

不同评价指标对芍药甘草汤提取工艺优化的影响

杜 平， 刘 文*， 卿勇军， 金 阳， 姚晓艳
(贵阳中医学院， 贵州 贵阳 550025)

摘要：目的 比较不同评价指标对芍药甘草汤提取工艺优化的影响。方法 分别以指标成分（芍药内酯苷、芍药苷、甘草苷、甘草酸铵）含有量综合评分、指纹图谱共有峰峰面积之和、提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分为评价指标，药材粒度、提取次数、乙醇体积分数、提取时间为影响因素，优化提取工艺。结果 不同评价指标对提取工艺优化的影响较大，其中将提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分与指标成分含有量综合评分或指纹图谱共有峰峰面积之和结合时，优化效果更理想。结论 指纹图谱结合主成分分析可用于优化芍药甘草汤提取工艺，不仅更客观全面，还能兼顾大多数成分种类与含有量的变化情况。

关键词：芍药甘草汤；提取；指纹图谱；主成分分析

中图分类号：R284.2 文献标志码：A 文章编号：1001-1528(2018)10-2188-06
doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.10.014

Effects of different evaluation indices on the extraction optimization for Shaoyao Gancao Decoction

DU Ping, LIU Wen*, QING Yong-jun, JIN Yang, YAO Xiao-yan
(Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang 550025, China)

KEY WORDS: Shaoyao Gancao Decoction; extraction; fingerprints; principal component analysis

芍药甘草汤出自《伤寒论》，具有抗炎、镇痛、解痉等功效，有关其提取工艺的研究较多，但均以少数含有量较高药效成分的综合评分为依据，难以代表各工艺参数对其他成分的影响。指纹图谱的引入能监控大部分化学成分含有量与种类的变化情况，故本实验在单因素试验基础上确定最佳提取方法为超声提取，乙醇用量为 8 倍量，对影响较大的其他因素水平进行正交设计，比较指标成分（芍药内酯苷、芍药苷、甘草苷、甘草酸铵）含有量综合评分、指纹图谱共有峰峰面积之和、提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分对芍药甘草汤提取工艺优化的影响^[1-3]。

1 材料

1.1 仪器 Agilent 1260 型高效液相色谱仪，配置 G1311C 输液泵、G1329B 自动进样器、G1316A 柱温箱、G1314F 紫外检测器、Agilent 1260 色谱工作站；

AE240 型电子天平（十万分之一，梅特勒-托利多仪器上海有限公司）；AUY220 型电子天平（万分之一，日本岛津公司）；SK8210HP 型台式超声波清洗器（上海科导超声仪器有限公司）；HH-4 型数显恒温水浴锅（常州澳华仪器有限公司）；HBM-109 型超微粉碎机（瑞安市瀚博机电有限公司）。

1.2 试药 芍药内酯苷对照品（批号 GZDD-0690，含有量 >98%）由贵州迪大科技有限责任公司提供；芍药苷（批号 110736-201640）、甘草苷（批号 111610-201607）、甘草酸铵（批号 110731-201408）对照品均由中国食品药品检定研究院提供。乙腈、甲醇为色谱纯（天津市科密欧化学试剂有限公司）；其他试剂均为分析纯；水为娃哈哈纯净水（贵阳娃哈哈饮料有限公司）。白芍、甘草经贵阳中医学院周汉华教授鉴定为正品，具体见表 1。

收稿日期：2017-11-14
基金项目：贵州省中医药管理局（QZYY-2016-055）；邱德文全国名老中医专家传承工作室（国中医药人教发〔2016〕42）
作者简介：杜 平，女，硕士生，从事中药新技术与新制剂研究工作。Tel: 15285713342, E-mail: 1983387859@qq.com
* 通信作者：刘 文，男，硕士，教授，从事中药新技术与新制剂研究工作。Tel: (0851) 88233005, E-mail: 642771631@qq.com

