ni<sup>4</sup>, MENG Xian-sheng<sup>1,2,3</sup>

1. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, China
2. Liaoning Multi-dimensional Analysis of Traditional Chinese Medicine Technical Innovation Center, Dalian 116600, China
3. Liaoning Modern Traditional Chinese Medicine Research and Engineering Laboratory, Dalian 116600, China
4. China Resources Sanjiu Medical & Pharmaceutical Co., Ltd., Shenzhen 518110, China

**Abstract: Objective** To establish a “quality-quantity” double standard control method for Baishao (*Paeoniae Radix Alba*), which is qualitative based on the reference traditional Chinese medicinal materials (TCMM) as standard substances and quantitative without relying on multiple reference substances. **Methods** HPLC technology was used to establish the characteristic chromatogram of the TCMM of *Paeoniae Radix Alba*, which was compared with the chromatogram of the tested TCMM to identify the authenticity of the medicinal materials, that is, “quality”. The internal standard material was used to distinguish the merits and demerits of medicinal materials by relative quantification of the chemical constituents of characteristic peaks, that is, “quantity”. **Results** The established “quality and quantity” analysis method of *Paeoniae Radix Alba* met the requirements of methodological investigation, and the similarity between the tested TCMM and the reference TCMM was more than 0.90. The lower limit of the relative content of the chemical components of *Paeoniae Radix Alba* was specified. **Conclusion** This method is simple, fast and accurate, which can make up for the shortage of quality control of *Paeoniae Radix Alba* and achieve the goal of overall control of *Paeoniae Radix Alba*.

**Key words:** *Paeoniae Radix Alba*; reference traditional Chinese medicinal materials; quality control; characteristic chromatogram; catechin; galloylpaconiflorin; gallic acid; oxypaeoniflora; methyl gallate; albiflorin; paeoniflorin; benzoylpaconiflorin

白芍始载于《神农本草经》, 为毛茛科植物芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. 的干燥根, 性微寒, 味微苦、酸, 具有养血调经、敛阴止汗、柔肝止痛、平抑肝阳等功效, 具有抗炎、抗癌、抗氧化、镇痛、护肝等多种药

收稿日期: 2023-05-06

基金项目: 辽宁省教育厅创新团队项目 (LT2017015)

作者简介: 赵淼 (1997—), 女, 硕士研究生, 专业方向为药物质量分析。Tel: 15232489304 E-mail: 284096730@qq.com

\*通信作者: 孟宪生, 男, 博士生导师, 主要从事药效物质组学和作用机制整合研究。E-mail: mxsvvv@126.com

理作用<sup>[1-3]</sup>。现代研究表明,白芍的化学成分众多,以芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷、氧化芍药苷等萜苷类化合物为主,此外还含有黄酮类、芳香酸以及鞣质等多种活性物质<sup>[4]</sup>,因此在评价药材质量时仅对单一成分芍药苷进行定量控制,并不能全面反映白芍药材的整体质量,具有一定的局限性。

HPLC 指纹图谱以表征中药内在质量的整体变化为目的,将多指标成分的定量分析与指纹图谱的整体指认相结合,是目前技术最为成熟、应用最为广泛的中药指纹图谱,为中药材质量鉴别、控制与评价提供了全面、可靠的依据<sup>[5-7]</sup>。但存在着多指标含量测定依赖于多种对照品且某些指标成分不能反映药效、指纹图谱只能模糊地评价药材相似性不能清晰地判断供试品真伪优劣的不足,且中药复杂体系质量评控技术难度和高额成本给中药企业带来了巨大的压力,因而对中药临床合理用药和临床疗效提升的指导和支撑作用一直难以体现。针对上述问题,本实验提出了基于“质-量”双标的白芍质量分析方法研究,以对照药材为基准物质构建特征图谱,并以可代表白芍药效的有限个代表性成分作为特征峰,评价对照药材和供试药材特征峰的相似度,可以用于判断白芍的真伪;选用保留时间稳定且价格低廉易获得的内标物质作为定量评价指标,开展基于内标物质的特征峰化学成分相对定量研究,通过内标物质化学成分准确定量,计算供试药材特征峰化学成分的相对含量。基于“质-量”双标的白芍质量分析方法可有效解决白芍有效成分同时快速测定和中药复杂体系质量评控成本高的问题。

