

基于HPLC指纹图谱和有效成分含量评价不同产地草豆蔻质量[△]

廖延武^{1*}, 汪英俊¹, 刘 顺^{2,3}, 邱明鸣^{1#}, 朱育凤¹ (1. 南京中医药大学附属医院/江苏省中医院药学部, 南京 210029; 2. 江苏省中医创新制剂工程研究中心, 南京 210029; 3. 南京中医药大学第一临床医学院, 南京 210023)

中图分类号 R284;R917 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2025)18-2262-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2025.18.08



摘要 目的 评价不同产地草豆蔻药材的质量差异。方法 应用高效液相色谱(HPLC)法建立18批不同产地草豆蔻药材的指纹图谱,通过相似度评价、聚类分析(CA)、主成分分析(PCA)、正交偏最小二乘法判别分析(OPLS-DA),以及药材中山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的含量测定结果来综合评价不同产地草豆蔻药材的质量。结果 18批草豆蔻药材HPLC指纹图谱的相似度均>0.9;从中标定出了11个共有峰,指认了其中4个。CA与PCA均将18批草豆蔻药材聚为3类,提取了2个主成分(累计方差贡献率达89.798%);OPLS-DA筛选出了9个质量差异标志物,分别为4、9、3、2、7(乔松素)、8(小豆蔻明)、6(山姜素)、10、11(桉木酮)号峰对应的成分。18批样品中山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的含量分别为4.507 1~11.579 7、5.154 4~14.183 3、5.109 5~13.588 3、4.494 6~11.277 2 mg/g。结论 不同产地草豆蔻药材的质量差异较大,其中以海南产草豆蔻药材质量最佳。

关键词 草豆蔻;HPLC指纹图谱;化学模式识别;含量测定;产地;质量控制

Evaluation of the quality of *Alpinia katsumadai* from different habitats based on HPLC fingerprint and determination of active ingredient content

LIAO Yanwu¹, WANG Yingjun¹, LIU Shun^{2,3}, QIU Mingming¹, ZHU Yufeng¹ (1. Dept. of Pharmacy, the Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine/Jiangsu Province Hospital of Chinese Medicine, Nanjing 210029, China; 2. Jiangsu Engineering Research Centre for Innovative Chinese Medicine Preparations, Nanjing 210029, China; 3. The First Clinical Medical College, Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing 210023, China)

ABSTRACT **OBJECTIVE** To evaluate the quality differences of *Alpinia katsumadai* from different habitats. **METHODS** High-performance liquid chromatography (HPLC) was used to establish the fingerprints of *A. katsumadai* from 18 batches of different habitats, and the quality of *A. katsumadai* from different habitats was comprehensively evaluated by similarity evaluation, cluster analysis (CA), principal component analysis (PCA), orthogonal partial least squares-discriminant analysis (OPLS-DA) and the content determination results of alpinetin, pinocembrin, cardamonin and alnustone in *A. katsumadai*. **RESULTS** The similarity of HPLC fingerprints for 18 batches of *A. katsumadai* was >0.9. Eleven common peaks were identified from the chromatogram, and four of them were specifically characterized. Both CA and PCA grouped 18 batches of *A. katsumadai* into 3 categories, extracting 2 principal components (the cumulative variance contribution rate reached 89.798%). OPLS-DA identified 9 quality difference markers, namely the components corresponding to peaks 4, 9, 3, 2, 7 (pinocembrin), 8 (cardamonin), 6 (alpinetin), 10 and 11 (alnustone). The content of alpinetin, pinocembrin, cardamonin, and alnustone ranged from 4.507 1-11.579 7, 5.154 4-14.183 3, 5.109 5-13.588 3 and 4.494 6-11.277 2 mg/g, respectively. **CONCLUSIONS** The quality of *A. katsumadai* from different habitats is quite different, and the quality of *A. katsumadai* from Hainan is the best.

