



## 应用HPLC指纹图谱结合化学计量学对姜桂颗粒质量的评价研究

胡北，崔亚玲，马良煜，许子华

### Quality evaluation of Jianggui granules by HPLC fingerprint combined with chemometrics

HU Bei, CUI Yaling, MA Liangyu, XU Zihua

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.2097-2024.202312040>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

大黄的HPLC指纹图谱及禁用农药的残留研究

HPLC fingerprint of Radix Rhubarb and forbidden pesticide residues

药学实践与服务. 2024, 42(7): 297–304, 314 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202310057](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202310057)

麝香接骨胶囊的HPLC特征图谱的研究及7种成分含量测定

Study on the characteristic chromatogram of Shexiang Jiegu Capsule and determination of seven components by HPLC

药学实践与服务. 2025, 43(8): 395–399 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202307059](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202307059)

HPLC-MS/MS同时测定感冒安颗粒中5种黄酮成分的含量

Simultaneous determination of five flavonoids in Ganmao' an granules by HPLC-MS/MS

药学实践与服务. 2024, 42(9): 402–406 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202403030](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202403030)

毛鸡骨草药材的质量评价

Quality evaluation of *Abri Mollis Herba*

药学实践与服务. 2025, 43(5): 251–258 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202410021](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202410021)

中药青蒿抗氧化活性的谱效关系研究

Study on spectrum-effect relationship based on antioxidant activity of *Artemisiae Annuae Herba*

药学实践与服务. 2024, 42(5): 203–210, 216 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202211012](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202211012)

滴眼液中抑菌剂硫柳汞的HPLC含量测定方法研究

Determine antimicrobial preservatives thimerosal in eye drops by HPLC

药学实践与服务. 2025, 43(6): 293–297 DOI: [10.12206/j.issn.2097-2024.202404059](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202404059)



关注微信公众号，获得更多资讯信息

· 论著 ·

## 应用 HPLC 指纹图谱结合化学计量学对姜桂颗粒质量的评价研究

胡 北, 崔亚玲, 马良煜, 许子华(中国人民解放军北部战区总医院药剂科, 辽宁 沈阳 110000)

**[摘要]** 目的 建立姜桂颗粒的指纹图谱, 并采用化学计量学进行评价。方法 采用 HPLC 法建立姜桂颗粒的指纹图谱, 采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)》进行相似度评价, 以聚类分析、主成分分析和正交偏最小二乘法-判别分析法分析数据。结果 建立姜桂颗粒 HPLC 特征指纹图谱, 共确定 18 个共有峰, 指认 5 个成分, 分别为葛根素、甘草昔、肉桂酸、桂皮醛、甘草酸铵。14 批姜桂颗粒与对照图谱的相似度均大于 0.9。聚类分析结果显示, 14 批姜桂颗粒样品可分为 2 类, 其中 S1 和 S4 为一类, 其余样品为另一类。主成分分析结果显示, 前 2 个主成分的累计方差贡献率为 96.61%; 正交偏最小二乘法-判别分析结果显示, 有 11 个共有峰的 VIP 值大于 1, 其中 4 个共有峰分别为葛根素(8 号峰)、甘草昔(14 号峰)、桂皮醛(17 号峰)和甘草酸铵(18 号峰)。结论 建立了姜桂颗粒的 HPLC 指纹图谱, 该方法准确可靠, 对姜桂颗粒的质量评价具有重要意义。

**[关键词]** 姜桂颗粒; 指纹图谱; 高效液相色谱法; 相似度评价; 化学计量学

**[文章编号]** 2097-2024(2025)10-0509-05

**[DOI]** [10.12206/j.issn.2097-2024.202312040](https://doi.org/10.12206/j.issn.2097-2024.202312040)

## Quality evaluation of Jianggui granules by HPLC fingerprint combined with chemometrics

HU Bei, CUI Yaling, MA Liangyu, XU Zihua(Department of Pharmacy, General Hospital of Northern Theater Command of PLA, Shenyang 110000, China)