## 1 仪器与材料

### 1.1 仪器

HS6150 型超声波清洗器(天津恒奥科技发展有限公司);ME55 十万分之一电子分析天平(上海梅特勒-托利多仪器有限公司);Agilent-1260 II 高效液相色谱仪;Agilent 6550 Q-TOF-MS 质谱仪(美国安捷伦科技有限公司)。

### 1.2 材料

白芍对照药材(批号 120905-200508,中国食品药品检定研究院)。白芍供试药材信息见表 1,经辽宁中医药大学张慧教授鉴定为毛茛科植物芍药 *P. lactiflora* Pall. 的干燥根;对照品芍药苷(批号 121701-200807)、芍药内酯苷(批号 120823-201608)、儿茶素(批号 121126-201510)、没食子酸(批号 110736-200526)、没食子酸甲酯(批号 111549-201605)、苯

表 1 白芍来源及批号信息

Table 1 Origin and batch information of *Paeoniae Radix Alba*

编号	产地	批号	采收时间	用药部位
S1	四川成都	2019-05-23	2019-05	干燥根
S2	四川峨嵋	2019-06-17	2019-06	干燥根
S3	四川中江	2020-04-23	2020-04	干燥根
S4	浙江杭州	2020-04-21	2020-04	干燥根
S5	浙江磐安	2020-09-16	2020-09	干燥根
S6	安徽大别山	2019-11-20	2019-11	干燥根
S7	安徽亳州	2020-08-23	2020-08	干燥根
S8	云南昆明	2020-06-22	2020-06	干燥根
S9	陕西商洛	2020-07-26	2020-07	干燥根

甲酰芍药苷(批号 110927-200918)均由中国食品药品检定研究院提供;乙腈、甲醇(色谱纯,德国 Merck 公司),水(纯净水,杭州娃哈哈集团有限公司)。

## 2 方法与结果

### 2.1 基于对照药材的白芍药材定性研究

**2.1.1 供试品溶液的制备** 取白芍对照药材粉末 0.5 g,精密称定,用 70%甲醇 25 mL 加热回流 1 h,放置冷却,再次称其质量,用 70%甲醇补足减失质量,摇匀,滤过,取续滤液用 0.22 μm 微孔滤膜滤过,作为参照物溶液;取白芍供试药材粉末(过 4 号筛) 0.5 g,按上述方法制成供试品溶液。

**2.1.2 对照品溶液的制备** 取儿茶素、没食子酸、没食子酸甲酯、芍药内酯苷、芍药苷、苯甲酰芍药苷对照品适量,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 70%甲醇(色谱纯)溶液,使其溶解完全后振荡摇匀,制成儿茶素、没食子酸、没食子酸甲酯、芍药内酯苷、芍药苷、苯甲酰芍药苷质量浓度分别为 0.127、0.174、0.196、0.585、0.720、0.232 mg/mL 的混合对照品溶液。

**2.1.3 色谱条件** 色谱柱:Agilent Poroshell 120 SB-C<sub>18</sub> 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 2.7 μm);流动相为 0.1%甲酸水(A)-乙腈(B),进行梯度洗脱:0~10 min, 5%~27% B; 10~15 min, 27% B; 体积流量 0.6 mL/min;柱温 30 °C;DAD 检测波长 280 nm;进样量 10 μL。

**2.1.4 特征图谱的建立** 将参照物溶液和供试品溶液,每份样品平行 2 次,按色谱条件依次进样检测,记录色谱图。将 280 nm 波长下的图谱数据由分析检测仪器中导入中国药典委员会“中药指纹图谱相似度评价软件(2012.130727 版本),获得白芍药材的 HPLC 特征图谱,见图 1。以白芍对照药材的图

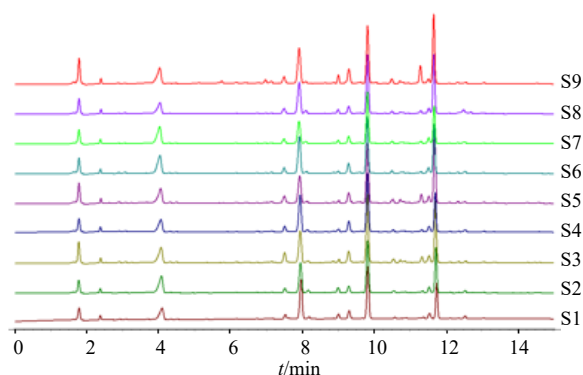


图 1 9 批白芍药材叠加图谱

Fig. 1 Chromatogram overlay of nine batches of *Paeoniae Alba Radix*

谱为参照图谱, 使用中位数进行自动匹配, 加以多点校正, 共标定 16 个共有峰, 共有峰面积占特征图谱的 75% 以上, 其中 10 号峰稳定性、重复性、分离度好、位置居中, 故以其为参照峰 (S); 确定共有色谱峰; 将共有模式与对照药材特征图谱进行比对, 见图 2。供试品色谱中应呈现 16 个特征峰, 应与对照药材色谱图中的 16 个特征峰保留时间相对应, 见表 2。