KEYWORDS *Alpinia katsumadai*; HPLC fingerprint; chemical pattern recognition; content determination; habitats; quality control

草豆蔻始载于《名医别录》^[1],为姜科植物草豆蔻 *Alpinia katsumadai* Hayata 的干燥近成熟种子,具有燥湿

行气、温中止呕的功效^[2];临床上主要用于寒湿内阻、脘腹胀满冷痛、噎气呕逆、不思饮食等证的治疗^[3]。现代研究表明,草豆蔻主要含挥发油类、黄酮类、多糖类等成分,具有抗胃溃疡、止呕、抗氧化、抗肿瘤等药理作用^[4-7]。作为一种传统的药食同源类药材,草豆蔻不仅是临床常用的化湿药,也是日常生活中常用的香辛调味料,拥有广阔的市场前景和研究价值。然而,近年来,随着市场需求的增加,草豆蔻出现了产量不稳定、质量差异大等问题,其品种鉴别与质量控制亟须进一步加强。受产地生态环境的影响,中药材的质量呈现出显著的地

△基金项目 江苏省基础研究计划面上项目(No.BK20211395);江苏省中医院院级课题(No.Y22036);江苏省中医疫病研究中心开放课题(No.JSYB2024KF11);江苏省药学会-奥赛康医院药学基金立项课题(No.A202103)

* 第一作者 主管中药师,硕士。研究方向:中药鉴定与质量控制。
E-mail:2421688477@qq.com

通信作者 副主任中药师,硕士。研究方向:中药资源与鉴定。
E-mail:252766405@qq.com

域性差异特征^[8-9]。因此,探究不同产地草豆蔻的质量差异对保障草豆蔻的质量稳定和用药安全尤为重要。

草豆蔻主要分布于广东、广西、海南、云南等地^[10],由于产地不同,加之市场上其同属近缘药材较为常见,因此该药材面临基原混杂和市场伪品混淆的双重困境。目前,草豆蔻的质量控制研究多聚焦于其挥发性成分分析上,而对其非挥发性成分的研究较少,故而无法系统反映该药材的品质特征,亦难以确保其内在药效的稳定可控。基于此,本研究采用高效液相色谱(HPLC)法建立18批草豆蔻药材的指纹图谱,并对2020年版《中国药典》规定的草豆蔻药材的4个有效成分指标^[2]含量进行测定,从而综合评价不同产地草豆蔻药材的质量差异,以期为该药材的品质鉴别与用药安全提供参考依据。

1 材料

1.1 仪器

本研究所用主要仪器包括Agilent 1100型HPLC仪(美国Agilent公司)、AX224ZH/E型电子分析天平(美国Ohaus公司)、PL-S60T型超声波清洗机(东莞康士洁超声波科技有限公司)等。

1.2 试剂与药材

山姜素对照品(批号110762-202407,纯度≥99.4%)、乔松素对照品(批号111829-202404,纯度≥99.9%)、小豆蔻明对照品(批号110763-202406,纯度≥97.9%)、桉木酮对照品(批号111830-202204,纯度≥98.7%)均购自中国食品药品检定研究院;甲醇(色谱级)购自美国Tedia公司;水为娃哈哈纯净水。18批草豆蔻药材分别采自广东、广西、海南等地(表1),经江苏省中医院药学部朱育凤主任中药师鉴定均为姜科山姜属植物草豆蔻*A. katsumadai* Hayata的干燥近成熟种子。所有药材均置于阴凉干燥的塑封袋中贮存,备用。

