

· 基础研究 ·

基于HPLC指纹图谱的白芍及酒白芍比较分析[△]

杨艳玲, 刘彩凤, 黄嘉怡, 杨海菊, 李花花, 杜守颖*, 白洁*

北京中医药大学 中药学院, 北京 102488

[摘要] 目的: 建立白芍及酒白芍的高效液相色谱法(HPLC)指纹图谱, 结合出膏率和指标性成分含量测定, 评价白芍炮制前后的质量属性。方法: 采用HPLC, 以InertSustainSwift™ C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm)为色谱柱, 乙腈-0.1%磷酸溶液为流动相梯度洗脱, 检测波长为230 nm, 柱温为30 ℃, 体积流量为1.0 mL·min⁻¹, 进样量为15 μL, 分别建立白芍药材及炮制品酒白芍的指纹图谱; 采用HPLC测定炮制前后样品中芍药苷的含量; 运用指纹图谱相似度评价方法, 结合出膏率及指标性成分含量测定对白芍和酒白芍进行比较研究。结果: 建立了白芍及酒白芍的HPLC指纹图谱, 标定了30批次样品的8个共有峰。15批白芍及15批酒白芍与各自的对照图谱比较相似度分别为0.988~0.999和0.991~0.999, 生品与炮制品比较相似度达0.999。炮制前后出膏率平均变化幅度为2.45%。含量测定结果表明, 炮制前后芍药苷质量分数变化为-2.13%~0.49%。结论: 建立的方法可对白芍及酒白芍的质量属性进行有效评价, 具有一定的应用价值。

[关键词] 白芍; 酒白芍; 指纹图谱; 相似度评价

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2021)08-1374-06

doi: 10.13313/j.issn.1673-4890.20200718002

Comparative Analysis of *Paeoniae Radix Alba* and Rice Wine-processed *Paeoniae Radix Alba* Based on HPLC
Fingerprint

YANG Yan-ling, LIU Cai-feng, HUANG Jia-yi, YANG Hai-ju, LI Hua-hua, DU Shou-ying*, BAI Jie*

School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China

[Abstract] **Objective:** To establish the high performance liquid chromatography (HPLC) fingerprints for *Paeoniae Radix Alba* (PRA) and rice wine-processed *Paeoniae Radix Alba* (PPRA) and to evaluate the quality of PRA before and after processing based on extraction rate and content of index component. **Methods:** HPLC conditions are as follows: InertSustainSwift™ C₁₈ column (250 mm×4.6 mm, 5 μm), column temperature of 30 ℃, gradient elution with acetonitrile-0.1% phosphoric acid solution, flow rate of 1.0 mL·min⁻¹, injection volume of 15 μL, and detection wavelength of 230 nm. The fingerprints of PRA and PPRA were respectively established and compared and the content of paeoniflorin in the two kinds of samples was determined by HPLC. Based on the similarity of fingerprint, extraction rate, and index component content, the quality of PRA and PPRA was compared. **Results:** According to the HPLC fingerprints, the 15 batches of PRA and 15 batches of PPRA separately shared 8 peaks. The similarities of PRA fingerprints to the reference fingerprints were in the range of 0.988-0.999 and the corresponding range for PPRA was 0.991-0.999. The similarity in fingerprint between the raw and processed products was 0.999. The average variation of extraction rate after processing was 2.45% and the variation of the paeoniflorin content was -2.13%-0.49%. **Conclusion:** The established method can effectively reflect the quality properties of PRA and PPRA, which is of certain application value.

[Keywords] *Paeoniae Radix Alba*; rice wine-processed *Paeoniae Radix Alba*; fingerprint; similarity evaluation

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^[1]。现代研究表明, 白芍所含的化学成分有

[△] [基金项目] 中央高校基本科研业务费专项资金(2020-JYB-ZDGG-031)

* [通信作者] 杜守颖, 博士, 教授, 研究方向: 中药新剂型、新技术; Tel: (010) 84738615, E-mail: dushouying@263.net
白洁, 博士, 副教授, 研究方向: 中药新剂型、新技术; Tel: (010) 84738657, E-mail: baijie22811@163.com

