

# 基于UPLC特征图谱和含量测定对不同产地猪殃殃药材质量评价研究



何嘉莹, 潘礼业, 林 晗, 潘丽珊, 梁永新, 李国卫, 陈向东, 孙冬梅

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)

**【摘要】目的** 建立UPLC特征图谱及多指标成分含量测定方法, 比较不同产地猪殃殃药材的质量差异。**方法** 收集13批分别来源于河南、安徽、广西的猪殃殃药材, 采用超高效液相色谱法(UPLC)建立特征图谱, 并进行相似度评价。以新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸及芦丁为指标性成分, 同步进行含量测定。运用主成分分析(PCA)和正交偏最小二乘判别分析(OPLS-DA)对不同产地药材进行化学模式识别, 筛选引起质量差异的关键标志物。**结果** 建立了猪殃殃的UPLC特征图谱, 共标定出9个共有峰, 其中指认了新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸及芦丁4个成分。PCA显示, 13批不同产地样品的综合得分由高到低依次为: 河南产地 > 安徽产地 > 广西产地。进一步通过OPLS-DA筛选出6个质量差异标志物, 分别为峰9(芦丁)、峰4(隐绿原酸)、峰7、峰8、峰1(新绿原酸)及峰6。同时, 对上述4个指标性成分进行含量测定, 结果表明, 新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芦丁的含量在不同产地间均存在显著差异。**结论** 采用UPLC特征图谱联合多指标含量测定的方法, 可全面、有效地评价不同产地猪殃殃药材的质量, 为完善其质量控制标准提供参考。

**【关键词】** 猪殃殃; 超高效液相色谱特征图谱; 含量测定; 质量评价; 主成分分析; 正交偏最小二乘判别分析

**【中图分类号】** R284.1

**【文献标识码】** A

Study on quality evaluation of *Galium aparine* L. from different producing areas based on UPLC characteristic fingerprint and content determination

HE Jiaying, PAN Liye, LIN Han, PAN Lishan, LIANG Yongxin, LI Guowei, CHEN Xiangdong, SUN Dongmei

Guangdong Efang Pharmaceutical Co., Ltd., Guangdong Provincial Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine Formula Granule, Foshan 528244, Guangdong Province, China

Corresponding author: LI Guowei, Email: v1ng\_m2@163.com

**【Abstract】Objective** To establish a method for characteristic fingerprint and multi-index component content determination, and to compare the quality differences of *Galium aparine* L. from different producing areas. **Methods** A total of 13 batches of *Galium aparine* L. were collected from Henan, Anhui, and Guangxi area, respectively. An ultra-performance liquid chromatography (UPLC) method was established to develop the characteristic fingerprint, and similarity evaluation was performed. The content of 4 marker components, namely neochlorogenic acid, chlorogenic

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202602013

基金项目: 国家工信部2022年产业技术基础公共服务平台项目-中药全产业链质量技术服务平台(2022-230-221); 2022年佛山市南海区重点领域科技攻关专项

通信作者: 李国卫, 硕士, 主任中药师, Email: v1ng\_m2@163.com

acid, cryptochlorogenic acid, and rutin, was simultaneously determined. Principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares discriminant analysis (OPLS-DA) were applied to perform chemical pattern recognition of *Galium aparine* L. from different producing areas, to screen the key markers responsible for quality differences. **Results** The UPLC characteristic fingerprint of *Galium aparine* L. was established, and a total of 9 common peaks were identified. Among them, 4 components, namely neochlorogenic acid, chlorogenic acid, cryptochlorogenic acid, and rutin, were identified. PCA showed that the comprehensive scores of 13 batches of *Galium aparine* L. from different producing areas, from high to low, were as follows: Henan origin > Anhui origin > Guangxi origin. 6 quality difference markers were further screened through OPLS-DA, namely peak 9 (rutin), peak 4 (chlorogenic acid), peak 7, peak 8, peak 1 (neochlorogenic acid), and peak 6. At the same time, the content determination of the 4 indicator components mentioned above showed that there were significant differences in the content of neochlorogenic acid, chlorogenic acid, cryptochlorogenic acid, and rutin among different regions. **Conclusion** UPLC characteristic fingerprint combined with multi-index content determination can comprehensively and effectively evaluate the quality of *Galium aparine* L. from different producing areas, providing a reference for improving its quality control standards.