## 2.2 方法学考察

**2.2.1 专属性试验** 分别取混合对照品溶液、供试品溶液进行测定, 各主峰与杂质峰分离度良好, 专属性强, 见图 3。

**2.2.2 精密度试验** 取白芍 (S1) 批次供试品溶液, 按“2.1.3”项下色谱条件连续进样 6 次, 记录色谱图。结果表明白芍的各共有峰相对保留时间 RSD 不高于 0.23%, 相对峰面积 RSD 不高于 1.38%, 说明仪器性能良好, 符合指纹图谱要求。

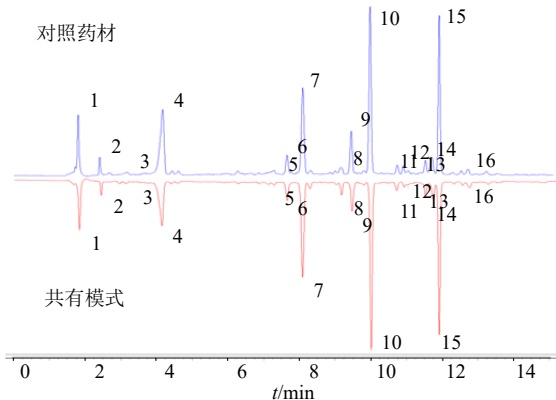


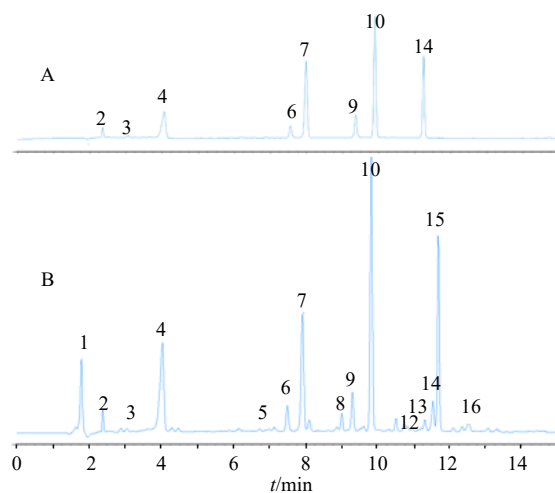
图 2 白芍对照药材特征图谱及供试药材共有模式图

Fig. 2 Characteristic chromatogram of reference traditional Chinese medicinal materials and common model of tested traditional Chinese medicinal materials

表 2 特征峰保留时间及相对保留时间

Table 2 Characteristic peak retention time and relative retention time

峰号	$t_R/\text{min}$	相对保留时间
1	$2.264 \pm 0.060$	$0.230 5 \pm 0.006 2$
2	$2.387 \pm 0.006$	$0.243 0 \pm 0.000 3$
3	$3.071 \pm 0.016$	$0.312 7 \pm 0.000 2$
4	$4.059 \pm 0.023$	$0.413 2 \pm 0.000 7$
5	$7.148 \pm 0.012$	$0.727 7 \pm 0.001 0$
6	$7.509 \pm 0.013$	$0.764 4 \pm 0.000 6$
7	$7.935 \pm 0.020$	$0.807 8 \pm 0.000 5$
8	$9.008 \pm 0.008$	$0.917 0 \pm 0.001 0$
9	$9.299 \pm 0.004$	$0.946 6 \pm 0.001 1$
10	$9.823 \pm 0.005$	1.000 0
11	$9.823 \pm 0.005$	$1.071 6 \pm 0.002 5$
12	$10.527 \pm 0.029$	$1.092 7 \pm 0.000 7$
13	$10.733 \pm 0.010$	$1.154 2 \pm 0.003 2$
14	$11.533 \pm 0.010$	$1.174 1 \pm 0.001 0$
15	$11.697 \pm 0.029$	$1.190 8 \pm 0.002 5$
16	$12.530 \pm 0.021$	$1.275 6 \pm 0.002 0$