单萜类、三萜类、黄酮类、鞣质、多糖等化合物^[2],具有抗炎、镇痛、保肝、抗氧化等多种药理作用^[3-6]。《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)2020年版白芍项下收录了炒白芍、酒白芍2种炮制品,炒白芍长于养血敛阴,酒白芍长于缓急止痛、缓和酸寒之性^[7]。宋代《扁鹊心书》中首次出现白芍“酒炒”炮制^[8],一直沿用至今。与炒白芍相比,酒白芍的炮制工艺有更多的影响因素,如黄酒用量、浸润时间等。《中国药典》2020年版规定,白芍酒炒时每100 kg饮片的黄酒用量为10~20 kg,但并未规定具体的工艺参数,如温度、时间等。酒白芍炮制工艺的常用评价指标为芍药苷含量,但不同研究者筛选出的最佳炮制条件不完全相同^[9-10]。酒炒会使芍药苷含量降低,也会使其他成分如多糖、苯甲酸等的含量发生变化,从而影响白芍的药效^[11-12]。只以芍药苷作为指标性成分往往过于单一,难以反映中药整体成分群的变化。因此,对酒白芍整体质量进行评价,比较酒炒前后的变化,有利于酒白芍的质量控制及炮制工艺的研究。

指纹图谱具有整体性、模糊性的特点,中药成分复杂,采用指纹图谱技术可以充分反映中药中化学成分的整体状况,适合中药整体质量控制,同时结合指标性成分含量测定和出膏率,有利于从多指标角度比较生品与炮制品的区别^[13-14]。白芍药材主要为栽培品,主产于安徽亳州、四川中江、浙江磐安和山东菏泽^[15-16]。为了比较白芍酒炒前后的变化,且考虑到白芍多以水煎液入药,本实验选择安徽亳州、四川中江、浙江磐安3个主产地的白芍样品,建立了白芍及炮制得到的酒白芍水煎液的指纹图谱,对其进行相似度评价。芍药苷是白芍中的主要活性成分,所以同时选择芍药苷含量作为评价指标,结合炮制前后出膏率变化,对其进行系统的质量研究。

1 材料

1.1 仪器

U3000型高效液相色谱仪(DAD检测器、CM 7.2色谱工作站,赛默飞世尔科技中国有限公司);QE-200型高速万能粉碎机(浙江屹立工贸有限公司);BSA 224S型电子分析天平、BT 125D型电子分析天平(赛多利斯科学仪器北京有限公司);JM-B10002型电子天平(余姚市及纪铭称重校验设备有限公司);HH-6型电热恒温水浴锅(北京科伟永兴仪器有限公

司);SHB-Ⅲ型循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司);DZF-6051型真空干燥器(北京利康达圣科技有限公司)。

1.2 试药

对照品芍药苷(批号:110736-201842,纯度:97.4%,中国食品药品检定研究院);水为娃哈哈纯净水(杭州娃哈哈集团有限公司);甲醇、乙腈、磷酸为色谱纯(美国Thermo Fisher Scientific公司)。

白芍及酒白芍均由亿帆医药股份有限公司提供,经北京中医药大学中药学院刘春生教授鉴定为毛茛科植物芍药 *Paeonia lactiflora* Pall. 的干燥根及炮制品,详细信息见表1。

表1 白芍及酒白芍来源

产地	白芍编号	酒白芍编号
安徽省亳州市谯城区	B1	J1
	B2	J2
	B3	J3
	B4	J4
	B5	J5
四川省德阳市中江县	B6	J6
	B7	J7
	B8	J8
	B9	J9
	B10	J10
浙江省金华市磐安县	B11	J11
	B12	J12
	B13	J13
	B14	J14
	B15	J15

2 方法与结果

2.1 酒白芍的制备

依据《中国药典》2020年版标准,取白芍样品,加黄酒拌匀,闷透,置炒制容器内,用文火炒至规定的程度时,取出,放凉^[1]。每100 kg白芍用黄酒15 kg,文火炒至微黄色。

2.2 对照品溶液的制备

精密称取芍药苷对照品11.14 mg,置于25 mL量瓶中,加甲醇制成质量浓度为445.60 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的对照品母液。

2.3 供试品溶液的制备

精密称取白芍(或酒白芍)3.0 g于500 mL的

圆底烧瓶中,加水200 mL,100 ℃加热回流65 min,用2层300目尼龙纱布滤过后放冷,滴加去离子水调整体积至200 mL,取滤液10 mL离心10 min (10 000 r·min⁻¹,离心半径为5.79 cm),过0.45 μm滤膜,即得。