表1 18批草豆蔻药材的产地

样品编号	产地	样品编号	产地
S1	广西壮族自治区玉林市玉州区	S10	广东省肇庆市高要区
S2	广西壮族自治区玉林市玉州区	S11	印度尼西亚
S3	广西壮族自治区玉林市玉州区	S12	云南省红河哈尼族彝族自治州河口瑶族自治县
S4	广西壮族自治区玉林市玉州区	S13	云南省红河哈尼族彝族自治州河口瑶族自治县
S5	广西壮族自治区玉林市玉州区	S14	海南省海口市龙华区
S6	广东省肇庆市高要区	S15	海南省海口市龙华区
S7	广东省肇庆市高要区	S16	海南省海口市龙华区
S8	广东省肇庆市高要区	S17	海南省海口市龙华区
S9	广东省肇庆市高要区	S18	海南省海口市龙华区

2 方法与结果

2.1 溶液的制备

2.1.1 混合对照品溶液的制备

分别取山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮对照品适量,精密称定,用甲醇溶解并稀释,制成每1 mL含山姜素46.4 μg、乔松素40.2 μg、小豆蔻明43.4 μg、桉木酮81.8 μg的混合对照品溶液,过0.22 μm微孔滤膜,即得。

2.1.2 供试品溶液的制备

将各产地的草豆蔻药材粉碎处理后过三号筛,精密称取0.5 g粉末,置于三角锥形瓶中,加甲醇20 mL,称定质量,超声(功率250 W,频率40 kHz)提取15 min,放冷,

用甲醇补足减失的质量,取出放置30 min,过滤,过0.22 μm微孔滤膜,即得。

2.2 色谱条件

以Agilent 5 TC-C₁₈(250 mm×4.6 mm,5 μm)为色谱柱,以甲醇(A)-水(B)为流动相进行梯度洗脱(0~5 min,30%A→55%A;5~10 min,55%A→65%A;10~35 min,65%A;35~37 min,65%A→74%A;37~50 min,74%A;50~55 min,74%A→95%A);柱温为30℃;流速为1.0 mL/min;检测波长为235 nm;进样量为5 μL。

2.3 指纹图谱的建立及相似度评价

2.3.1 精密度试验

取草豆蔻药材粉末(编号S1),按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,按“2.2”项下色谱条件连续进样分析6次,记录色谱图。以山姜素的色谱峰为参照峰,计算得各共有峰相对保留时间和相对峰面积的RSD分别为0.61%~1.34%和0.69%~1.86%(n均为6),表明该方法精密度良好。

2.3.2 稳定性试验

取按“2.1.2”项下方法制备的同一批草豆蔻药材(编号S1)的供试品溶液,分别于室温下放置0、2、4、8、12、24 h时按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。以山姜素的色谱峰为参照峰,计算得各共有峰相对保留时间和相对峰面积的RSD分别为0.42%~1.26%和0.52%~2.02%(n均为6),表明供试品溶液在室温下放置24 h内稳定。

2.3.3 重复性试验

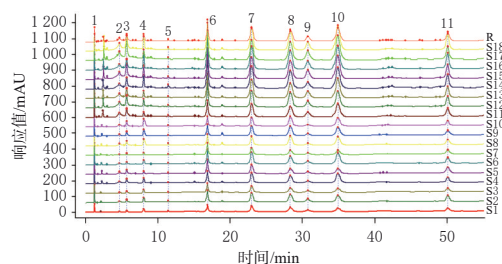
取草豆蔻药材粉末(编号S1),按“2.1.2”项下方法平行制备6份供试品溶液,按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录色谱图。以山姜素的色谱峰为参照峰,计算得各共有峰相对保留时间和相对峰面积的RSD分别为0.34%~1.18%和1.01%~2.28%(n均为6),表明该方法重复性良好。

2.3.4 指纹图谱的建立

按“2.1.2”项下方法制备18批草豆蔻药材的供试品溶液,按“2.2”项下色谱条件进样分析,得到各批药材的HPLC图。将HPLC图依次导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》,以S1图谱为参照图谱,时间窗宽度设置为0.1 min,经多点校正和Marker峰匹配后,生成18批草豆蔻药材的HPLC指纹图谱与对照指纹图谱R,并确定共有峰11个,详见图1。将生成的对照指纹图谱R与山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮混合对照品溶液的HPLC图(图2)进行比对,确认供试品溶液指纹图谱中的6、7、8、11号峰分别为山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的色谱峰。