表 1 样品信息
Tab. 1 Information of samples

白芍	批号	产地	来源	甘草	批号	产地	来源
S1	160701	河北	贵州同济堂	S1	160701	内蒙古	贵州同济堂
S2	160801	河北	贵州同济堂	S2	160801	内蒙古	贵州同济堂
S3	160901	河北	贵州同济堂	S3	160901	内蒙古	贵州同济堂
S4	160101	四川	贵州一品药业	S4	160701	新疆	贵州一品药业
S5	160701	安徽	贵州一品药业	S5	160702	甘肃	贵州一品药业
S6	150601	安徽	贵州一品药业	S6	160101	新疆	贵州一品药业
S7	160601	四川	贵州同仁堂	S7	160301	甘肃	贵州同仁堂
S8	160801	四川	贵州同仁堂	S8	160601	甘肃	贵州同仁堂
S9	160501	安徽	贵州宏信大药房	S9	160701	甘肃	贵州宏信大药房
S10	160201	四川	贵州同德大药房	S10	150601	新疆	贵州同德大药房

2 方法与结果

2.1 溶液制备

2.1.1 对照品溶液 精密称取芍药内酯苷、芍药苷、甘草苷、甘草酸铵对照品适量，加甲醇分别制成 0.500、0.527、0.413、0.620 mg/mL 贮备液，再将其分别稀释成 75.00、184.45、123.90、124.00 μg/mL，即得。

2.1.2 供试品溶液 精密称取同批白芍、甘草粉末（过 4 号筛）各约 0.1 g，置于具塞锥形瓶中，精密加入 20 mL70% 乙醇称定质量，超声 45 min，取出放冷，70% 乙醇补足减失的质量，摇匀，0.45 μm 微孔滤膜滤过，即得。同法制备阴性供试品溶液。

2.1.3 样品溶液 按表 2 因素水平称取不同粒度白芍、甘草粉末各 5 g，共 9 份，置于具塞锥形瓶中，用 8 倍量对应体积分数乙醇超声提取，取出放冷，过滤，滤液加乙醇至 240 mL，摇匀，取 1 mL 提取液，乙醇稀释至 10 mL，0.45 μm 微孔滤膜滤过，即得。

表 2 因素水平 Tab. 2 Factors and levels				
试验号	筛号/号	提取次数/次	乙醇/%	提取时间/h
1	9	1	40	0.50
2	9	2	60	0.75
3	9	3	80	1.00
4	4	1	60	1.00
5	4	2	80	0.50
6	4	3	40	0.75
7	1	1	80	0.75
8	1	2	40	1.00
9	1	3	60	0.50

2.2 色谱条件^[4] Diamonsil C₁₈₍₂₎ 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；流动相乙腈-0.2% 磷酸，梯度洗脱（0~5 min，6% 乙腈；5~10 min，6%~12% 乙腈；10~15 min，12%~13% 乙腈；

15~22 min，13%~14% 乙腈；22~30 min，14%~16% 乙腈；30~35 min，16%~18% 乙腈；35~39 min，18%~20% 乙腈；39~42 min，20% 乙腈；42~45 min，20%~28% 乙腈；45~50 min，28%~35% 乙腈；50~55 min，35%~60% 乙腈；55~58 min，60% 乙腈；58~60 min，60%~6% 乙腈；60~65 min，6% 乙腈）；体积流量 1.0 mL/min；检测波长 230 nm；柱温 35℃；进样量 10 μL。色谱图见图 1。

2.3 方法学考察

2.3.1 线性关系考察 取“2.1.1”项下对照品溶液，甲醇稀释成不同质量浓度，在“2.2”项色谱条件下进样测定。以质量浓度为横坐标（X），峰面积为纵坐标（Y）进行回归，结果见表 3，可知各成分在各自范围内线性关系良好。