2.4 HPLC指纹图谱的建立

2.4.1 色谱条件 色谱柱: InertSustainSwift™ C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈(A)-0.1%磷酸溶液(B),梯度洗脱 (0~5 min, 3%A; 5~25 min, 3%~9%A; 25~40 min, 9%~11%A; 40~55 min, 11%~12%A; 55~70 min, 12%~18%A; 70~90 min, 18%~34%A; 90~100 min, 34%~47%A; 100~115 min, 47%~95%A); 检测波长: 230 nm; 柱温: 30 ℃; 流速: 1.0 mL·min⁻¹; 进样量: 15 μL。

2.4.2 指纹图谱处理方法 将数据以cdf.的格式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版)软件,对前8 min的色谱峰进行剪切,采用中位数法,时间窗宽度为0.1 min,进行全谱峰匹配,计算相似度。

2.4.3 精密度试验 按照2.3项下方法制备供试品溶液1份(B15),按照2.4.1项下色谱条件,连续进样6次进行测定,图谱按照2.4.2项下方法处理。结果显示,白芍与酒白芍的相似度均为1.000,剔除芍药苷色谱峰的影响后,白芍与酒白芍的相似度均为1.000。以芍药苷为参照,各共有峰的相对保留时间RSD均小于0.07%,相对峰面积RSD均小于2.52%,说明仪器精密度良好。

2.4.4 重复性试验 按照2.3项下方法制备供试品溶液6份(B15),分别测定,图谱按照2.4.2项下方法处理。结果显示,白芍相似度均大于0.999,酒白芍相似度均大于0.995,剔除芍药苷色谱峰的影响后,白芍相似度均大于0.995,酒白芍相似度均大于0.964。以芍药苷为参照,各共有峰的相对保留时间RSD均小于0.06%,相对峰面积RSD均小于3.78%,说明该方法重复性良好。

2.4.5 稳定性试验 按照2.3项下方法制备供试品溶液1份(B1),分别在0、2、4、8、12、24 h测定,图谱按照2.4.2项下方法处理。结果显示,白芍与酒白芍相似度均大于0.999,剔除芍药苷色谱峰的影响后,白芍相似度均大于0.996,酒白芍相似度均大于0.999。以芍药苷为参照,各共有峰的相对保留时间RSD均小于0.06%,相对峰面积RSD

均小于2.81%,说明样品在24 h内保持稳定。

2.5 指纹图谱相似度分析

2.5.1 指纹图谱的采集和共有模式的建立 将15批白芍药材及酒白芍的数据按照2.4.2项下方法进行处理,系统根据多批次样品色谱图的共有模式生成对照图谱R,经标定有8个共有峰,结果见图1~2,其中8号色谱峰为芍药苷。由于芍药苷色谱峰峰面积过大,而其他峰峰面积均较小,为了避免芍药苷贡献率太高,掩盖峰面积较小的峰的差异而导致分析结果的误差,因此相似度评价中剔除了芍药苷色谱峰的影响。为方便下文数据分析及表达,将芍药苷色谱峰编号为8,其余峰按照从左至右顺序进行编号。

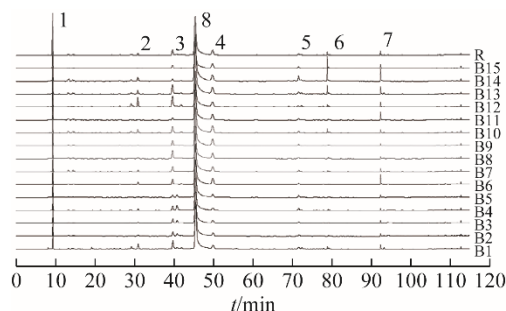


图1 白芍药材HPLC指纹图谱

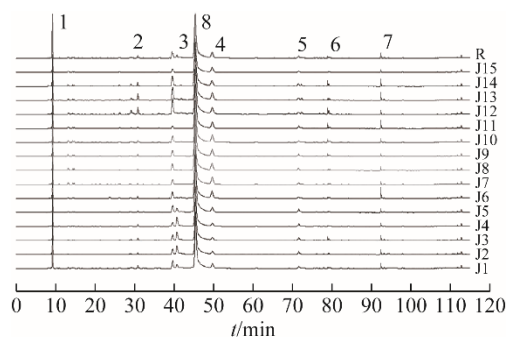


图2 酒白芍HPLC指纹图谱

2.5.2 白芍和酒白芍相似度评价 利用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2012版)软件分别生成白芍药材和酒白芍对照图谱,比较各样品与相应对照图谱的相似度,结果见表2,各批次白芍药材与其对照图谱之间相似度为0.988~0.999,各批次酒白芍与其对照图谱之间相似度为0.991~0.999。剔除芍药苷色谱峰的影响后再次计算相似度,结果见表3。各批次白芍药材与其对照图谱之间相似度为0.915~0.995,各批次酒白芍