**[Abstract]** **Objective** To establish the fingerprint of Jianggui granules, and evaluate it by chemometrics. **Methods** The fingerprint of Jianggui granules was established by HPLC. *Similarity evaluation system of chromatographic fingerprint of TCM (2012 edition)* was used to evaluate the similarity evaluation. Then, the quality of the drug was assessed by cluster analysis (CA), principal components analysis (PCA) and partial least squares discriminant analysis (PLS-DA). **Results** The characteristic fingerprint of Jianggui granules was established and 18 common peaks were verified. Five chromatographic peaks were identified, *i.e.* Puerarin, glycyrrhizin, cinnamic acid, cinnamaldehyde and ammonium glycyrrhizinate. The similarities of samples were >0.9. Results of CA showed that 14 batches of samples could be classified into two categories: S1 and S4 were grouped into one category; others were grouped into the other category. The results of PCA showed that the cumulative contribution rate of the first two principal components was 96.61%. The results of OPLS-DA showed that the eleven peaks with VIP value >1 were puerarin (peak 8), glycyrrhizin (peak 14), cinnamaldehyde (peak 17) and ammonium glycyrrhizinate (peak 18). **Conclusion** HPLC fingerprint of Jianggui granules was established. The established method was accurate and reliable, which could be used in quality evaluation of Jianggui granules.

**[Key words]** Jianggui granules; fingerprint; HPLC; similarity evaluation; chemometrics

寒冷损伤是造成非战斗减员的重要原因, 北部战区全年温差大, 环境恶劣, 积雪和结冰多, 因此研究抗寒冷损伤药物, 提高士兵冬季训练质量, 增强部队在高寒地带的军事作业能力, 已成为迫切需要解决的课题。

姜桂颗粒为解放军北部战区总医院的院内制剂, 具有温经散寒、解肌舒筋的功效, 用于治疗寒凝

**[作者简介]** 胡 北, 硕士, 副主任中药师, 研究方向: 中药质量标准研究, Tel: 17790995725, Email: [hubei890607@163.com](mailto:hubei890607@163.com)

**[通信作者]** 许子华, 硕士, 副主任药师, 研究方向: 药物分析, Email: [xuzihua-668585@163.com](mailto:xuzihua-668585@163.com)

血瘀症, 能够改善肢端血液循环, 提高肢端在冷暴露环境下的恢复能力。本课题前期已对其进行了系统的机制研究<sup>[1]</sup>。该方根据古方进行加减所得, 主要由干姜、肉桂、桂枝、葛根、党参、鸡血藤、五加皮、制吴茱萸、炙甘草 9 味药材组成, 方中肉桂、干姜温中散寒、补火助阳、活血通经, 为君药; 葛根、桂枝解肌退热, 党参补气升津, 吴茱萸温中散寒、理气止痛, 五加皮祛湿散寒、强筋骨, 为臣药, 佐以炙甘草调和诸药。

中药指纹图谱具有整体性、系统性和模糊性的特点, 是国际公认的控制天然药物、中成药质量的

有效方法<sup>[2-3]</sup>,而化学计量学通过对指纹图谱中复杂的中药化学数据信息进行综合分析和处理,可更全面反映中药成分特征<sup>[4]</sup>。因此,本研究采用HPLC法,建立姜桂指纹图谱并进行相似度评价,同时结合化学计量学进行综合分析,旨在为姜桂颗粒的生产质控提供理论和技术支持。

## 1 仪器与试药

### 1.1 仪器

LC-16型高效液相色谱仪、AUW120D型电子分析天平(十万分之一)、AEL-160型电子分析天平(万分之一)(岛津公司);KQ3200型超声波清洗机(杭州微米派科技有限公司)。

### 1.2 试药

葛根素对照品(批号:110752-201615,纯度:95.4%)、甘草昔对照品(批号:111610-201607,纯度:93.1%)、肉桂酸对照品(批号:110786-200503,纯度:98.8%)、桂皮醛对照品(批号:110710-202022,纯度:99.5%)均购自中国食品药品检定研究院;甘草酸铵对照品(批号:wqk21021808,纯度≥98%)购自四川省维克奇生物科技有限公司。甲醇、乙腈(均为色谱纯,Sigma公司),其余均为分析纯。姜桂颗粒共14批(编号依次为S1~S14),均由解放军北部战区总医院制剂室生产。