2.3.5 指纹图谱的相似度分析

利用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012版)》计算18批草豆蔻药材指纹图谱与对照指纹图谱R的相似度。结果显示,18批草豆蔻药材的相似度分别为0.983、0.982、0.979、0.994、0.948、0.985、0.965、0.986、0.985、0.977、0.996、0.996、0.996、0.998、0.995、0.998、0.991、0.997,均大于0.9,表明不同批次草豆蔻药材的成分组成较为一致。



6:山姜素;7:乔松素;8:小豆蔻明;11:桉木酮。

图1 18批草豆蔻药材的HPLC指纹图谱

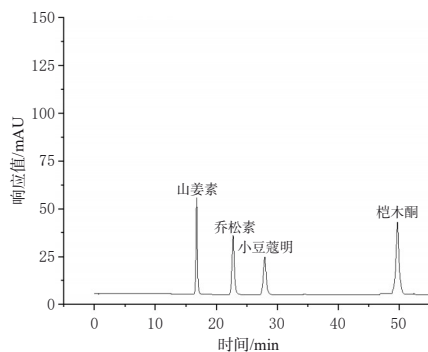


图2 混合对照品溶液的HPLC图

2.4 指纹图谱的化学模式识别

2.4.1 聚类分析

采用SPSS 23.0软件对18批草豆蔻药材进行聚类分析(cluster analysis, CA)。以11个共有峰的峰面积为变量,选用质心聚类法进行分析,结果见图3。如图3所示,当欧氏距离为5时,18批草豆蔻药材可聚为3类:我国广东、广西产药材(即S1~S10)为第一类,我国海南产药材(即S14~S18)为第二类,印度尼西亚和我国云南产药材(即S11~S13)为第三类。

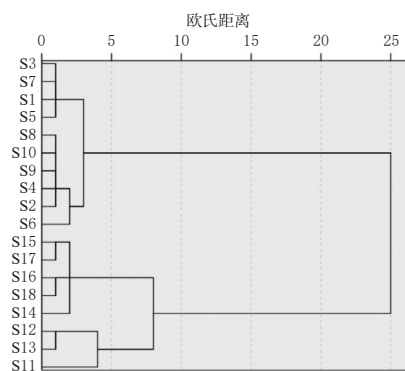


图3 18批草豆蔻药材的CA结果

2.4.2 主成分分析

为进一步验证不同产地草豆蔻药材的差异性,本研究利用SIMCA 14.1软件对18批草豆蔻药材的共有峰峰面积数据进行主成分分析(principal component analysis, PCA)。以特征值 >1 为标准进行主成分提取,共提取到2个主成分,累计方差贡献率达89.798%,表明这2个主成分能代表11个指标在样品中的大部分信息。PCA得分图见图4。由图4可知,模型累积解释率参数 $R^2x=0.898(>0.5)$,表明该模型拟合性较好。18批药材之间

的离散程度较大,表明不同批次草豆蔻药材的质量差异较大。但样品检测数据均在95%置信区间内,表明样品检测数据无异常。18批草豆蔻药材大致可分为3组,即S1~S10为一组,S11~S13为一组,S14~S18为一组,这一结果与CA结果一致。