与其对照图谱之间相似度为0.951~0.998,相似度均大于0.9,说明整体上相似性良好。

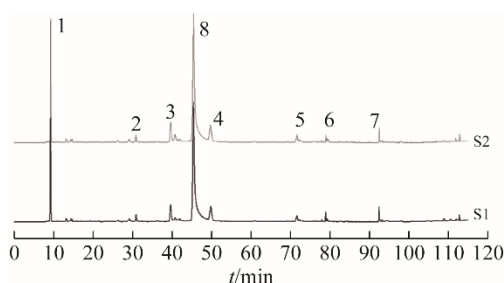
表2 白芍及酒白芍指纹图谱相似度

样品	编号	相似度	样品	编号	相似度
白芍	B1	0.997	酒白芍	J1	0.999
	B2	0.997		J2	0.992
	B3	0.997		J3	0.993
	B4	0.994		J4	0.990
	B5	0.997		J5	0.997
	B6	0.998		J6	0.998
	B7	0.999		J7	0.998
	B8	0.996		J8	0.999
	B9	0.999		J9	0.999
	B10	0.999		J10	0.999
	B11	0.997		J11	0.997
	B12	0.990		J12	0.993
	B13	0.999		J13	0.997
	B14	0.993		J14	0.996
	B15	0.988		J15	0.991

表3 白芍及酒白芍指纹图谱相似度(剔除芍药苷后)

样品	编号	相似度	样品	编号	相似度
白芍	B1	0.971	酒白芍	J1	0.998
	B2	0.995		J2	0.987
	B3	0.995		J3	0.986
	B4	0.992		J4	0.987
	B5	0.972		J5	0.995
	B6	0.983		J6	0.987
	B7	0.995		J7	0.983
	B8	0.969		J8	0.996
	B9	0.984		J9	0.997
	B10	0.994		J10	0.993
	B11	0.972		J11	0.970
	B12	0.915		J12	0.951
	B13	0.991		J13	0.974
	B14	0.925		J14	0.989
	B15	0.981		J15	0.973

2.5.3 白芍与酒白芍 HPLC 指纹图谱比较 通过指纹图谱相似度软件评价白芍和酒白芍,两者之间色谱峰相似度较高,区别较小,对照图谱比较相似度达0.999,见图3,表明酒炒对于整个峰群影响较小。因为芍药苷的出峰时间适中,峰面积较大且稳定,因此以芍药苷为参照峰,计算相对峰面积,结果见表4。通过8个共有峰相对峰面积比较可知,炮制后6号峰较生品有所下降,7号峰基本不变,其余的峰相对峰面积均有不同程度的增加。



注: S1. 白芍; S2. 酒白芍。

图3 白芍及酒白芍 HPLC 对照图谱比较

表4 白芍和酒白芍共有峰峰面积分析($\bar{x} \pm s, n=15$)

峰号	t_R/min	相对峰面积	
		白芍	酒白芍
1	9.290	0.214±0.069	0.259±0.041
2	30.892	0.025±0.024	0.026±0.019
3	39.687	0.090±0.045	0.107±0.059
4	49.826	0.103±0.023	0.116±0.025
5	71.661	0.032±0.014	0.042±0.010
6	78.947	0.018±0.036	0.013±0.012
7	92.448	0.033±0.022	0.033±0.016
8	45.450	1.000±0.260	1.123±0.156

注:以白芍中芍药苷峰面积为1计算。

2.6 指标性成分定量分析

取白芍和对应的酒白芍,按照《中国药典》2020年版一部^[1]中白芍项下芍药苷的含量测定方法制样,并进行测定,计算炮制前后芍药苷的含量变化,结果见表5。由表5可知,白芍中芍药苷质量分数为2.20%~5.28%,平均质量分数为3.23%;酒白芍中芍药苷质量分数为2.52%~3.21%,平均质量分数为2.94%。含量变化平均值为-0.29%,说明酒炒会影响芍药苷的含量。