## 2 方法与结果

### 2.1 色谱条件

色谱柱:Agilent C<sub>18</sub>(4.6 mm×250 mm, 5 μm),流动相:0.1%磷酸溶液(A)-乙腈(B)系统,梯度洗脱(0~18 min, 10%~8% B; 18~100 min, 8%~33% B; 100~115 min, 33%~40% B; 115~116 min, 40%~10% B; 116~125 min, 10%~10% B)<sup>[5-6]</sup>;流速:1.0 ml/min;检测波长:265 nm;柱温为30℃;进样量为10 μl。

### 2.2 溶液制备

#### 2.2.1 供试品溶液的制备

取本品1 g,研细,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入60%甲醇30 ml,称定重量,超声波处理30 min,放冷,再称定重量,用60%甲醇补足减失的重量<sup>[7-9]</sup>,摇匀,滤过,取续滤液,即得供试品溶液。

#### 2.2.2 混合对照品溶液的制备

精密称取葛根素、甘草昔、肉桂酸、桂皮醛、甘草酸铵5种对照品适量,分别置量瓶中,加甲醇配制成浓度为630、80、20、240、170 μg/ml的储备液,然后分别精密量取5种对照品各1 ml,置于同

一10 ml量瓶中,加甲醇至刻度,制成葛根素、甘草昔、肉桂酸、桂皮醛、甘草酸铵混合对照品溶液,对照品浓度分别为63、8、2、24、17 μg/ml。

### 2.3 方法学考察

#### 2.3.1 精密度试验

取“2.2.1”项下的供试品溶液(编号S1),按照“2.1”项下的色谱条件,连续进样6次<sup>[10]</sup>,记录HPLC图。以桂皮醛为参照峰,计算各共有峰相对保留时间和相对峰面积的RSD。结果其RSD分别≤1.22%、≤3.90%(n=6),表明该仪器精密度良好。

#### 2.3.2 重复性试验

取样品(编号S1)适量,共6份,按照“2.2.1”项下的方法制备6份供试品溶液,再按照“2.1”项下的色谱条件进样测定。以桂皮醛为参照峰,计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积的RSD。结果其RSD分别≤0.93%、≤4.63%(n=6),表明该试验方法重复性好<sup>[11]</sup>。

#### 2.3.3 稳定性试验

取“2.2.1”项下供试品溶液,分别在室温条件下放置0、4、8、12、16、20、24 h,再按照“2.1”项下的色谱条件进行测定。以桂皮醛为参照峰,计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积的RSD。结果其RSD分别≤0.44%、≤1.50%(n=7),表明此供试品溶液在室温下放置24 h基本稳定。

### 2.4 指纹图谱的建立

取14批姜桂颗粒(编号依次为S1~S14)样品,按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液,再按“2.1”项下色谱条件进样测定。将得到的所有图谱导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》,以各成分色谱响应均较强的S1样品为参照,采用中位数法,时间窗宽度为0.3 min,选择多点校正的方法,并选择Mark峰匹配<sup>[12-14]</sup>,生成姜桂颗粒的HPLC叠加指纹图谱和对照图谱(R)。结果显示,姜桂颗粒的14批样品中,有18个共有峰。结果见图1。

### 2.5 共有峰的指认

分别取“2.2.2”项下混合对照品溶液和“2.2.1”项下供试品溶液,按“2.1”项下色谱条件进样测定,记录HPLC图(图2)。通过供试品溶液与混合对照品溶液的比对,共指认出了5个共有峰,分别为葛根素(8号峰)、甘草昔(14号峰)、肉桂酸(16号峰)、桂皮醛(17号峰)、甘草酸铵(18号峰)。

