

# 不同基原藁本药材的指纹图谱建立及其化学计量学分析<sup>Δ</sup>

梁 慧\*, 潘晓君, 吕渭升, 杨文惠, 罗宇琴, 潘礼业, 霍文杰, 李振雨<sup>†</sup>(广东一方制药有限公司/广东省中药配方颗粒企业重点实验室, 广东 佛山 528244)

中图分类号 R284.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2021)19-2358-05  
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2021.19.09



**摘要** 目的:建立藁本、辽藁本、新疆藁本3种不同基原藁本药材的超高效液相色谱(UPLC)法指纹图谱,并进行化学计量学分析,为不同基原藁本药材的鉴别提供参考。方法:采用UPLC法检测并结合《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》建立23批不同基原藁本药材的指纹图谱,并进行色谱峰指认和相似度评价。采用聚类分析(CA)、主成分分析(PCA)及正交偏最小二乘判别分析(OPLS-DA)等化学计量学分析方法对不同基原藁本药材进行分析,筛选差异成分。结果:藁本、辽藁本、新疆藁本药材的UPLC指纹图谱中分别标定了13、11、11个特征峰,其中5号峰为阿魏酸;相似度评价结果显示,新疆藁本药材与辽藁本药材间的相似度为0.312~0.541,新疆藁本药材与藁本药材间的相似度为0.324~0.682,藁本药材与辽藁本药材间的相似度为0.312~0.671,表明不同基原藁本药材间的差异较大。经CA、PCA、OPLS-DA发现,不同基原藁本药材各自聚为一类;10号峰、13号峰、12号峰、7号峰、6号峰所代表的化学成分为这3种基原藁本药材的差异成分。结论:本研究建立了不同基原藁本药材的UPLC指纹图谱,筛选出了5种差异成分,可用于鉴别不同基原的藁本药材。

**关键词** 藁本;辽藁本;新疆藁本;基原鉴别;超高效液相色谱法;指纹图谱;聚类分析;主成分分析;正交偏最小二乘判别分析

## Fingerprint Establishment of Rhizoma Ligustici from Different Origins and Their Chemometrics Analysis

LIANG Hui, PAN Xiaojun, LYU Weisheng, YANG Wenhui, LUO Yuqin, PAN Liye, HUO Wenjie, LI Zhenyu (Guangdong Yifang Pharmaceutical Co., Ltd./Guangdong Provincial Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Formula Granule, Guangdong Foshan 528244, China)

**ABSTRACT** OBJECTIVE: To establish UPLC fingerprint of *Ligusticum sinense*, *Ligusticum jeholense* and *Conioselinum vaginatum*, and to conduct their chemometrics analysis so as to provide reference for the identification of Rhizoma Ligustici from different origins. METHODS: UPLC method combined with *Similarity Evaluation System of TCM Chromatographic Fingerprints* (2012 edition) were used to establish the fingerprints of Rhizoma Ligustici from different origins. Chromatographic peak identification and similarity evaluation were carried out. Cluster analysis (CA), principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA) were performed to analyze Rhizoma Ligustici from different origins, and screen differential components. RESULTS: Totally 13, 11, 11 characteristic peaks were identified in UPLC fingerprints of *L. sinense*, *L. jeholense* and *C. vaginatum*, respectively. Similarity evaluation showed that the similarity between *C. vaginatum* and *L. jeholense* were 0.312-0.541; that between *C. vaginatum* and *L. sinense* were 0.324-0.682; that between *L. sinense* and *L. jeholense* were 0.312-0.671, indicating there was great difference among Rhizoma Ligustici from different origins. CA, PCA and OPLS-DA showed that Rhizoma Ligustici from different origins were clustered into each category respectively; chemical components represented by peak 10, peak 13, peak 12, peak 7 and peak 6 were differential components for Rhizoma Ligustici from 3 origins. CONCLUSIONS: The study establishes UPLC fingerprint of Rhizoma Ligustici from different origins, and screens 5 differential components, which can be used to identify Rhizoma Ligustici from different origins.