2-儿茶素 3-没食子酰芍药苷 4-没食子酸 6-氧化芍药苷 7-没食子酸甲酯 9-芍药内酯苷 10-芍药苷 14-苯甲酰芍药苷  
2-catechin 3-galloylpaconiflorin 4-gallic acid 6-oxypaeoniflora  
7-methyl gallate 9-albiflorin 10-paeoniflorin 14-benzoylpaconiflorin

图 3 混合对照品 (A) 和白芍样品 (B) 色谱图

Fig. 3 Chromatograms of mixed reference substance (A) and *Paeoniae Radix Alba* (B)

**2.2.3 稳定性试验** 取白芍 (S1) 批次供试品溶液, 按“2.1.3”项下色谱条件分别于 0、4、8、12、24、48 h 进样分析, 记录色谱图。各共有峰的相对保留

时间 RSD 不高于 0.68%，相对峰面积 RSD 不高于 2.47%，表明样品制备方法稳定性较好，符合指纹图谱要求。

**2.2.4 重复性试验** 平行制备 6 份白芍 (S1) 批次供试品溶液，按“2.1.3”项下色谱条件进样，记录色谱图。各共有峰的相对保留时间 RSD 不高于 0.23%，相对峰面积 RSD 不高于 1.91%，表明样品制备方法重复性较好，符合指纹图谱要求。

**2.2.5 相似度评价** 采用中国药典委员会“中药指纹图谱相似度评价软件” (2012.130727 版本) 进行数据处理，该软件利用夹角余弦法计算每个色谱图与对照药材图谱相比较的相似度。以特征峰的相似度明确白芍药材真伪。9 批白芍供试药材与对照药材的相似度均大于 0.90，各批次白芍药材具有良好的 consistency。相似度计算结果见表 3。

表 3 白芍药材相似度评价结果

Table 3 Evaluation of similarity for *Paeoniae Radix Alba*

编号	相似度	编号	相似度
S1	0.975	S6	0.995
S2	0.993	S7	0.987
S3	0.994	S8	0.992
S4	0.987	S9	0.982
S5	0.985		

### 2.3 特征峰化学成分解析

在初步采用 Agilent-1260II 高效液相色谱仪利用相对保留时间与对照品比对的基础上，采用 Agilent 6550 Q-TOF-MS 质谱仪，进行质谱分析，运用 Agilent MassHunter Qualitative Analysis 软件，通过对照品比对的方法对正、负离子模式进行化学成分解析，进一步明确特征峰的化学成分。

**2.3.1 色谱分析条件** 色谱柱：Agilent poroshell 120 SB-C<sub>18</sub> 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 2.7 μm)；流动相

为 0.1% 甲酸水 (A)-乙腈 (B)，梯度洗脱：0~10 min, 5%~27% B；10~15 min, 27% B，柱温 30 °C，进样量 1 μL，体积流量为 0.6 mL/min。

**2.3.2 质谱分析条件** 离子模式为电喷雾离子源 (Dual AJS ESI)，采用负离子检测模式，毛细管电压 3.5 kV，干燥气体体积流量 (drying gas flow) 为 13 mL/min，干燥气体温度 (drying gas temp) 为 250 °C，鞘气气体温度 (sheath gas temp) 为 350 °C，雾化器压力 (neulizer pressure) 为 172.4 kPa，碎裂电压 (fragmentor) 为 125 V，二级质谱碰撞电压 20 eV，采集范围 *m/z* 100~1000。

采用 auto MS/MS 模式，利用对照品比对及数据库查询等方法对特征峰化学成分进行解析。负离子模式鉴定出了 16 个特征峰中的 8 个化学成分，依次为儿茶素、没食子酰芍药苷、没食子酸、氧化芍药苷、没食子酸甲酯、芍药内酯苷、芍药苷、苯甲酰芍药苷，鉴定结果见表 4，总离子流图见图 4。

### 2.4 基于内标物质的特征峰化学成分相对定量研究

**2.4.1 线性关系考察** 配制芍药苷的 6 个质量浓度溶液，按色谱条件，分别进样检测，以质量为横坐标 (*X*)，峰面积为纵坐标 (*Y*)，绘制标准曲线并进行线性回归，计算回归方程为  $Y=22.217X-0.5501$ ，*r* 为 0.999 2，在 0.5760~7.200 μg 内线性关系良好。