**【Keywords】** *Galium aparine* L.; UPLC characteristic fingerprint; Content determination; Quality evaluation; PCA; OPLS-DA

猪殃殃别名为八仙草、锯子草、拉拉藤等，为茜草科植物猪殃殃 (*Galium aparine* L.) 的干燥全草，在《中国药典》1977年版<sup>[1]</sup>及河北、湖北、四川、上海等地方标准中均有记载。猪殃殃作为一种传统中草药，主要分布在安徽、贵州、河北、河南、湖南等产地的山坡、旷野、田间、草地，含有挥发油<sup>[2]</sup>、黄酮类<sup>[3]</sup>、酚酸类<sup>[4]</sup>、蒽醌类、萜类和甾体类及烷烃类等化合物成分<sup>[5-7]</sup>，具有清热解毒、利尿消肿的功效，临床常用于治疗肿瘤、痢疾、乳腺炎、尿路感染、妇女闭经、创伤肿胀、胆病、骨病及遗精等<sup>[8]</sup>。

目前，关于猪殃殃的质量分析研究相对有限，现有报道多聚焦于单一化学成分的测定。部分文献<sup>[9-10]</sup>以绿原酸为指标成分建立含量测定方法，李建晨等<sup>[11]</sup>则采用TLC法对猪殃殃药材进行定性鉴别。然而，单一指标成分的含量难以全面反映药材的整体质量，TLC法亦无法系统表征药材的整体化学成分。因此，开展猪殃殃质量控制的系统性研究具有重要的现实意义。近年来，通过构建特征图谱或指纹图谱联合高分辨质谱解析物质基础，已成为中药材质量评价体系建立的主流技术手段<sup>[12-14]</sup>。基于此，本研究采用该技术模式对不同产地猪殃殃药材进行系统对比分析，旨在为猪殃殃的质量控制与评价提供更全面的科学依据。

## 1 仪器与试剂

### 1.1 主要仪器

Waters H-Class 型高效液相色谱仪 (美国沃特斯公司); Thermo Q Exactive Focus Orbitrap 型高分辨质谱仪 [赛默飞世尔科技 (中国) 有限公司]; ME204E 型万分之一天平和 XP26 型百万分之一天平 (瑞士梅特勒-托利多公司); KQ500DE 型数控超声波清洗仪 (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); Mili-Q Direct 型超纯水系统 (德国默克股份有限公司)。

### 1.2 主要药品与试剂

绿原酸对照品 (批号: 110753-202018, 纯度 96.1%) 和芦丁对照品 (批号: 100080-202012, 纯度 92.2%) 购自中国食品药品检定研究院; 新绿原酸对照品 (四川省维克奇生物科技有限公司, 批号: wkq18030107, 纯度 98.0%); 隐绿原酸对照品 (成都乐美天医药科技有限公司, 批号: DST210427-035; 含量 98.24%); 甲酸、磷酸和乙腈为色谱纯; 其余试剂分析纯; 水为超纯水。

本研究收集了 13 批不同产地的猪殃殃药材，经广东一方制药有限公司孙冬梅主任中药师鉴定，均为茜草科植物猪殃殃 (*Galium aparine* L.) 的干燥全草，样品信息见表 1。

表1 猪殃殃的样品信息

Table 1. Sample information of *Galium aparine* L.

编号	批号	产地信息
Z1	111084	安徽亳州
Z2	111085	安徽亳州
Z3	111086	河南南阳
Z4	101139	河南驻马店
Z5	101140	河南驻马店
Z6	101141	河南驻马店
Z7	103148	广西玉林
Z8	103180	广西玉林
Z9	104004	广西玉林
Z10	104006	安徽亳州
Z11	104250	广西玉林
Z12	109017	河南南阳
Z13	109018	河南南阳

## 2 方法与结果

### 2.1 溶液的配制

#### 2.1.1 混合对照品溶液

取新绿原酸对照品、绿原酸对照品、隐绿原酸对照品、芦丁对照品适量，精密称定，加70%乙醇制成每1 mL各含20  $\mu$ g的混合对照品溶液。

#### 2.1.2 供试品溶液

取本品粉末（过四号筛）约0.5 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入70%乙醇25 mL，称定重量，加热回流30 min，放冷，再称定重量，用70%乙醇补足减失的重量，摇匀，滤过，取续滤液，即得供试品溶液。

### 2.2 色谱条件

采用超高效液相色谱（UPLC）法。色谱条件如下：色谱柱为Waters HSS T3柱（100 mm  $\times$  2.1 mm，1.8  $\mu$ m）；流动相为乙腈（A）-0.1%磷酸溶液（B），梯度洗脱（0~5 min，6% A；5~20 min，6%~21% A；20~20.1 min，21%~90% A；20.1~25 min，90% A）；检测波长为330 nm；流速为0.3 mL/min；柱温为30  $^{\circ}$ C；进样量为1  $\mu$ L。