**KEYWORDS** *Ligusticum sinense*; *Ligusticum jeholense*; *Conioselinum vaginatum*; Origins identification; UPLC; Fingerprint; Cluster analysis; Principal component analysis; Orthogonal partial least squares discriminant analysis

藁本为伞形科植物藁本 *Ligusticum sinense* Oliv. 或辽藁本 *Ligusticum jeholense* Nakai et Kitag. 的干燥根茎和根,性温、味辛、归膀胱经,具有祛风散寒、除湿止痛的

功效<sup>[1]</sup>;其始载于东汉《神农本草经》,为治疗太阳经头痛之要药<sup>[2]</sup>,目前临床上以2020年版《中国药典》规定的藁本或辽藁本作为正品藁本人药<sup>[3]</sup>。研究发现,藁本分布于四川、湖北、甘肃、陕西等地,主产于四川阿坝藏族自治州、湖北省恩施等地;辽藁本分布于辽宁、吉林、内蒙古等地,主产于辽宁鞍山、抚顺等地<sup>[4]</sup>。相关调查发现,目前市场上销量较大的除了正品藁本、辽藁本外,还有地方习用品新疆藁本[伞形科植物鞘山芎 *Conioselinum*

<sup>Δ</sup> 基金项目:广东省省级科技计划项目(No.2018B030323004);“广东特支计划”科技创业领军人才项目(No.2017TY04R197)

\* 学士。研究方向:中药饮片及中药配方颗粒。电话:0757-85128602。E-mail:773274122@qq.com

# 通信作者:主管中药师,硕士。研究方向:中药饮片及中药配方颗粒。电话:0757-85128602。E-mail:1083656123@qq.com

*vaginatium* (Spreng.) Thell. 的干燥根和根茎<sup>[4]</sup>。虽然新疆藁本与正品藁本在化学成分和临床应用上有部分相似,但药理作用却相差较大,且药用范围不同<sup>[4]</sup>,故两者在临床上使用时应进行区分。

目前对不同基原藁本药材的鉴别,常采用性状与显微鉴别法、DNA分子鉴定法,但这两种方法皆存在一定不足:性状与显微鉴别法难以鉴定破碎的药材(或饮片);DNA分子鉴定法虽准确度高,但操作过程较为繁琐<sup>[5-8]</sup>。中药指纹图谱能反映药材中的重要特征信息,结合化学计量学分析方法可为多基原药材的鉴别提供新的思路<sup>[9-10]</sup>。目前,已有相关文献报道了不同基原藁本药材的指纹或特征图谱研究,但多采用高效液相色谱(HPLC)法,该方法分析时间较长,且难以明确不同基原药材间的差异<sup>[11-13]</sup>。

超高效液相色谱(UPLC)法能在确保分析结果准确度的同时,节省实验分析时间和支出,故已在各种分析领域中广泛应用<sup>[14]</sup>。基于此,本研究采用UPLC法建立23批不同基原藁本药材的UPLC指纹图谱,并采用化学计量学分析方法[聚类分析(CA)、主成分分析(PCA)和正交偏最小二乘判别分析(OPLS-DA)]筛选不同基原藁本药材的差异成分,以期鉴别不同基原的藁本药材提供参考。

## 1 材料

### 1.1 主要仪器

本研究所用主要仪器有:H-Class型UPLC仪(美国Waters公司),XP26型百万分之一分析天平、ME204E型万分之一分析天平(瑞士Mettler-Toledo公司),KQ-500DE型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),HWS28型恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司),Milli-Q Direct型超纯水系统(德国Merck公司)。

### 1.2 主要药品与试剂

本研究所用主要试剂有:阿魏酸对照品(中国食品药品检定研究院,批号110773-201614,纯度99.0%),甲醇、乙腈(德国Merck公司,色谱级),乙酸(天津市科密欧化学试剂有限公司,色谱纯);其余试剂均为分析纯,水为超纯水。