2.7 水提液出膏率分析

按照2.3项下方法分别制备白芍炮制前后的供试品溶液,置于已恒重的蒸发皿中,水浴蒸干,60℃真空干燥箱中干燥3d,取出冷却后准确称取质量,按照公式(1)和(2)分别计算出膏率和出膏率变化幅度,结果见表6。

$$\text{出膏率} = \frac{\text{干膏质量}}{\text{药材质量}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{变化幅度} = \text{酒白芍出膏率} - \text{白芍出膏率} \quad (2)$$

由表6可见,不同批次样品之间出膏率差别较大,15批白芍药材的平均出膏率为19.73%,整体出膏率为13.53%~24.50%,其中B13出膏率最高,B15出膏率最低;炮制后15批酒白芍的平均出膏率

表5 白芍及酒白芍中芍药苷质量分数及变化

白芍		酒白芍		质量分数变化/%
编号	芍药苷质量分数	编号	芍药苷质量分数	
B1	3.08	J1	3.04	-0.04
B2	3.44	J2	2.76	-0.68
B3	2.20	J3	2.52	0.32
B4	3.06	J4	2.58	-0.48
B5	3.33	J5	3.17	-0.16
B6	2.69	J6	3.18	0.49
B7	3.13	J7	2.92	-0.21
B8	3.30	J8	3.08	-0.22
B9	2.49	J9	2.74	0.25
B10	2.98	J10	2.83	-0.15
B11	2.77	J11	3.01	0.24
B12	3.96	J12	3.21	-0.75
B13	4.05	J13	2.95	-1.10
B14	5.28	J14	3.15	-2.13
B15	2.74	J15	2.98	0.24

表6 白芍及酒白芍出膏率及变化幅度

白芍		酒白芍		变化幅度/%
编号	出膏率	编号	出膏率	
B1	22.52	J1	21.85	-0.67
B2	17.43	J2	21.00	3.57
B3	14.33	J3	15.89	1.56
B4	14.75	J4	16.61	1.86
B5	23.51	J5	24.00	0.49
B6	14.95	J6	16.94	1.99
B7	24.33	J7	25.41	1.08
B8	19.67	J8	26.82	7.15
B9	18.75	J9	23.36	4.61
B10	24.34	J10	24.59	0.25
B11	23.26	J11	18.94	-4.32
B12	19.21	J12	19.87	0.66
B13	24.50	J13	21.45	-3.05
B14	20.86	J14	20.79	-0.07
B15	13.53	J15	17.22	3.69

为20.98%，整体出膏率为15.89%~26.82%，其中J8出膏率最高，J3出膏率最低。

比较白芍炮制前后出膏率的变化可知，第1、11、13、14批样品炮制后出膏率下降，且第11、13批下降较明显；其余批次均有不同程度的升高，其中第8、15批样品出膏率升高幅度较大。出膏率变化幅度为-18.57%~36.38%，剔除第1、11、13、14批的异常值后平均变化幅度为2.45%。

3 讨论

3.1 流动相体系及检测波长的选取

本实验分别考察了甲醇-水、甲醇-0.1%磷酸、乙腈-水、乙腈-0.1%磷酸的流动相体系，由出峰数、柱压及指纹图谱整体的分离度，最终选择乙腈-0.1%磷酸水作为流动相；选择210~300 nm的波长对供试品溶液进行扫描，发现在230 nm条件下，基线相对平稳，响应值高，峰数量较多，分离度较好，因此选取230 nm作为检测波长。

3.2 白芍及酒白芍质量评价

本实验通过建立白芍酒炒前后的HPLC指纹图谱，进行相似度评价，发现白芍与酒白芍之间相似度较高；含量测定结果表明，白芍酒炒前后指标性成分芍药苷质量分数变化为-2.13%~0.49%，整体呈下降趋势。白芍酒炒后出膏率整体呈上升趋势，第1、11、13、14批炮制后出膏率反而降低，原因可能为不同产地及批次白芍之间本身存在质量差异，以及药材净制过程中去细根、去皮操作不完全一致等。这也提示在白芍的生产加工过程中应注意规范化，以保证药材质量。