表 3 各成分线性关系 Tab. 3 Linear relationships of various constituents			
成分	回归方程	r	线性范围/ (μg·mL ⁻¹)
芍药内酯苷	Y=8.826 4X+0.542 5	0.999 5	7.500~90.000
芍药苷	Y=16.317X-19.484	0.999 7	18.445~221.34
甘草苷	Y=20.338X+38.225	0.999 4	12.390~148.680
甘草酸铵	Y=3.479 6X+1.353 1	0.999 9	12.400~148.800

2.3.2 精密度、重复性、稳定性、加样回收率试验 按照 2015 年版《中国药典》方法进行考察。精密度、重复性、稳定性试验中，芍药内酯苷、芍药苷、甘草苷、甘草酸铵峰面积 RSD 均 <1.79%，图谱相似度均 >0.9（n=6），表明仪器精密度、方法重复性、溶液 24 h 内稳定性良好；加样回收率试验中，四者平均加样回收率分别为 97.75%、100.90%、100.60%、99.63%，RSD 均 <2.52%（n=6），表明该方法适用性良好。

2.4 共有峰归属 精密量取“2.1.3”项下 9 份样品溶液，每份 10 μL，在“2.2”项色谱条件下

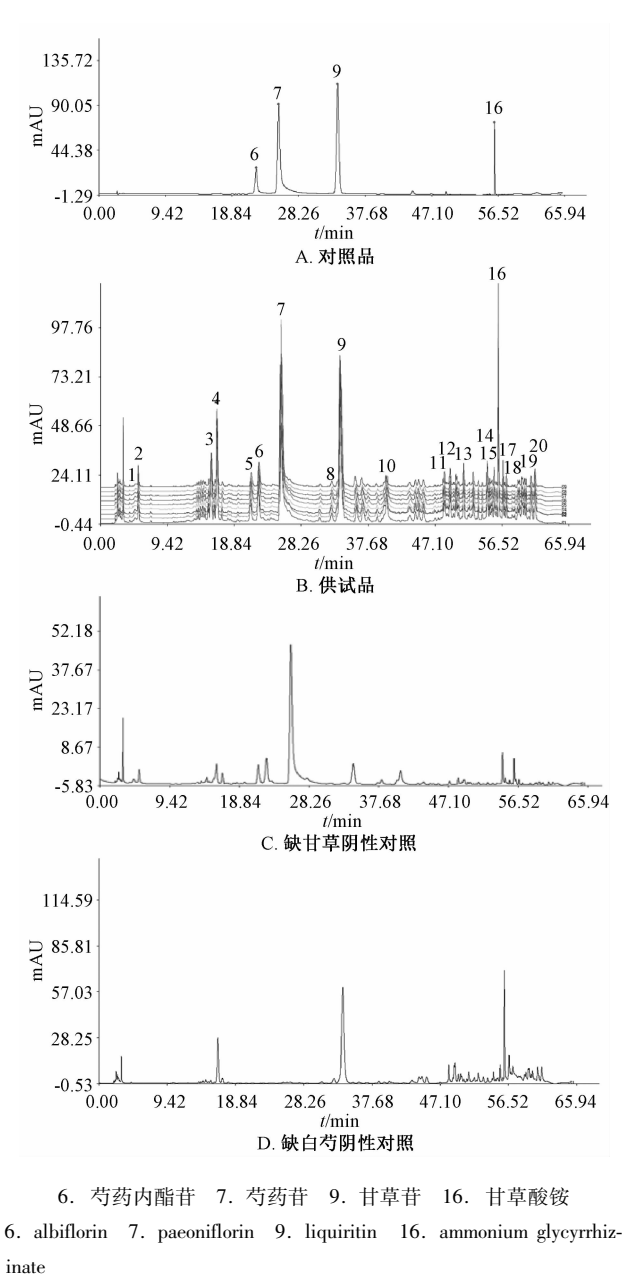


图 1 各成分 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms of various constituents

进样测定。再通过中药色谱指纹图谱相似度评价软件（2004A 版）发现 20 个共有峰，与对照品、阴性药材、全方色谱图进行比对并结合文献 [5-9]，可知峰 1~3、5~7、10 归属于白芍，4、9、11~13、16、18~20 归属于甘草，8、14~15、17 由于保留时间过于接近无法判断。见图 1。