本研究所用23批不同基原藁本药材由广东一方制药有限公司提供,且经该公司魏梅主任药师鉴定分别为藁本 *L. sinense* Oliv.、辽藁本 *L. jeholense* Nakai et Kitag. 及新疆藁本 *C. vaginatium* (Spreng.) Thell. 的干燥根茎和根,其具体样品信息详见表1。

## 2 方法与结果

### 2.1 不同基原藁本的UPLC指纹图谱的建立

2.1.1 色谱条件 色谱柱为YMC Triart C<sub>18</sub>(100 mm×2.1 mm, 1.9 μm);流动相为乙腈(A)-0.1%乙酸溶液(B),梯度洗脱(0~2 min, 5% A; 2~4 min, 5% A→10% A; 4~8 min, 10% A→13% A; 8~12 min, 13% A→23% A; 12~

表1 不同基原藁本药材的样品信息

Tab 1 Sample information of *Rhizoma Ligustici* from different origins

编号	基原	产地	编号	基原	产地
XJGB1	新疆藁本	新疆伊犁	LGB10	辽藁本	辽宁抚顺
XJGB2	新疆藁本	新疆伊犁	LGB11	辽藁本	辽宁抚顺
XJGB3	新疆藁本	新疆伊犁	GB1	藁本	四川阿坝州
LGB1	辽藁本	辽宁鞍山	GB2	藁本	四川阿坝州
LGB2	辽藁本	辽宁鞍山	GB3	藁本	四川阿坝州
LGB3	辽藁本	辽宁鞍山	GB4	藁本	湖北恩施
LGB4	辽藁本	吉林敦化	GB5	藁本	湖北恩施
LGB5	辽藁本	吉林敦化	GB6	藁本	湖北恩施
LGB6	辽藁本	辽宁抚顺	GB7	藁本	湖北恩施
LGB7	辽藁本	辽宁抚顺	GB8	藁本	湖北恩施
LGB8	辽藁本	辽宁抚顺	GB9	藁本	甘肃定西
LGB9	辽藁本	辽宁抚顺			

23 min, 23% A→53% A; 23~30 min, 53% A);检测波长为254 nm;柱温为30℃;流速为0.35 mL/min;进样量为1 μL。

2.1.2 对照品溶液的制备 取阿魏酸对照品适量,精密称定,加甲醇溶解制成质量浓度为30 μg/mL的对照品溶液。

2.1.3 供试品溶液的制备 取藁本药材粉末(过二号筛)约0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入70%甲醇50 mL,密塞,称定质量;于85℃条件下加热回流提取2 h,放冷,再称定质量;以70%甲醇补足减失的质量,摇匀,以0.22 μm微孔滤膜滤过,取续滤液,即得供试品溶液。

2.1.4 精密度试验 取辽藁本药材粉末(编号LGB7)适量,按“2.1.3”项下的方法制备供试品溶液,再按“2.1.1”项下色谱条件连续进样6次,记录色谱图。以5号峰为参照峰(因其峰形良好),计算各特征峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示,各特征峰的相对保留时间和相对峰面积的RSD均小于3.0%,表明该仪器精密密度良好。

2.1.5 重复性试验 取辽藁本药材粉末(编号LGB7)适量,共平行6份,按“2.1.3”项下的方法制备供试品溶液,再按“2.1.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。以5号峰为参照峰,计算各特征峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示,各特征峰的相对保留时间和相对峰面积的RSD均小于3.0%(n=6),表明该方法重复性良好。

2.1.6 稳定性试验 取辽藁本药材粉末(编号LGB7)适量,按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液,于室温放置0、2、4、6、8、12 h时,再按“2.1.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。以5号峰为参照峰,计算各特征峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示,各特征峰的相对保留时间和相对峰面积的RSD均小于3.0%(n=6),表明供试品溶液在室温放置12 h内稳定性良好。

2.1.7 指纹图谱的建立及分析 取23批不同基原藁本药材粉末适量,按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液,再