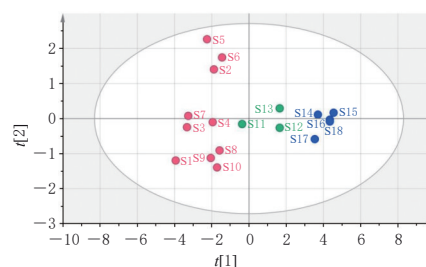


图4 18批草豆蔻药材的PCA得分图

2.4.3 正交偏最小二乘法判别分析

为明确引起不同产地药材质量差异的因素,本研究运用SIMCA 14.1软件对18批草豆蔻药材共有峰峰面积数据进一步分析,构建正交偏最小二乘法判别分析(orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA)模型(图5)。该模型的累积解释率参数 $R^2x=0.865$ 、 $R^2y=0.704$,累积预测能力参数 $Q^2=0.556$,均大于0.5,表明所构建的模型稳定、可靠、预测能力强。本研究对所构建的OPLS-DA模型随机排列置换检验200次,可得 R^2 截距值为0.022(<0.3), Q^2 截距值为-0.486(<0),表明所构建的模型结果可靠。

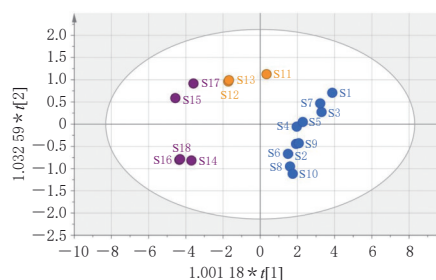


图5 18批草豆蔻药材的OPLS-DA得分图

变量重要性投影(variable importance in projection, VIP)是筛选质量差异标志物的重要指标,可直观反映共有峰对应成分间差异的权重大小^[11],VIP值越大,表明该变量(成分)对样品质量差异的贡献度越大,一般以VIP值 >1.0 为筛选重要变量的标准^[12]。本研究共筛选出9个VIP值 >1.0 的成分,依次为4、9、3、2、7(乔松素)、8(小豆蔻明)、6(山姜素)、10、11(桉木酮)号峰对应的成分,其VIP值分别为1.190 22、1.042 30、1.040 34、1.038 90、1.020 08、1.018 70、1.015 34、1.014 93、1.002 01,详见图6。

2.4.4 综合评分

根据上述OPLS-DA结果可知,有9个成分在草豆蔻药材的质量差异中起主要作用,故将18批草豆蔻药材中上述9个成分共有峰的峰面积分别按 $F=(F_x-F_{\min})/(F_{\max}-F_{\min})$ 进行归一化处理(式中, F 表示归一化处理后的色谱峰峰面积, F_x 表示色谱峰原始峰面积, $F_{\min}$ 表示色谱峰最小峰面积, $F_{\max}$ 表示色谱峰最大峰面积);并按照

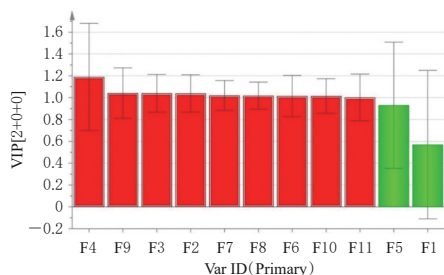


图6 18批草豆蔻药材OPLS-DA的VIP图

公式 $Z_{\text{总}}=1.038\ 90F_2+1.040\ 34F_3+1.190\ 22F_4+1.015\ 34F_6+1.020\ 08F_7+1.018\ 70F_8+1.042\ 30F_9+1.014\ 93F_{10}+1.002\ 01F_{11}$ 计算不同批次草豆蔻药材的综合得分(式中, $Z_{\text{总}}$ 为综合得分; F_2 为2号峰所对应的 F 值, F_3 为3号峰所对应的 F 值,以此类推),结果见表2。由表2可知,综合得分排名前5名的草豆蔻药材依次为S16、S18、S15、S17、S14,产地均为海南,说明海南产草豆蔻药材的质量较好。

表2 18批草豆蔻药材的综合得分

样品编号	$Z_{\text{总}}$ /分	排名	样品编号	$Z_{\text{总}}$ /分	排名
S16	9.23	1	S8	2.81	10
S18	9.03	2	S9	2.57	11
S15	8.88	3	S6	2.38	12
S17	8.25	4	S4	2.24	13
S14	7.63	5	S2	1.92	14
S12	5.96	6	S5	1.15	15
S13	5.60	7	S3	0.62	16
S11	3.59	8	S7	0.54	17
S10	3.07	9	S1	0.16	18