3.3 白芍炮制前后的成分变化

从整体上分析，白芍炮制前后对芍药苷含量影响较大，由指纹图谱相对峰面积结果可知，峰1炮制后相对峰面积有不同程度的升高，可能原因为酒润、炒制过程中增加了该成分的溶出^[17]；峰6炮制后相对峰面积有所下降，可能原因为炒制及煎煮过程中该成分受到破坏，及转化为其他成分等^[18]。白芍的主要成分为芍药苷、芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷等，本实验结果中，白芍酒炒后芍药苷的含量大部分降低，少数升高。芍药苷的含量有很多影响因素，如炮制温度、储存方式等。刘亮镜等^[17]研究表明，白芍酒炒之后芍药苷含量略有升高，原因可能为乙醇促进了芍药苷的溶出。但大部分研究者发现，白芍酒炒会降低芍药苷、苯甲酸的含量，增加芍药内酯苷、苯甲酰芍药苷的含量^[19-20]。芍药苷在炮制过程中可能会转化为芍药内酯苷和苯甲酰芍药苷，芍药苷受热不稳定，炒制过程中易被破坏；而苯甲酸是白芍中的有害成分，炮制后含量减少，因此筛选最佳炮制工艺，有利于提高白芍质量^[21-22]。

本研究建立的方法稳定可行，可以系统地对白

芍药酒炒前后整体成分群的相似性和差异性进行比较,同时成分的变化也是炮制前后药理作用研究的基础,也可与其他药材炮制的研究提供参考。

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,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] 莫琼. 白芍对小鼠的抗炎镇痛效果及固有免疫分子机制研究[D]. 重庆:西南大学,2015.
- [5] 左志燕,詹淑玉,黄媛,等. 白芍总苷保肝作用的药动学和药效学研究进展[J]. 中国中药杂志,2017,42(20):3860-3865.
- [6] 秦亚东,汪荣斌,周娟娟,等. 白芍醇提物及不同极性部位的体外抗氧化作用研究[J]. 中国药房,2015,26(28):3920-3923.
- [7] 丁安伟. 中药炮制学[M]. 北京:高等教育出版社,2007:181-182.
- [8] 王孝涛. 历代中药炮制法汇典[M]. 南昌:江西科学技术出版社,1986:77.
- [9] 胡雨,金传山,张伟,等. 正交试验优选酒白芍的炮制工艺[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(1):45-48.
- [10] 李巾,彭艳梅,陈娟,等. 精制中药饮片酒白芍炮制工艺研究[J]. 实用中西医结合临床,2019,19(11):175-177.
- [11] 秦亚东,周娟娟,李飞,等. 白芍生品及其炮制品中多糖及总糖的含量测定[J]. 长春中医药大学学报,2014,30(5):804-807.
- [12] 吴巧凤,来平凡,陈京,等. 杭白芍生品与炮制品中芍药甙、苯甲酸和元素含量的对比分析[J]. 中国中医药科技,2005,12(5):299-300.
- [13] 林林,于凤蕊,徐丽华,等. 女金丸HPLC指纹图谱建立及聚类分析和主成分分析[J]. 中国药房,2019,30(10):1339-1343.
- [14] 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.
- [15] 查良平,杨俊,彭华胜,等. 四大产地白芍的种质调查[J]. 中药材,2011,34(7):1037-1040.
- [16] 徐建中,孙乙铭,俞旭平,等. 杭白芍产地加工炮制一体化技术研究[J]. 中国中药杂志,2014,39(13):2504-2508.
- [17] 刘亮镜,徐斌,张强. 白芍炮制过程中的美拉德反应及芍药苷的变化[J]. 中华中医药学刊,2020,38(3):74-77.
- [18] 吕继红. 加工炮制对白芍化学成分的影响[J]. 实用中医内科杂志,2012,26(9):19-20.
- [19] 赖静雯,卢肖英. 不同炮制方法对白芍质量的影响分析[J]. 基层医学论坛,2019,23(1):97-99.
- [20] 卜令雷,丁锐. 不同炮制方法对白芍中芍药苷含量的影响[J]. 九江学院学报(自然科学版),2017,32(1):88-91.
- [21] 吴国学. 不同炮制方法对白芍中多种化学成分的影响分析[J]. 国医论坛,2018,33(4):62-63.
- [22] 胡雨,金传山,张伟,等. 不同炮制方法对白芍质量的影响[J]. 安徽中医药大学学报,2015,34(2):91-94.

(收稿日期:2020-07-18 编辑:田苗)