2.5 数据处理

2.5.1 正交试验^[10-11] 分别以指标成分含有量综合评分 [（芍药内酯苷含有量×0.2+芍药苷含有量×0.3+甘草苷含有量×0.2+甘草酸铵含有量×0.3）×100]、指纹图谱共有峰峰面积之和为评价

指标，药材粒度、提取次数、乙醇体积分数、提取时间为影响因素，优化提取工艺。结果见表 4~5。

由表 4 可知，3 号样品综合评分最高，方差分析显示除药材粒度外其他因素对提取工艺无显著影响（ $P>0.05$ ），影响程度依次为药材粒度>乙醇体积分数>提取时间>提取次数，最优工艺为白芍、甘草粉末（过 9 号筛）以 8 倍量 80% 乙醇提取 2 次，每次 1 h。由表 5 可知，3 号样品峰面积之和最大，方差分析显示除药材粒度外其他因素对提取工艺无显著影响（ $P>0.05$ ），影响程度依次为药材粒度>提取时间>提取次数>乙醇体积分数，最优工艺为白芍、甘草粉末（过 9 号筛）以 8 倍量 80% 乙醇提取 2 次，每次 1 h。

2.5.2 主成分提取与回归方程建立 通过 SPSS 16.0 软件对峰面积进行降维处理，结果见表 6~7。由表 6 可知，前 3 个主成分可有效表征原始色谱峰峰面积的绝大多数信息（94.022%），贡献率分别为 43.933%、25.917%、24.171%，以主成分 1 最高。由表 7 可知，主成分 1 中峰 4、7~9、11、13、15~20 的载荷较高，并且大多归属于甘草，表明提取工艺对甘草中成分含有量的影响大于白芍中，这与前期单因素试验结果一致。

2.5.3 综合得分（ F ）计算^[12] 公式为 $F = 0.467F_1 + 0.276F_2 + 0.257F_3$ ，结果见表 8，可知 2 号样品综合得分最高。

2.5.4 方差分析 结果见表 9，可知 $F = 209.434$ ， $P = 0.053 < 0.10$ ，具有显著性差异。各变量对回归模型的贡献及意义见表 10，可知回归方程为 $Y = -6.626 + 0.457X_1 + 2.208X_2 - 0.230X_2^2 - 1.627X_2X_4 + 6.357X_4 - 2.350X_4^2 + 0.026X_1X_2$ （ $X_1 \sim X_4$ 分别为药材粒度、提取次数、乙醇体积分数、提取时间， Y 为综合评分），各因素影响程度依次为药材粒度>提取次数>提取时间，再应用 Excel 2003 软件对回归方程进行规划求解，发现当 $X_1 = 9$ 、 $X_2 = 3$ 、 $X_4 = 0.5$ 时 Y 最大。另外， X_3 对提取工艺影响较小，结合“2.5.1”项下结果确定为 80%，故最优工艺为白芍、甘草粉末（过 9 号筛）以 8 倍量 80% 乙醇提取 3 次，每次 0.5 h。

2.5.5 验证试验 不同提取工艺下取 3 份白芍、甘草粉末，每份 5 g，进行验证试验。由于“2.5.1”项下 2 个提取工艺参数一致，故设为 I，“2.5.4”项下提取工艺设为 II，取 6 份药材即可，结果见表 11。由表可知，II 下各项指标均优于 I，表明以提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分结