按“2.1.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》,以LGB7号样品的色谱图为参照图谱,设置时间窗宽度为0.1 s,采用Mark峰匹配法进行匹配,生成23批不同基原藁本药材的叠加指纹图谱,详见图1。采用平均数法生成不同基原藁本药材的对照指纹图谱(R),详见图2。

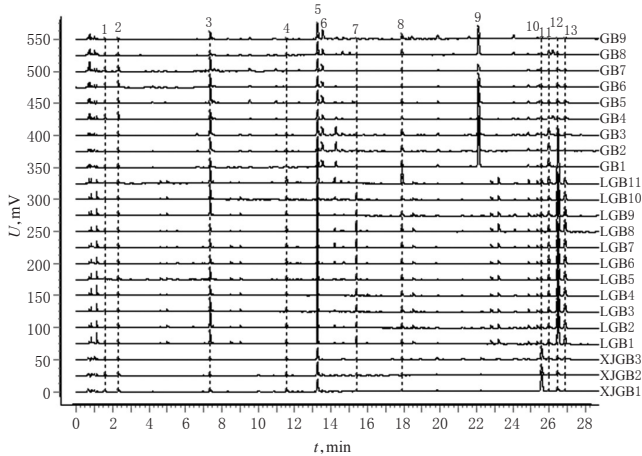


图1 23批不同基原藁本药材的叠加指纹图谱  
Fig 1 UPLC superimposed fingerprint of 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

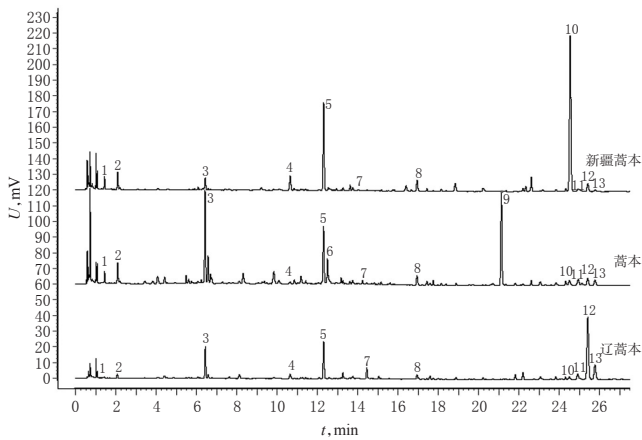


图2 不同基原藁本药材的对照指纹图谱(R)  
Fig 2 Reference fingerprint (R) of Rhizoma Ligustici from different origins

由图1和图2可知,藁本、辽藁本、新疆藁本药材的UPLC指纹图谱中分别标定了13、11、11个特征峰,由此提示不同基原藁本药材所含成分存在差异。

2.1.8 色谱峰的指认 取“2.1.2”项下对照品溶液,按“2.1.1”项下色谱条件进样分析,记录色谱图,详见图3。由图3和图2比对可知,5号峰为阿魏酸。

2.1.9 相似度评价 将23批不同基原藁本药材的指纹图谱导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》进行相似度评价。结果显示,3批新疆藁本药材间的相似度为0.940~0.984,11批辽藁本药材间的相似度为0.962~0.999,9批藁本药材间的相似度为0.730~0.997;新疆藁本药材与辽藁本药材间的相似度为

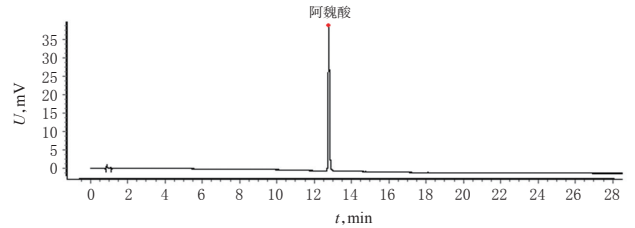


图3 对照品溶液的UPLC图  
Fig 3 UPLC chromatogram of substance control

0.312~0.541,新疆藁本药材与藁本药材间的相似度为0.324~0.682,藁本药材与辽藁本药材间的相似度为0.312~0.671,均小于0.7,表明不同基原藁本药材间存在差异,详见表2。