### 2.6 相似度评价

采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》,对14批姜桂颗粒指纹图谱的相似度

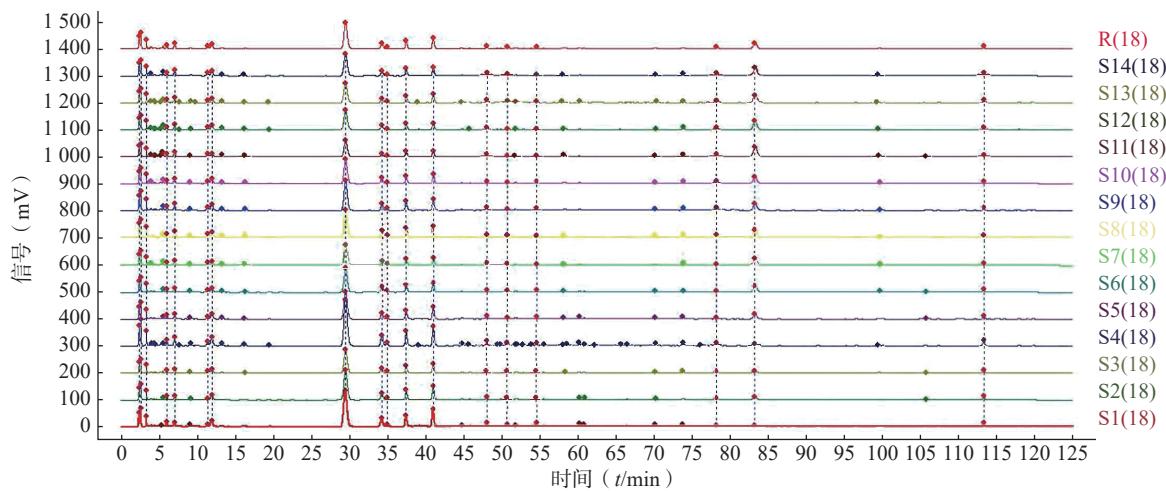


图 1 14 批姜桂颗粒的 HPLC 指纹图谱

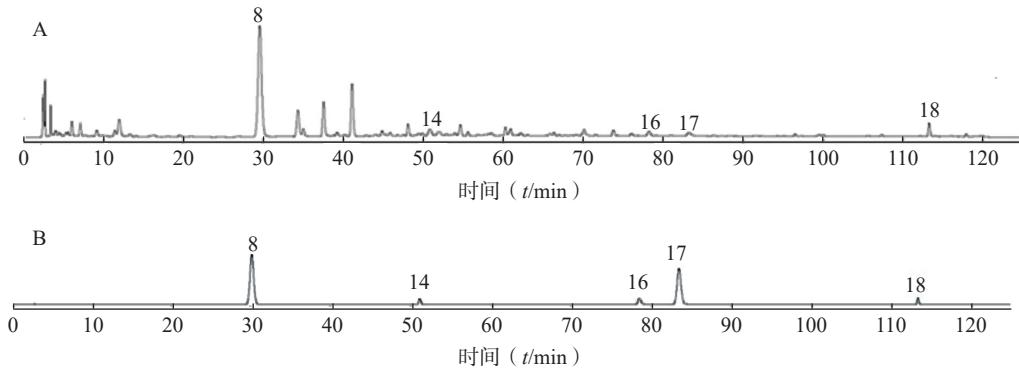


图 2 姜桂颗粒的 HPLC 图

A.供试品溶液;B.混合对照品溶液

进行评价<sup>[14-17]</sup>。结果显示,14 批姜桂颗粒的指纹图谱与对照图谱的相似度均>0.9,表明这 14 批姜桂

颗粒制剂工艺较稳定,不同批次间化学成分组成差异较小,结果见表 1。

表 1 14 批姜桂颗粒的相似度评价结果

批次	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	R
S1	1.000	0.998	0.996	0.999	0.990	0.974	0.952	0.973	0.979	0.966	0.864	0.917	0.950	0.949	0.982
S2	0.998	1.000	0.998	0.998	0.997	0.985	0.968	0.984	0.988	0.979	0.891	0.938	0.966	0.966	0.991
S3	0.996	0.998	1.000	0.998	0.997	0.987	0.973	0.988	0.992	0.983	0.899	0.945	0.970	0.970	0.993
S4	0.999	0.998	0.998	1.000	0.992	0.977	0.958	0.978	0.983	0.971	0.874	0.925	0.956	0.955	0.985
S5	0.990	0.997	0.997	0.992	1.000	0.996	0.985	0.995	0.997	0.992	0.925	0.963	0.984	0.983	0.999
S6	0.974	0.985	0.987	0.977	0.996	1.000	0.996	0.999	0.999	0.999	0.956	0.983	0.996	0.996	0.999
S7	0.952	0.968	0.973	0.958	0.985	0.996	1.000	0.997	0.994	0.998	0.976	0.994	1.000	1.000	0.993
S8	0.973	0.984	0.988	0.978	0.995	0.999	0.997	1.000	0.999	0.999	0.956	0.984	0.996	0.996	0.999
S9	0.979	0.988	0.992	0.983	0.997	0.999	0.994	0.999	1.000	0.998	0.951	0.979	0.992	0.993	1.000
S10	0.966	0.979	0.983	0.971	0.992	0.999	0.998	0.999	0.998	1.000	0.964	0.989	0.998	0.998	0.997
S11	0.864	0.891	0.899	0.874	0.925	0.956	0.976	0.956	0.946	0.964	1.000	0.992	0.978	0.978	0.943
S12	0.917	0.938	0.945	0.925	0.963	0.983	0.994	0.984	0.979	0.989	0.992	1.000	0.995	0.996	0.976
S13	0.950	0.966	0.970	0.956	0.984	0.996	1.000	0.996	0.992	0.998	0.978	0.995	1.000	1.000	0.992
S14	0.949	0.966	0.970	0.955	0.983	0.996	1.000	0.996	0.993	0.998	0.978	0.996	1.000	1.000	0.992
R	0.982	0.991	0.993	0.985	0.999	0.999	0.993	0.999	1.000	0.997	0.943	0.976	0.992	0.992	1.000