2.5 草豆蔻中有效成分的含量测定

2.5.1 线性关系考察

分别取山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮对照品适量,精密称定,加甲醇制成上述4个成分质量浓度分别为371.20、321.60、347.20、327.36 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液。取上述溶液,加甲醇按倍数逐级稀释为系列浓度的混合对照品溶液,按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录峰面积。以对照品的质量浓度(X)为横坐标、峰面积(Y)为纵坐标绘制标准曲线,可得上述4个成分的线性回归方程,结果见表3。

表3 山姜素等4个成分的线性关系考察结果

成分	回归方程	R^2	线性范围/ $(\mu\text{g/mL})$
山姜素	$Y=17\ 887X+18\ 151$	0.999 8	11.60~371.20
乔松素	$Y=20\ 990X-10\ 172$	0.999 8	10.05~321.60
小豆蔻明	$Y=15\ 332X-5\ 317$	0.999 7	10.85~347.20
桉木酮	$Y=14\ 774X-3\ 363$	0.999 8	10.23~327.36

2.5.2 精密度试验

取“2.1.2”项下供试品溶液(编号S1),按“2.2”项下色谱条件连续进样分析6次,记录峰面积。结果显示,山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮峰面积的RSD分别为0.94%、0.63%、1.27%、1.51%($n=6$),表明该方法精密度良好。

2.5.3 稳定性试验

取“2.1.2”项下同一供试品溶液(编号S1),分别于室温下放置0、2、4、8、12、24 h时按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录峰面积。结果显示,山姜素、乔松素、小豆蔻明、

桉木酮峰面积的RSD分别为0.87%、1.11%、1.39%、1.66%($n=6$),表明供试品溶液在室温下放置24 h内稳定性良好。

2.5.4 重复性试验

取草豆蔻药材(编号S1)适量,按“2.1.2”项下方法平行制备6份供试品溶液,再按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录峰面积,通过标准曲线法计算样品中4个成分的含量。结果显示,山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的平均含量分别为4.507 4、5.154 3、5.109 2、4.494 2 mg/g ,RSD分别为1.09%、1.13%、1.67%、1.72%($n=6$),表明该方法重复性良好。

2.5.5 加样回收率试验

取已知成分含量的草豆蔻药材(编号S1)6份,每份约0.25 g,精密称定,分别按照已知样品含量的1:1质量比加入山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮对照品,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录峰面积并计算加样回收率。结果显示,山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的平均加样回收率分别为98.35%、97.46%、99.82%、98.63%,RSD分别为1.64%、0.96%、1.85%、1.27%($n=6$),表明该方法准确度良好。

2.5.6 样品含量测定

取18批草豆蔻药材,分别按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,再按“2.2”项下色谱条件进样分析,记录峰面积,通过标准曲线法计算样品中4个成分的含量,每批样品测定3次,取平均值,结果见表4。由表4可知,18批草豆蔻药材中山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮的含量分别为4.507 1~11.579 7、5.154 4~14.183 3、5.109 5~13.588 3、4.494 6~11.277 2 mg/g ,可见各批次药材间含量测定结果差异较大。

表4 18批草豆蔻药材中4个成分含量测定结果(mg/g , $n=3$)