## 2.2 不同基原藁本药材的化学计量学分析

2.2.1 CA 以5号峰(阿魏酸)为参照峰S,将其余12个特征峰的相对峰面积数据(辽藁本、新疆藁本药材中缺失的6号峰、9号峰的相对峰面积数据均按0计算,下同)导入IBM SPSS 20.0统计软件,采用组间联接法<sup>[15]</sup>,并选取平方欧氏距离为度量标准进行CA,结果见图4。由图4可知,当平方欧氏距离为10时,23批不同基原藁本药材可聚为3类:LGB1~LGB11聚为一类,均为辽藁本药材;XJGB1~XJGB3聚为一类,均为新疆藁本药材;GB1~GB9聚为一类,均为藁本药材。

2.2.2 PCA 以各特征峰的相对峰面积为变量,采用SIMCA 14.1软件进行无监督模式的PCA,并绘制PCA模型得分散点图,详见图5。结果显示,PCA模型的 $R^2X$ (cum)为0.963, $Q^2$ (cum)为0.770,均大于0.5,表明该模型拟合良好<sup>[16]</sup>。由图5可知,不同基原藁本药材各自聚为一类,其中新疆藁本药材与辽藁本药材的聚集较为集中,而藁本药材的聚集较为分散。

2.2.3 OPLS-DA 以各特征峰的相对峰面积为变量,采用SIMCA 14.1统计软件进行有监督模式的OPLS-DA,其得分散点图见图6。结果显示,OPLS-DA模型的 $R^2X$ (cum)为0.875, $R^2Y$ (cum)为0.950, $Q^2$ (cum)为0.931,均接近1,表明该模型拟合度好、稳定性和预测率高<sup>[17]</sup>。由图6可知,23批藁本药材样品均落在95%置信区间内(XJGB2样品除外),且不同基原藁本药材各自聚在一起、区分清晰,表明不同基原藁本药材间差异明显。采用统计推断方法分析该模型<sup>[18]</sup>,并将该模型随机排列200次进行置换检验,结果见图7。由图7可知,置换检验参数 $R^2$ 和 $Q^2$ 的截距分别为0.105、-0.535,OPLS-DA模型的原始 $R^2$ 和 $Q^2$ (位于图7右上方)均大于左边随机排列后的 $R^2$ 和 $Q^2$ ,表明建立的OPLS-DA模型没有出现拟合现象<sup>[18]</sup>,可用于不同基原藁本药材的模式识别。进一步提取OPLS-DA模型中变量投影重要性(VIP)值(见图8),并以VIP值大于1筛选不同基原藁本药材的差异成分<sup>[19]</sup>。由图8可知,10号峰、13号峰、12号峰、7号峰、6号峰所代表的化学成分是这3种基原藁本药材的

表2 23批不同基原藁本药材的相似度评价结果

Tab 2 Results of similarity evaluation of 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