## 2.7 聚类分析

以 18 个共有峰的峰面积为变量,以平方欧氏距离为度量标准,采用 SPSS 25.0 软件进行聚类分析<sup>[18-19]</sup>。结果显示,当类间距离为 10 时,14 批样品可聚为两类,其中,S1 和 S4 为一类,剩下的样品为

一类,表明这 14 批次样品的成分含量存在一定的差异,这可能与药材来源、采收和生产加工工艺有关,结果见图 3。

## 2.8 主成分分析

以 18 个共有峰峰面积为原始数据进行标准化

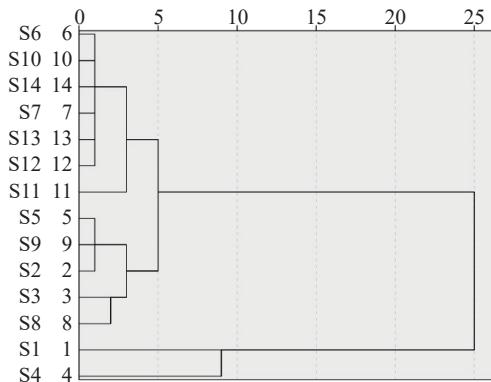


图3 14批姜桂颗粒的聚类分析树状图

处理,以主成分的特征值及贡献率为依据,采用SPSS 25.0软件进行主成分分析<sup>[20]</sup>。结果显示,前2个主成分的特征值>1,累计方差贡献率为96.61%,结果见表2。主成分载荷矩阵见表3,它反映了各变量对主成分的贡献程度。由表3可知,主成分1主要反映了1~4、7~15及18号峰的信息;主成分2主要反映了5、6、16、17号峰的信息。通过成分得分系数矩阵计算综合得分可以评价姜桂颗粒的整体质量。计算各样本综合得分并进行排序,初步对14批样品进行分析,综合得分高者为优,14批样品中以S4批次为最优,结果见表4。

表2 主成分的特征值及方差贡献率

主成分	特征值	方差贡献率(%)	累计方差贡献率(%)
A1	1.904	82.81	82.81
A2	2.484	13.80	96.61

### 2.9 正交偏最小二乘法-判别分析

以18个共有峰的峰面积为变量,采用SIMCA 14.1软件进行正交偏最小二乘法-判别分析。变量重要性投影(VIP)值可用来衡量各共有峰的表达模式对样本分类判别的影响强度和解释能力,以辅助筛选质量标志性差异物<sup>[21-22]</sup>,若VIP值>1,表明该色谱峰为具有统计学意义的差异标志物<sup>[23]</sup>。不同批次的姜桂颗粒样品之间存在一定差异,同时结果也显示有11个共有峰VIP值>1,包括葛根素(8号峰)、甘草苷(14号峰)、桂皮醛(17号峰)、甘草酸铵(18号峰)。以上结果表明这11种成分对不同批

表3 主成分载荷矩阵

峰号	主成分1	主成分2
1	0.946	0.293
2	0.985	0.146
3	0.921	0.342
4	0.979	0.096
5	0.743	0.658
6	0.707	0.671
7	0.971	0.178
8	0.976	-0.191
9	0.973	-0.201
10	0.979	-0.130
11	0.982	-0.165
12	0.959	-0.259
13	0.987	-0.138
14	0.978	-0.113
15	0.906	-0.411
16	0.726	0.671
17	-0.624	0.584
18	0.910	-0.396