**2.4.2 精密度试验** 同“2.2.2”项下方法，计算芍药苷相对峰面积 RSD 值均小于 1.68%，表明仪器精密度良好。

**2.4.3 稳定性试验** 同“2.2.3”项下方法，计算芍药苷相对峰面积 RSD 值均小于 2.22%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

**2.4.4 重复性试验** 同“2.2.4”项下方法，计算芍

表 4 白芍药材的 UPLC-Q-TOF-MS 鉴定

Table 4 Identification of *Paeoniae Radix Alba* by UPLC-Q-TOF-MS

峰号	<i>t<sub>R</sub></i> /min	分子式	准分子离子峰	<i>m/z</i>		误差/(×10 <sup>-6</sup> )	碎片离子 <i>m/z</i>	化合物名称
				实测值	理论值			
2	2.14	C <sub>15</sub> H <sub>14</sub> O <sub>6</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	290.079 0	289.071 9	0.34	165.017 0, 109.027 3	儿茶素 <sup>s</sup>
3	3.94	C <sub>30</sub> H <sub>32</sub> O <sub>15</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	632.173 5	631.166 2	1.59	315.003 9, 105.007 9	没食子酰芍药苷 <sup>[10]</sup>
4	3.95	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>5</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	170.020 9	169.013 7	0.58	125.023 3, 97.029 8	没食子酸 <sup>s</sup>
6	5.32	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> O <sub>12</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	496.466 2	495.151 0	0.26	345.114 5, 97.008 4	氧化芍药苷 <sup>[10]</sup>
7	8.15	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>5</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	184.037 2	183.029 4	0.55	124.016 2, 111.008 5	没食子酸甲酯 <sup>s</sup>
9	8.21	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> O <sub>11</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	480.162 6	479.154 6	0.21	435.023 1, 357.027 3	芍药内酯苷 <sup>s</sup>
10	9.44	C <sub>23</sub> H <sub>28</sub> O <sub>11</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	480.174 6	479.155 9	0.21	357.146 8, 121.164 9	芍药苷 <sup>s</sup>
14	11.77	C <sub>30</sub> H <sub>31</sub> O <sub>12</sub>	[M-H] <sup>-</sup>	583.181 6	584.574 1	-0.24	224.993 4, 121.029 1	苯甲酰芍药苷 <sup>s</sup>

<sup>s</sup> 该化合物是由对照品进行指认

<sup>s</sup> This compound was identified using reference standards

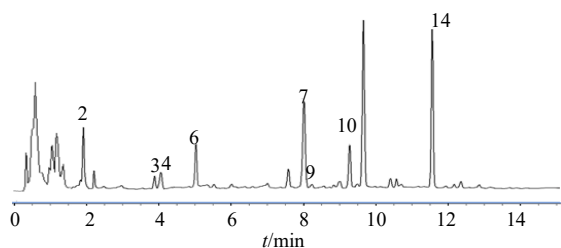


图4 白芍的总离子流图

Fig. 4 Total ion chromatogram of *Paeoniae Radix Alba*

芍药苷相对峰面积 RSD 值均小于 2.21%，表明方法重复性良好。

**2.4.5 加样回收率试验** 精密称定白芍药材粉末 6 份，分别精密加入芍药苷对照品适量，按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液，按“2.1.3”项下色谱条件，分别进样检测，计算得到芍药苷的平均加样回收率为 98.69%，RSD 为 0.98%。

**2.4.6 含量测定** 《中国药典》2020 年版将芍药苷作为评价白芍质量的指标性成分，其含量较高，色谱峰较稳定，故选择芍药苷作为内标物质，开展特征峰相对定量研究。取白芍供试品药材，按“2.1.1”项下方法制备供试品溶液和浓度为 0.720 mg/mL 的芍药苷对照品溶液，按“2.1.3”项下色谱条件分析测定芍药苷含量，每个供试品平行 2 份，结果见表 5。每个供试品中特征峰化学成分的相对含量计算公式如下，取“平均数-标准差”作为特征峰化学成分相对于内标物质化学成分的相对含量下限，供试药材根据此方法测得的特征峰相对含量不低于该含量下限为优<sup>[8]</sup>，结果见表 6。

特征峰化学成分相对含量 = 特征峰峰面积 × (芍药苷含量 / 芍药苷峰面积)