样品编号	XJGB1	XJGB2	XJGB3	LGB1	LGB2	LGB3	LGB4	LGB5	LGB6	LGB7	LGB8	LGB9	LGB10	LGB11	GB1	GB2	GB3	GB4	GB5	GB6	GB7	GB8	GB9	
XJGB1	1.000																							
XJGB2	0.940	1.000																						
XJGB3	0.984	0.981	1.000																					
LGB1	0.344	0.500	0.398	1.000																				
LGB2	0.350	0.513	0.403	0.989	1.000																			
LGB3	0.335	0.484	0.384	0.998	0.988	1.000																		
LGB4	0.345	0.505	0.402	0.999	0.985	0.998	1.000																	
LGB5	0.345	0.504	0.400	0.998	0.988	0.999	0.999	1.000																
LGB6	0.352	0.514	0.413	0.991	0.970	0.988	0.995	0.992	1.000															
LGB7	0.371	0.541	0.437	0.993	0.974	0.987	0.995	0.992	0.997	1.000														
LGB8	0.323	0.466	0.374	0.991	0.962	0.990	0.993	0.990	0.991	0.990	1.000													
LGB9	0.312	0.449	0.351	0.991	0.984	0.997	0.990	0.993	0.974	0.972	0.983	1.000												
LGB10	0.327	0.475	0.373	0.996	0.993	0.996	0.993	0.994	0.978	0.981	0.981	0.995	1.000											
LGB11	0.351	0.497	0.398	0.976	0.969	0.984	0.977	0.983	0.966	0.965	0.970	0.982	0.970	1.000										
GB1	0.413	0.627	0.522	0.435	0.488	0.412	0.439	0.442	0.477	0.488	0.371	0.356	0.400	0.436	1.000									
GB2	0.382	0.578	0.472	0.438	0.518	0.416	0.432	0.438	0.454	0.467	0.351	0.371	0.423	0.426	0.967	1.000								
GB3	0.343	0.520	0.415	0.417	0.520	0.396	0.403	0.412	0.402	0.424	0.312	0.365	0.422	0.401	0.880	0.968	1.000							
GB4	0.380	0.599	0.466	0.484	0.567	0.464	0.474	0.482	0.467	0.497	0.389	0.436	0.486	0.465	0.824	0.880	0.899	1.000						
GB5	0.324	0.514	0.393	0.515	0.621	0.498	0.497	0.508	0.473	0.503	0.405	0.481	0.535	0.494	0.770	0.884	0.960	0.935	1.000					
GB6	0.357	0.571	0.436	0.578	0.671	0.562	0.564	0.574	0.543	0.574	0.477	0.543	0.592	0.557	0.781	0.869	0.922	0.973	0.983	1.000				
GB7	0.353	0.566	0.435	0.538	0.634	0.519	0.523	0.533	0.503	0.535	0.432	0.498	0.551	0.514	0.794	0.884	0.939	0.971	0.989	0.997	1.000			
GB8	0.426	0.682	0.561	0.548	0.579	0.522	0.555	0.555	0.581	0.607	0.498	0.467	0.507	0.551	0.948	0.879	0.790	0.800	0.730	0.769	0.777	1.000		
GB9	0.408	0.654	0.530	0.465	0.529	0.440	0.463	0.467	0.467	0.504	0.386	0.394	0.442	0.472	0.923	0.909	0.884	0.880	0.856	0.870	0.884	0.959	1.000	

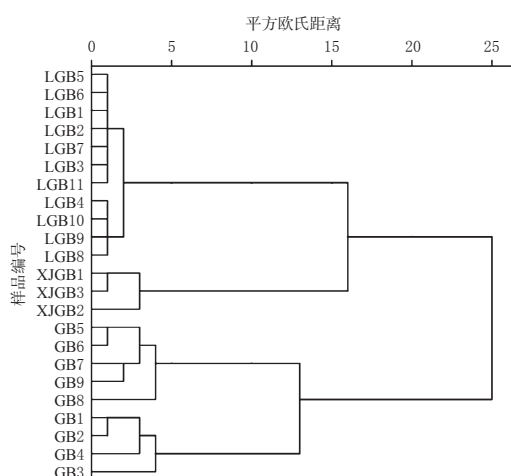


图4 23批不同基原藁本药材的CA结果

Fig 4 CA result of 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

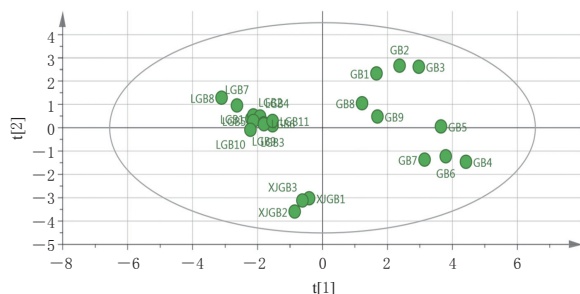


图5 23批不同基原藁本药材的PCA模型得分散点图

Fig 5 PCA scatter plot for 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

差异成分,提示可通过这5种成分来区分藁本药材的基原。

### 3 讨论

#### 3.1 色谱条件的优化

本研究前期考察了不同色谱柱(Agilent SB C<sub>18</sub>、Waters HSS T3、YMC Triart C<sub>18</sub>)、不同柱温(28、30、32 ℃)、不同流速(0.33、0.35、0.37 mL/min)对UPLC图谱的影响。结果发现,YMC Triart C<sub>18</sub>色谱柱的分离效果最好,柱温及流速对UPLC图谱的影响不大,故最终确定柱温为30 ℃、流速为0.35 mL/min。