表4 14批姜桂颗粒样品主成分得分及综合评分排序

排序	批次	主成分1	主成分2	综合评分
1	S4	1.762	2.532	2.071
2	S1	1.725	-0.900	0.671
3	S9	-0.262	1.114	0.290
4	S8	0.085	0.473	0.241
5	S2	1.220	-1.382	0.176
6	S5	0.454	-0.441	0.095
7	S10	-0.509	0.247	-0.206
8	S6	-0.069	-0.652	-0.303
9	S14	-0.709	0.218	-0.337
10	S3	0.227	-1.181	-0.338
11	S13	-0.618	-0.208	-0.453
12	S7	-0.657	-0.267	-0.500
13	S12	-1.267	0.409	-0.594
14	S11	-1.383	0.039	-0.813

次姜桂颗粒的质量一致性有一定的影响,可作为姜桂颗粒质量差异的特征成分,在生产过程的质量控制中可重点关注它们的变化情况,结果见图4。

### 3 讨论

本课题通过指纹图谱得出,14批姜桂颗粒有18个共有峰,并指认出了葛根素(8号峰)、甘草苷(14号峰)、肉桂酸(16号峰)、桂皮醛(17号峰)和甘草酸铵(18号峰)5个成分,其中,葛根标定了

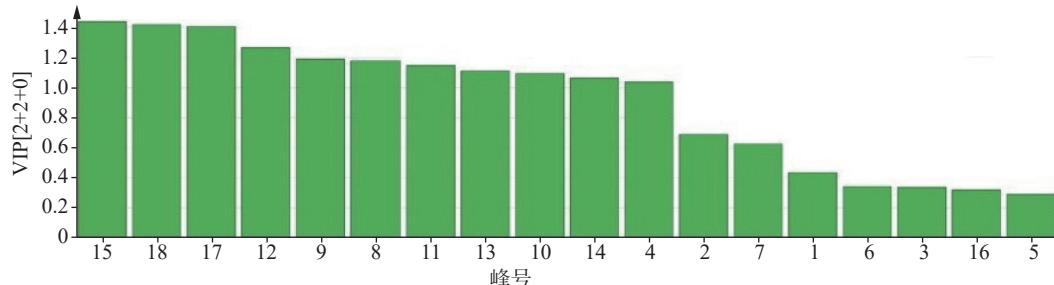


图4 共有峰的VIP值

1个成分,甘草标定了2个成分,肉桂标定了2个成分。进一步采用化学计量分析方法考察了姜桂颗粒的整体性和差异性,主成分分析发现,前2个主成分的特征值 $>1$ ,表明这2个成分能够概括样品中的绝大部分信息。聚类分析结果显示,当类间距离为10时,14批样品可聚为2类,其中S1和S4为一类,剩下的样品为一类,表明这14批次样品中含有的成分含量有所不同,进一步说明不同原药材厂家及不同批次原药材对制剂质量的均一稳定性产生了一定影响。其中,14批原药材或者采自不同厂家,或者采自相同厂家不同批次,S1至S4为不同厂家提供的原药材,S1、S5、S9、S13为同一厂家不同批次,S2、S6、S10、S14为同一厂家不同批次,S3、S7、S11为同一厂家不同批次,S4、S8、S12为同一厂家不同批次。正交偏最小二乘法-判别分析结果显示,有11个共有峰VIP值 $>1$ ,表明这11个成分可能是影响姜桂颗粒质量的差异标志物,这种差异跟原药材的质量、制剂的提取和制备工艺均有关。

综上所述,本研究所建立的指纹图谱分析方法稳定可靠、简便易行、高效快速,能够进一步结合化学计量法对指纹图谱进行综合评价,能够较全面地反映制剂的整体信息和特征信息<sup>[24]</sup>,为姜桂颗粒的质量控制提供了科学依据。