样品编号	山姜素	乔松素	小豆蔻明	桉木酮
S1	4.507 1	5.154 4	5.109 5	4.494 6
S2	5.924 5	6.973 6	7.059 6	6.180 6
S3	5.281 1	5.769 6	5.294 0	5.042 9
S4	6.023 7	7.215 1	6.814 4	5.545 8
S5	6.468 8	6.664 1	5.416 8	6.083 1
S6	6.635 5	8.501 0	6.899 3	6.026 3
S7	5.820 9	5.775 8	5.775 8	5.209 5
S8	5.689 7	6.738 9	7.799 4	5.555 0
S9	5.690 0	7.331 9	7.858 5	5.303 4
S10	5.382 4	6.746 7	7.756 7	5.336 1
S11	6.947 6	8.507 3	8.503 5	6.628 7
S12	9.176 5	10.549 2	11.029 8	7.847 9
S13	8.851 8	11.289 3	11.002 1	7.876 1
S14	10.458 5	13.330 3	12.542 2	9.228 8
S15	10.780 8	13.289 5	13.588 3	9.319 2
S16	11.579 7	14.183 3	13.311 6	11.277 2
S17	10.369 9	12.128 0	12.870 3	8.969 3
S18	10.665 1	13.285 7	13.125 3	10.544 1

3 讨论

3.1 提取方式与色谱条件的选择

由于草豆蔻药材中以挥发油类成分居多,结合相关

文献,本研究选取超声法作为提取方法,利用单因素实验分别对提取溶剂、液料比、提取时间等进行优化。在提取溶剂方面,本研究通过对甲醇、乙醇、水、50% 甲醇考察后发现,以甲醇为提取溶剂时提取效率最高,故提取溶剂选择甲醇。在液料比方面,本研究对 20、40、60、80 倍液料比考察后发现,液料比超过 40 倍之后,随液料比增大,提取效率未见显著提高,且以 40 倍液料比提取时,溶剂峰对图谱的干扰较小,基线相对稳定,故选择 40 倍液料比。在提取时间方面,本研究对超声 15、30、45、60 min 考察后发现,超声时间对提取效率影响较小,超声 15 min 与 60 min 的提取效果相当,故超声时间选择 15 min。

在色谱条件优化方面,本研究通过对不同流动相(甲醇-水、乙腈-水、乙腈-0.1% 磷酸溶液)进行考察后发现,采用甲醇-水作为流动相时,色谱图基线较稳定,且流动相制备简单;对不同检测波长(235、260、300、330 nm)进行考察后发现,检测波长为 235 nm 时色谱图基线相对稳定、出峰较多且色谱峰之间分离度较好。故本研究最终选择甲醇-水作为流动相、检测波长为 235 nm。

3.2 指纹图谱及含量测定的结果分析

指纹图谱作为一种综合性、量化的中药质量评价方法,现已广泛应用于中药鉴定与质量评价^[13];CA、PCA、OPLS-DA 作为现代常用的化学模式识别方法,现已广泛应用于中药分析与质量评价^[14]。指纹图谱结合化学模式识别可以寻找到药材内在质量的差异性特征,从而实现药材质量的综合评价^[15]。本研究通过建立草豆蔻药材的 HPLC 指纹图谱,结合相似度分析、化学模式识别方法比较了不同产地草豆蔻药材质量的差异,结果将市场上收集的主流产地的 18 批草豆蔻药材划分为 3 类,筛选出其中 9 个差异标志物,利用综合评分法优选出草豆蔻药材的最佳产地为海南。

含量测定结果显示,海南产草豆蔻药材中山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮 4 个成分的含量相对较高,进一步证明了海南的地理环境在草豆蔻种植方面拥有天然优势,这一结果也与传统所认为海南产草豆蔻质量较优这一结论相符合^[16-17]。

4 结语

本研究所建立的草豆蔻药材 HPLC 指纹图谱及含量测定方法简单、稳定、可靠,结合化学模式识别,可快速区分不同产地的草豆蔻药材。不同产地草豆蔻药材的质量差异较大,其中以海南产草豆蔻药材质量最佳。山姜素、乔松素、小豆蔻明、桉木酮 4 个成分可作为评判不同产地草豆蔻药材质量差异的标志性成分。本研究的不足之处是仅指认了草豆蔻药材指纹图谱中的部分成分,剩余成分尚不明确,因此本课题组将在后续实验中利用液相色谱-质谱、三重四极杆-飞行时间质谱等仪器对其进行进一步鉴定,以更好地促进该药材的质量控制。

参考文献

[1] 陶弘景. 名医别录: 辑校本[M]. 尚志钧, 辑校. 尚元胜, 尚元藕, 黄自冲, 整理. 北京: 中国中医药出版社,

2013: 87.