#### 3.2 供试品溶液制备方法考察

本研究前期考察了不同提取溶剂(乙醇、甲醇、70%乙醇、70%甲醇)、不同提取方式(超声、加热回流)以及不同提取时间(0.5、1、1.5、2、2.5 h)对UPLC图谱的影响。结果发现,以70%甲醇为提取溶剂、加热回流提取2 h,所得色谱峰的峰形和分离度均较好。

#### 3.3 指纹图谱分析

本研究建立了23批不同基原藁本药材的UPLC指纹图谱,对藁本、辽藁本、新疆藁本药材分别标定了13、11、11个特征峰,其中藁本药材比辽藁本、新疆藁本药材多了6号峰和9号峰。新疆藁本药材与辽藁本药材间的相似度为0.312~0.541,新疆藁本药材与藁本药材间的相似度为0.324~0.682,藁本药材与辽藁本药材间的相似度为0.312~0.671,表明不同基原藁本药材间存在差异。

本研究采用CA、PCA、OPLS-DA均可把不同基原藁本药材分为3类;进一步分析可知,10号峰、13号峰、12

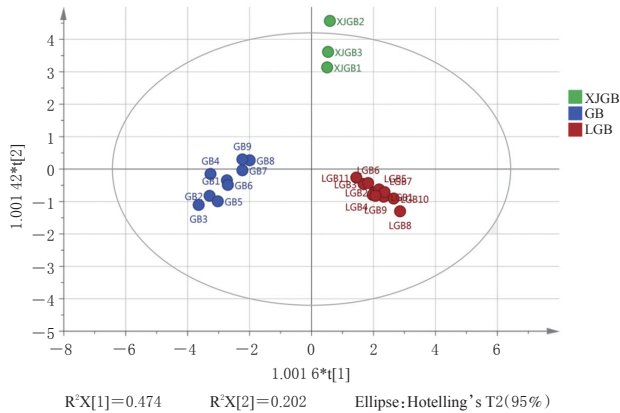


图6 23批不同基原藁本药材的OPLS-DA模型得分散点图

Fig 6 OPLS-DA scatter plot for 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

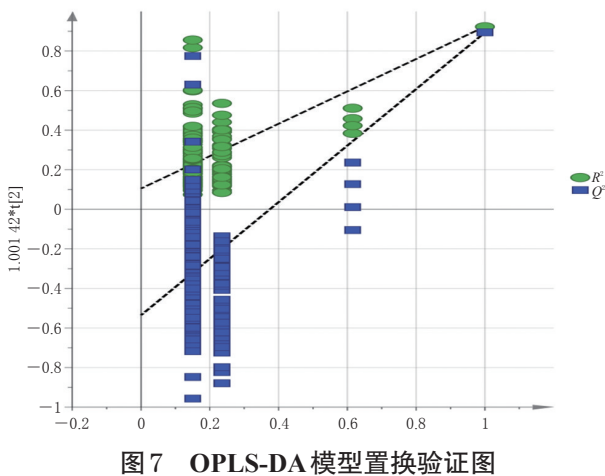


图7 OPLS-DA模型置换验证图

Fig 7 OPLS-DA model permutation test diagram

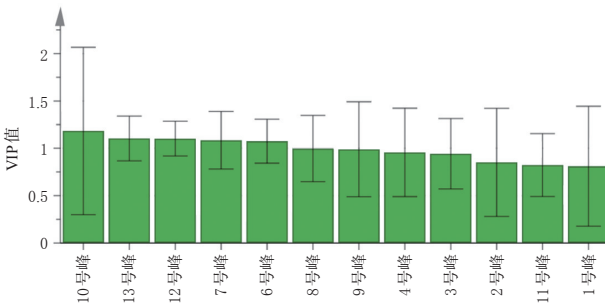


图8 23批不同基原藁本药材特征峰相对峰面积的VIP图

Fig 8 VIP plot for the relative peak areas of the characteristic peaks of 23 batches of Rhizoma Ligustici from different origins