表 4 试验设计及结果（Ⅰ）

Tab. 4 Design and results of tests（Ⅰ）

试验号	筛号/号	提取次数/ 次	乙醇/%	提取时间/ h	芍药内酯苷/ (mg·g ⁻¹)	芍药苷/ (mg·g ⁻¹)	甘草苷/ (mg·g ⁻¹)	甘草酸铵/ (mg·g ⁻¹)	综合评分/ (mg·g ⁻¹)
1	9	1	40	0.50	8.145	29.165	18.826	42.982	27.038
2	9	2	60	0.75	7.943	31.976	18.822	38.291	26.433
3	9	3	80	1.00	10.040	28.539	22.709	42.808	27.954
4	4	1	60	1.00	6.731	25.508	14.452	32.605	21.670
5	4	2	80	0.50	7.338	27.594	14.673	33.030	22.590
6	4	3	40	0.75	7.431	27.616	15.222	29.659	21.713
7	1	1	80	0.75	5.288	19.796	12.262	26.684	17.454
8	1	2	40	1.00	5.904	22.441	11.685	26.084	18.075
9	1	3	60	0.50	5.109	18.855	9.028	19.579	14.358
均值 1	27.142	22.054	22.275	21.329	—	—	—	—	—
均值 2	21.991	22.366	20.820	21.867	—	—	—	—	—
均值 3	16.629	21.342	22.666	22.566	—	—	—	—	—
极差	10.513	1.024	1.846	1.237	—	—	—	—	—

表 5 试验设计及结果（Ⅱ）

Tab. 5 Design and results of tests（Ⅱ）

试验号	筛号/号	提取次数/次	乙醇/%	提取时间/h	共有峰峰面积之和
1	9	1	40	0.50	7 458.549
2	9	2	60	0.75	7 929.738
3	9	3	80	1.00	8 561.462
4	4	1	60	1.00	6 206.602
5	4	2	80	0.50	6 460.232
6	4	3	40	0.75	6 239.164
7	1	1	80	0.75	4 495.031
8	1	2	40	1.00	4 961.614
9	1	3	60	0.50	4 503.997
均值 1	7 983.250	6 053.394	6 219.776	6 140.926	—
均值 2	6 301.999	6 450.528	6 213.446	6 221.311	—
均值 3	4 653.547	6 434.874	6 505.575	6 576.559	—
极差	3 329.703	397.134	292.129	435.633	—

表 6 主成分解释总方差

Tab. 6 Explained total variances of main components

主成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差/%	累积贡献率/%	合计	方差/%	累积贡献率/%	合计	方差/%	累积贡献率/%
1	16.458	82.292	82.292	16.458	82.292	82.292	8.787	43.933	43.933
2	1.294	6.469	88.760	1.294	6.469	88.760	5.183	25.917	69.850
3	1.052	5.261	94.022	1.052	5.261	94.022	4.834	24.171	94.022

合指标成分含有量综合评分或指纹图谱共有峰峰面积之和时，能更精确合理地优化提取工艺。

3 讨论

课题组前期进行单因素试验，考察回流提取 3 次，每次 1.5 h，以及超声提取 3 次，每次 1 h 的提取效果，发现芍药甘草汤指标成分（芍药内酯苷、芍药苷、甘草苷、甘草酸铵）含有量综合评分与指纹图谱共有峰峰面积之和差异较小，但以后者为高，而且操作简单，故选择超声提取。考察溶剂倍数（8、10、12 倍）时发现，该因素对两者影响不显著，故选择 8 倍量。考察乙醇体积分数

（0~90%）时发现，两者受其影响均较大，其中以水为提取溶剂时，药材所含成分种类较少，含有量较低，以甘草更显著；体积分数大于 30% 后，两者随其提高而增加；但体积分数超过 80% 后，两者反而急剧下降，故选择 40%、60%、80%。

本实验首次考察超微粉碎技术对芍药甘草汤指标成分含有量与指纹图谱的影响，发现白芍、甘草经超微粉碎后，指标成分含有量综合评分、指纹图谱共有峰峰面积之和分别为过 4 号筛后的 1.26、1.34 倍，过 1 号筛后的 1.96、2.21 倍，而且所含成分种类变化不明显，可为其提取工艺提供一定参