- [2] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 2020 年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 249.
- [3] 刘永静, 陈晓芬, 黄冬霆, 等. HPLC 拆分并测定草豆蔻中(±)-山姜素和(±)-乔松素对映体含量[J]. 中国现代应用药学, 2025, 42(3): 424-429.
- [4] AN W X, ZHANG Y X, LAI H L, et al. *Alpinia katsumadai* Hayata induces growth inhibition and autophagy-related apoptosis by regulating the AMPK and Akt/mTOR/p70S6K signaling pathways in cancer cells[J]. *Oncol Rep*, 2022, 48(2): 142.
- [5] LIU D, TANG F, ZHANG L, et al. *Alpinia katsumadai* Hayata volatile oil is effective in treating 5-fluorouracil-induced mucositis by regulating gut microbiota and modulating the GC/GR pathway and the mPGES-1/PGE2/EP4 pathways[J]. *J Agric Food Chem*, 2023, 71(41): 15156-15169.
- [6] ZHAO X M, YOU H L, YANG L, et al. Flavonoids and kavalactones isolated from seeds of *Alpinia katsumadai* Hayata and their cytotoxic activities[J]. *Chem Biodivers*, 2025, 22(5): e202403429.
- [7] 田琴, 胡璇, 王丹, 等. 草豆蔻果挥发油代谢组及抑菌活性时空特异性分析[J]. 食品科学, 2025, 46(4): 191-200.
- [8] 杨铁钢, 张芳, 腊贵晓, 等. 基于历史传承和科学内涵的植物药材道地性综合评价[J]. 中草药, 2025, 56(2): 377-388.
- [9] CHAO Z, XIAOCHEN S, SHUYUE W, et al. A review about industrialization of Chinese materia medica decoction pieces[J]. *Pharmazie*, 2020, 75(11): 540-547.
- [10] 黄璐琦, 詹志来, 郭兰萍. 中药材商品规格等级标准汇编[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2019: 675.
- [11] 孙丽莎, 蒋礼, 李丽, 等. 钩苞大丁草的 HPLC 指纹图谱建立及含量测定[J]. 中国药房, 2025, 36(9): 1052-1058.
- [12] 李海燕, 王慧然, 那丽莎, 等. 基于主成分分析、正交偏最小二乘判别分析及加权逼近理想解排序-灰色关联度融合模型评价不同产地珠子参质量[J]. 中草药, 2024, 55(9): 3116-3126.
- [13] LAN L L, YANG T, FAN J J, et al. Anti-inflammation activity of Zhizi jinhua pills and overall quality consistency evaluation based on integrated HPLC, DSC and electrochemistry fingerprints[J]. *J Ethnopharmacol*, 2023, 311: 116442.
- [14] 钱森华, 张晓勇, 朱斐, 等. 中药饮片等级量化评价方法研究进展与趋势[J]. 中草药, 2025, 56(2): 667-679.
- [15] 单国顺, 刘想, 袁楚, 等. 基于 UPLC-QqQ-MS/MS 法联合多元统计分析及熵权 TOPSIS 法评价白术饮片质量[J]. 中国现代应用药学, 2025, 42(5): 714-723.
- [16] 金世元. 金世元中药材传统鉴别经验[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2010: 1019-1024.
- [17] 胡璇, 王丹, 于福来, 等. 草豆蔻的本草考证[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(21): 210-219.

(收稿日期: 2025-04-02 修回日期: 2025-08-21)

(编辑: 胡晓霖)