## 【参考文献】

- [1] ZU Y X, LU H Y, LIU W W, et al. Jiang Gui Fang activated interscapular brown adipose tissue and induced epididymal white adipose tissue browning through the PPAR $\gamma$ /SIRT1-PGC1 $\alpha$  pathway[J]. *J Ethnopharmacol*, 2020, 248: 112271.
- [2] 肖琳婧,秦学玲,龙琴,等.高效液相色谱指纹图谱结合化学计量学评价上清丸的质量[J].中南药学,2023,21(8):2163-2169.
- [3] 肖琳婧,刘莹莹,赵禹,等.HPLC指纹图谱结合化学计量学的不同产地灯盏花药材和近缘种样品的质量评价[J].中草药,2019,50(14):3438-3443.
- [4] 于密密,王安琪,杜小伟,等.基于HPLC指纹图谱结合化学计量学的痫泻灵片质量评价[J].中成药,2023,45(9):2846-2852.
- [5] 胡北,高欢,陈莹,等.HPLC法同时测定姜桂颗粒中5种成分[J].中成药,2023,45(4):1086-1089.
- [6] 徐丽斯,刘岩,李斯琪,等.高效液相色谱-质谱法检测血浆中神经酰胺含量与急性冠状动脉综合征相关性[J].临床军医杂志,2022,50(10):1039-1042.
- [7] 赵昕,张宝宝,贺康洪.胃康胶囊定性定量质量控制方法研究[J].临床军医杂志,2020,48(7):754-757.
- [8] 张成中,郑承剑,何旭辉,等.刺梨特征图谱及质量标准研究[J].药学实践与服务,2022,40(5):464-468.
- [9] 万丽娟.温胆颗粒的研制与质量标准研究[D].武汉:湖北中医药大学,2017.
- [10] 广东一方制药有限公司.茯苓药材特征图谱构建方法以及茯苓三萜类成分检测方法:CN202111039283.7[P].2021-11-26.
- [11] 陈君,陈丽,韦建华.广西倒地铃体外抗氧化活性的谱效关系研究[J].中国药房,2017,28(7):906-909.
- [12] 黄良永,刘佳丽,杜士明.妇安消滞洗液高效液相色谱指纹图谱研究[J].中国药业,2022,31(6):73-77.
- [13] 贾玉倩,袁诗农,赵子祎,等.HPLC指纹图谱结合化学模式识别的蛇床子炒制前后对比[J].中药材,2022,45(5):1095-1100.
- [14] 高欢,胡北,李想,等.肉桂人参颗粒的含量测定、指纹图谱建立及差异标志物筛选[J].中国药房,2022,33(16):1990-1994.
- [15] 任慧,郭盛,许小雪,等.补肺活血胶囊UPLC指纹图谱建立及质量评价[J].中国现代中药,2022,24(11):2214-2221.
- [16] 乔萍,王佳丽,谢辉,等.经典名方羌活胜湿汤指纹图谱及药效关联物质预测分析[J].药物分析杂志,2022,42(4):618-629.
- [17] 孙姗.几种药用植物毛细管电泳指纹图谱研究[D].济南:济南大学,2018.
- [18] 陈宗良,张妍妍,沈子博,等.藿香正气水UPLC指纹图谱及相关性研究[J].中国药师,2022,25(7):1255-1259.
- [19] 张群,罗沙,李洁,等.基于指纹图谱结合化学计量学方法评价荆芥穗质量[J].药学学报,2022,57(7):2146-2152.
- [20] 陈锋,张颖,李嘉.基于聚类分析和主成分分析的广西小叶金花草高效液相色谱指纹图谱研究[J].中南药学,2021,19(9):1883-1886.
- [21] 林忠泽,张清民,盛钊君,等.皮肤病血毒丸的HPLC指纹图谱研究[J].西北药学杂志,2022,37(4):20-24.
- [22] 刘振洋.凡纳滨对虾虾头贮藏过程中鲜度和风味物质的变化[D].湛江:广东海洋大学,2021.
- [23] 陆鳌,李金慈,盛华,等.保肾片超高效液相色谱指纹图谱的建立及化学模式识别分析[J].中南药学,2022,20(2):394-399.
- [24] 田桂玉,郭玉滢,周琳,等.醋芫花标准汤剂HPLC特征图谱的构建方法:CN116519860A[P].2023-08-01.

〔收稿日期〕 2023-12-16 〔修回日期〕 2024-05-07

〔本文编辑〕 李春德