### 3 讨论

现代中药质量评控方法均为科学、合理评价和控制中药质量做出了积极贡献。如今中药质量评控研究虽然取得了重要成就，但中药复杂体系质量评

表5 内标物质的准确定量结果

Table 5 Accurate quantitative results of internal standard substance

编号	芍药苷/%	编号	芍药苷/%
S1	2.117 2	S6	2.269 5
S2	2.135 6	S7	2.092 1
S3	2.825 2	S8	2.420 2
S4	2.365 1	S9	2.371 4
S5	2.452 4		

表6 基于内标物质的特征峰相对定量结果

Table 6 Relative quantitative results of characteristic peaks based on internal standard substance

峰号	化学成分	峰面积	相对含量/%	相对含量下限/%
2	儿茶素	91.145 ± 10.626	0.174 6 ± 0.020 4	0.154 2
3	没食子酰芍药苷	22.314 ± 5.514	0.042 7 ± 0.010 6	0.032 1
4	没食子酸	599.439 ± 102.282	1.148 1 ± 0.195 9	0.952 2
6	氧化芍药苷	153.998 ± 48.414	0.295 0 ± 0.092 7	0.202 3
7	没食子酸甲酯	864.986 ± 126.993	1.656 8 ± 0.243 2	1.413 6
9	芍药内酯苷	232.491 ± 65.248	0.445 3 ± 0.125 0	0.320 3
10(S)	芍药苷	1 221.056 ± 118.76	-	-
14	苯甲酰芍药苷	147.772 ± 20.281	0.283 0 ± 0.038 8	0.244 2

控技术难度和高额成本给中药企业带来了巨大的压力，因而对中药临床合理用药和临床疗效提升的指导和支持作用一直难以体现。为了实现走向精准的中药质量评控和保障临床用药安全有效，需要一种操作相对简便、成本低廉、能科学反映中药药效的多快好省的中药质量评控方法。面对这种现状，本课题组提出了基于“质-量”双标的中药质量控制方法。

白芍为常用中药，由芍药鲜根加工而成，有着十分悠久的药用及食用历史，根据中国药典收载的中成药药品中，含有白芍的复方近百余种，因而白芍需求量高。为了满足需求，白芍在浙江、安徽、四川等地大规模生产<sup>[8]</sup>。中药化学成分复杂、品种来源宽泛，且同物异名、同名异物现象较多，导致中药质量控制评价的难度远远大于西药。随着人们对中医药认识的不断提高，中药需求量持续上升，而道地药材产量有限，供不应求，导致假冒伪劣产品增多<sup>[9]</sup>。

中药质量是中药临床安全有效和促进中医药持续发展的保障。由于中药材多来源、多产地等复杂情况，使中药产品的质量差异悬殊，特别是有效成分的量差异明显。本研究基于“质-量”双标方法，建立了不同产地白芍饮片的 HPLC 指纹图谱，采用廉价易得的芍药苷作为内标，对白芍特征峰展开相对定量研究。本研究将与对照药材相似度好、信噪比大于 10、分离度大于 1.5 作为特征峰的选取依据，共确定了 16 个特征峰。采用质谱技术指认出的特征峰化学成分，从 9 批白芍样品指纹图谱中得到的 8 个已知共有色谱峰中包括 5 种单萜苷类成分、2 种有机酸类成分和 1 种黄酮类成分<sup>[10-12]</sup>。芍药苷、苯甲酰芍药苷、没食子酰芍药苷、芍药内酯苷、氧化芍药

昔等白芍总苷化合物具有抗炎、镇痛、造血、保肝的  
功效<sup>[13-14]</sup>，芍药苷通过抑制肿瘤坏死因子- $\alpha$   
(tumor necrosis factor- $\alpha$ , TNF- $\alpha$ ) 和白细胞介素-6  
(interleukin-6, IL-6) 的产生发挥抗炎活性<sup>[15]</sup>；芍  
药内酯苷通过减少大脑皮层前列腺素 E<sub>2</sub> 的释放发  
挥镇痛作用<sup>[16]</sup>；白芍总苷通过减轻炎症反应，提  
高肝细胞存活率发挥保肝作用<sup>[17]</sup>；没食子酰芍药  
苷通过激活核因子 E2 相关因子 2 信号通路减轻血  
管内皮细胞损伤<sup>[18]</sup>。上述化学成分均为白芍发挥  
其“养血调经，平抑肝养”功效和抗炎、镇痛、增  
加造血功能等药理作用的活性化学成分，能为白  
芍质量控制提供较为科学的依据。