表 7 主成分因子载荷矩阵

Tab. 7 Factor loading matrices of main components

因子	主成分		
	1	2	3
f1	0.523	0.714	0.320
f2	0.161	0.253	0.941
f3	0.485	0.654	0.529
f4	0.795	0.454	0.335
f5	0.406	0.680	0.403
f6	0.540	0.457	0.691
f7	0.798	0.245	0.398
f8	0.764	0.382	0.498
f9	0.639	0.382	0.608
f10	0.083	0.942	0.150
f11	0.939	0.289	0.037
f12	0.564	0.460	0.670
f13	0.811	0.360	0.434
f14	0.589	0.682	0.390
f15	0.666	0.673	0.260
f16	0.678	0.244	0.609
f17	0.690	0.633	0.297
f18	0.858	0.373	0.332
f19	0.776	0.276	0.545
f20	0.778	0.212	0.541

考。但值得注意的是，目前超微粉的大批量制备与工业化生产仍存在技术瓶颈，如何使实验室结果在工业化生产中重现是一个值得商榷的问题^[13]。

如今，中药复方提取工艺大多以指标成分含有量综合评分为评价指标^[14-15]，但其成分复杂，起药效作用的原因往往是多种成分“君臣佐使”配伍所致，故少数指标成分并不能代表其他成分的变

表 11 验证试验结果

Tab. 11 Results of verification tests

提取工艺	芍药内酯苷/ (mg·g ⁻¹)	芍药苷/ (mg·g ⁻¹)	甘草苷/ (mg·g ⁻¹)	甘草酸铵/ (mg·g ⁻¹)	综合评分/ (mg·g ⁻¹)	共有峰峰 面积之和	主成分综合 评分
I	8.876	27.007	23.909	41.230	27.028	7 929.738	1.906
	9.040	28.040	23.111	41.009	27.145	8 061.462	1.821
	9.405	28.104	23.879	39.066	26.808	7 879.809	1.809
II	10.897	28.490	23.001	43.031	28.236	8 498.099	2.356
	10.124	28.197	23.907	42.660	28.063	8 390.007	2.228
	10.581	29.774	22.988	44.001	28.846	8 467.908	2.333

化情况。指纹图谱的引入可使成分种类与含有量变化更直观全面^[16]，其共有峰峰面积之和能有效代表其整体走向，但由于峰面积较大成分对其影响程度大于峰面积较小者，易忽略各工艺参数对含有量较低成分的影响，故仅以其为评价指标仍无法精确优化提取工艺。主成分分析可根据实际需要提取较少的综合变量，以尽可能反映原有变量信息，是一种科学有效的降维方法^[17]，可解决指纹图谱整体性与模糊性导致成分权重系数难以确定的弊端，两

表 8 试验设计及结果 (III)

Tab. 8 Design and results of tests (III)

试验号	筛号/号	提取次数/次	乙醇/%	提取时间/h	综合得分
1	9	1	40	0.50	1.475
2	9	2	60	0.75	2.418
3	9	3	80	1.00	1.852
4	4	1	60	1.00	-0.302
5	4	2	80	0.50	-0.075
6	4	3	40	0.75	-0.079
7	1	1	80	0.75	-1.968
8	1	2	40	1.00	-1.883
9	1	3	60	0.50	-1.439

表 9 方差分析

Tab. 9 Analysis of variance

因素	离均差平方和	自由度	均方	F 值	P 值
回归	21.030	7	3.004	209.434	0.053
残差	0.014	1	0.014	—	—
总误差	21.045	8	—	—	—

表 10 各因素统计检验

Tab. 10 Statistical tests for various factors

模型	非标准化系数		标准化系数	T 检验	P 值
	回归系数	标准误差			
常数项	-6.626	1.040	—	-6.370	0.099
X ₁	0.457	0.044	0.987	10.431	0.061
X ₂	2.208	0.417	1.179	5.291	0.119
X ₃ ²	-0.230	0.085	-0.497	-2.718	0.224
X ₂ X ₄	-1.627	0.339	-0.803	-4.802	0.131
X ₄	6.357	2.270	0.849	2.800	0.218
X ₄ ²	-2.350	1.457	-0.473	-1.612	0.353
X ₁ X ₂	0.026	0.022	0.137	1.158	0.454