号峰、7号峰、6号峰所代表的化学成分为这3种基原藁本药材的差异成分,提示后续可通过这5种成分来区分藁本药材的基原。

综上所述,本研究建立了不同基原藁本药材的UPLC指纹图谱,筛选出了5种差异成分,可用于鉴别不同基原的藁本药材。

## 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[S]. 2020年版.北京:中国医药科技出版社,2020:397.
- [2] 杨建宇,陆锦锐. 临证药王歌诀[M].北京:人民军医出版社,2013:40.
- [3] 肖培根. 中药志:第一卷[M].北京:化学工业出版社,2001:1026-1033.
- [4] 黄得栋,马晓辉,杨燕梅,等. 藁本药材的市场调查及正品与习用品对比研究[J]. 中国中医药信息杂志,2017,24(9):1-4.
- [5] 高宾,郭淑珍,肖玲. 藁本的真伪鉴别[J]. 首都医药,2013,20(9):42.
- [6] 孙钠. 中国藁本属系统与分类研究现状及展望[J]. 东北农业大学学报,2013,44(4):156-160.
- [7] 李雪,秦祎婷,董学会. 辽藁本及其混伪品DNA条形码鉴定研究[J]. 东北农业大学学报,2015,46(5):22-31.
- [8] 高婷,姚辉,陈士林. 基于ITS2序列的藁本与常见混伪品的分子鉴定[J]. 世界科学技术(中医药现代化),2011,13(2):418-423.
- [9] 姚令文,刘燕,郑笑为,等. 指纹图谱、特征图谱技术在中药材和中成药中的应用[J]. 中国新药杂志,2018,27(8):934-939.
- [10] 孙立丽,王萌,任晓亮. 化学模式识别方法在中药质量控制研究中的应用进展[J]. 中草药,2017,48(20):4339-4345.
- [11] 李兴博. 新疆藁本化学成分及藁本类药材的质量评价[D]. 北京:北京协和医学院,2013.
- [12] 荣春玲,卢星原,孙启时. 辽藁本药材RP-HPLC指纹图谱研究[J]. 海峡药学,2010,22(10):26-29.
- [13] 张凌,许怀远,张道英,等. 藁本药材高效液相指纹图谱研究[J]. 中国药科大学学报,2006,37(2):188-190.
- [14] 张青,罗秋月,李静,等. UPLC在中药及其复方分析中的应用和研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(3):226-234.
- [15] 黄梦婷,潘玲,邓李红,等. 基于UPLC指纹图谱与色度值的桑白皮生品和炮制品的鉴别及炮制终点研究[J]. 中国药房,2021,32(1):56-63.
- [16] 李振雨,何嘉莹,童培珍,等. 基于UPLC指纹图谱和多成分定量的辛夷药材产地差异性研究[J]. 中草药,2021,52(1):234-240.
- [17] 王闽予,李国卫,索彩仙,等. 不同基原忍冬属药材指纹图谱的建立[J]. 中草药,2021,52(14):4353-4361.
- [18] 孙冬梅,罗思妮,魏梅,等. 不同基原大黄指纹图谱、多成分定量结合多元统计分析的质量评价研究[J]. 南京中医药大学学报,2021,37(1):83-90.
- [19] 庞会娜,范琳,肖凤琴,等. 指纹图谱结合化学计量法对葛根抗氧化活性部位的药效物质筛选[J]. 中国药房,2021,32(7):839-844.

(收稿日期:2021-04-25 修回日期:2021-08-13)

(编辑:唐晓莲)