本实验所收集的市面所售不同产地供试品，旨  
在建立基于“质-量”双标的白芍质量分析方法，所  
收集的白芍供试药材与白芍对照药材的相似度均大  
于 0.90，说明所收集的白芍供试药材的特征峰化学  
成分基本一致，但仅采用 9 批不同产地的药材规定  
特征峰相对含量下限，缺乏全面性，因此，需要更  
进一步大量收集不同产地、不同批次的药材，完善  
该套方法。本实验建立的“质-量”双标方法能够在  
不依赖多种对照品的情况下，快捷准确、综合全面  
地反映白芍药材的质量，可以解决白芍药材质量控  
制中指标性成分不能科学地反映药材整体药效、指  
纹图谱不能清晰地判断供试品真伪优劣的问题。该  
方法为中药白芍质量的系统评价和全面的质量控制  
提供了完善的实验依据和理论基础。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 133.
- [2] 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.
- [3] 李丽萍, 张杜娟, 冯坤苗. 白芍总苷治疗类风湿关节炎  
药理作用及机制研究进展 [J]. 山东医药, 2019, 59(26):  
111-113.
- [4] 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.
- [5] 刘东方, 赵丽娜, 李银峰, 等. 中药指纹图谱技术的研  
究进展及应用 [J]. 中草药, 2016, 47(22): 4085-4094.
- [6] 邹纯才, 鄢海燕. 我国中药色谱指纹图谱相似度评价  
方法 30 年 (1988—2017 年) 研究进展与展望 [J]. 中  
国中药杂志, 2018, 43(10): 1969-1977.
- [7] 杨君, 迟美玉, 黄健, 等. 中药质量控制与补虚通瘀颗  
粒各药材研究进展 [J]. 实用药物与临床, 2020, 23(11):  
1042-1046.
- [8] 许晨新, 毛艺蓓, 刘圣金, 等. 基于指纹图谱和化学计  
量学的白芍产地溯源和质量评价 [J]. 食品安全质量检  
测学报, 2022, 13(6): 1849-1858.
- [9] 王宏宇. 中药材及中药饮片补充检验方法质量控制技  
术研究 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2018, 5(23): 181-  
182.
- [10] 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.
- [11] 王倩, 李柳潼, 马永霖, 等. 白芍与赤芍化学成分和药  
理作用比较研究及质量标志物的预测分析 [J]. 中国新  
药杂志, 2021, 30(12): 1093-1098.
- [12] 金林, 赵万顺, 郭巧生, 等. 白芍 UPLC 指纹图谱研究  
[J]. 中草药, 2015, 46(23): 3564-3569.
- [13] Cao W J, Zhang W, Liu J J, et al. Paeoniflorin improves  
survival in LPS-challenged mice through the suppression  
of TNF- $\alpha$  and IL-1 $\beta$  release and augmentation of IL-10  
production [J]. *Int Immunopharmacol*, 2011, 11(2): 172-  
178.
- [14] Wang Q S, Gao T, Cui Y L, et al. Comparative studies of  
paeoniflorin and albiflorin from *Paeonia lactiflora* on anti-  
inflammatory activities [J]. *Pharm Biol*, 2014, 52(9): 1189-  
1195.
- [15] Bi X X, Han L, Qu T G, et al. Anti-inflammatory effects,  
SAR, and action mechanism of monoterpenoids from  
*Radix Paeoniae Alba* on LPS-stimulated RAW 264.7 cells  
[J]. *Molecules*, 2017, 22(5): 715.
- [16] 吴丽, 王丽丽, 费文婷, 等. 芍药苷和芍药内酯苷对小  
鼠疼痛模型的镇痛作用及对  $\beta$ -EP、PGE<sub>2</sub> 的影响 [J]. 中  
华中医药杂志, 2018, 33(3): 915-918.
- [17] 杨山景, 封安杰, 孙越, 等. 白芍总苷的药理作用及机  
制研究进展 [J]. 中国现代应用药学, 2021, 38(13):  
1627-1633.
- [18] 毕静, 白晓雪, 王超. 没食子酰芍药苷通过激活 Nrf2  
信号通路减轻 PM<sub>2.5</sub> 诱导的血管内皮细胞损伤 [J]. 中  
国老年学杂志, 2020, 40(16): 3548-3550.

[责任编辑 时圣明]