者结合时既可从整体上判断各工艺参数对药物成分的影响，又可从局部兼顾含有量较低的药效成分。目前，指纹图谱结合主成分分析大多用于药材来源的鉴定与分类，鲜有结合回归分析用于提取工艺的报道^[18]，本实验发现，提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分无论是结合指纹图谱共有峰峰面积之和，还是指标成分含有量综合评分，均能更客观全面地优化芍药甘草汤提取工艺。在考虑成本的前提下，以提取指纹图谱共有峰主成分所得综合评分

结合指纹图谱共有峰峰面积之和为评价指标即可；但若要考虑毒性成分或微量成分的变化情况，则应以前者结合指标成分含有量综合评分为评价指标。

参考文献：

[1] 朱广伟,张贵君,汪 萌,等. 中药芍药甘草汤基原及药效组分和药理作用研究概况[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(8): 2865-2869.

[2] 殷明阳,刘素香,张铁军,等. 复方中药提取工艺研究概况[J]. 中草药, 2015, 46(21): 3279-3283.

[3] 郭珊珊,王 谦,白立川,等. 芍药-甘草配伍的研究进展[J]. 中草药, 2014, 45(10): 1481-1485.

[4] 李 妍,杨燕云,张振秋,等. 白芍-甘草药对不同配伍比例提取物中有效成分溶出规律的研究[J]. 中草药, 2013, 44(3): 291-295.

[5] 沈 岚,张 梁,冯 怡,等. 芍药甘草复方效应组分谱效关系研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(22): 2658-2662.

[6] 李 妍,杨燕云,张振秋,等. HPLC 法同时测定白芍、甘草药对提取物中 9 种有效成分[J]. 中成药, 2013, 35(1): 100-104.

[7] 何丽仙,黄忠京,谭 倪,等. HPLC 研究芍药甘草汤合煎与分煎的化学成分变化[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2009, 29(6): 32-35.

[8] 李伟铭,赵月然,杨燕云,等. HPLC 波长切换法同时测定白芍饮片中 9 个成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2011, 31(12): 2208-2212.

[9] 沈 岚,冯 怡,徐德生,等. 基于 HPLC-DAD-ESI-MS 技

术的芍药甘草汤体内外物质基础变化研究[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(15): 1947-1952.

[10] 杜晓娟,张振秋,杨燕云,等. 多指标正交设计优选白芍甘草(炙)药对提取物的最佳提取工艺[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(2): 32-34.

[11] 贾成友,李 微,张传辉,等. 基于多指标权重分析和正交设计法优选白黄泄热止痢片复方提取工艺[J]. 中草药, 2016, 47(6): 917-922.

[12] 刘仁权. SPSS 统计软件[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2007.

[13] 苗旭辉,唐 其,谢 宇,等. 超微粉碎技术在中药领域中的研究概况[J]. 中国民族民间医药, 2015, 24(3): 36-38.

[14] 刘 弘,张振巍,姬志强. 多指标综合评分法优选清热解毒口服液提取工艺[J]. 中药材, 2012, 35(8): 1326-1330.

[15] 庞晓晨,刘志东,黄 瑞,等. 多指标加权评分法优选肛洗二号凝胶剂的提取工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(16): 22-24.

[16] 郭 威,曲永胜,王 亮,等. 基于指纹图谱的决明子有效组分纯化工艺[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(1): 61-65.

[17] 郝 燕,董鸿晖,姜 楠,等. 基于主成分分析的中药色谱指纹图谱多维多息特征数据挖掘方法研究[J]. 中南药学, 2007, 5(3): 267-272.

[18] 汪露露,何丹丹,王 满,等. 基于指纹图谱与主成分分析相结合的复方虎杖方提取工艺研究[J]. 中草药, 2017, 48(2): 278-282.