### 2.3 特征图谱方法学验证

#### 2.3.1 精密度试验

取同一份供试品溶液（编号：Z5），按“2.2”项下色谱条件连续进样6次，以2号峰绿原酸为参照峰，计算得9个共有峰的相对保留时间及相对峰面积的RSD均小于3%（ $n=6$ ），结果表明仪器精密度良好。

#### 2.3.2 重复性试验

取同一批次药材（编号：Z5），按“2.1.2”项下方法平行制备6份供试品溶液，并按“2.2”项下色谱条件进样测定，以2号峰绿原酸为参照峰，计算得9个共有峰的相对保留时间及相对峰面积的RSD均小于3%（ $n=6$ ），结果表明该方法重复性良好。

#### 2.3.3 稳定性试验

取同一份供试品溶液（编号：Z5），按“2.2”项下色谱条件，分别于室温放置0、2、4、8、12、24 h后进行测定，以2号峰绿原酸为参照峰，计算得9个共有峰的相对保留时间及相对峰面积的RSD均小于3%（ $n=6$ ），结果表明供试品溶液在室温放置24 h稳定性良好。

## 2.4 特征图谱的建立

### 2.4.1 共有峰的标定

取13批猪殃殃样品，按“2.1.2”项下方法平行制备供试品溶液，并按“2.2”项下色谱条件进样测定，记录色谱图。将所得色谱数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》2012.0版，标定出9个共有峰。以分离度好、响应高且位置居中的2号峰（绿原酸）为参照峰。具体见图1和图2。

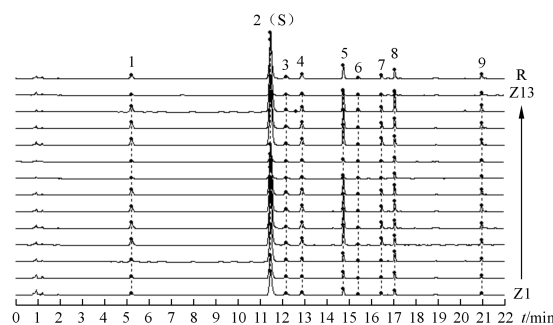


图1 13批猪殃殃药材UPLC特征图谱共有峰

Figure 1. Overlay chart of characteristic peaks of 13 batches of *Galium aparine* L.

注：R为对照图谱。

### 2.4.2 相似度评价

采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》2012.0版对13批猪殃殃药材的UPLC特征图谱进行数据处理。以平均数法生成对照特征图谱，设置时间窗口为0.1，采用自动匹配模式，计算各批次图谱与对照图谱的相似度。结果显示，13批药材的相似度均大于0.98，表明同一药材不同批次间的化学成分组成基本一致。相似度计算结果见表2。

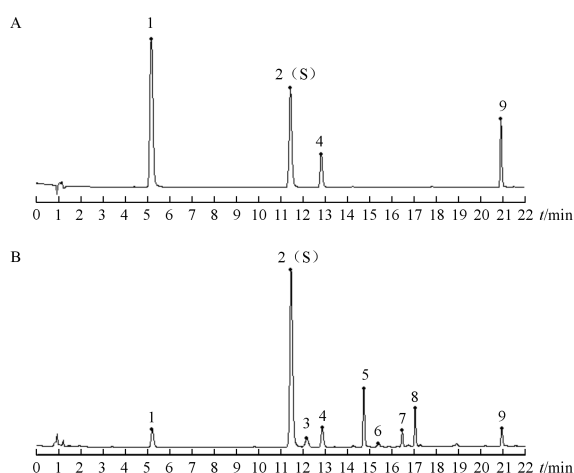


图2 猪殃殃样品共有峰对照品归属图

Figure 2. Attribution map of common peak control products of *Galium aparine* L.

注：A. 对照品；B. 样品；1. 新绿原酸；2. 绿原酸（参照峰）；4. 隐绿原酸；9. 芦丁。

表2 猪殃殃药材样品相似度评价结果

Table 2. Similarity evaluation results of *Galium aparine* L.

编号	相似度	编号	相似度
Z1	0.999	Z8	0.991
Z2	0.998	Z9	0.987
Z3	0.996	Z10	0.998
Z4	0.999	Z11	1.000
Z5	0.999	Z12	0.998
Z6	1.000	Z13	0.990
Z7	1.000		

### 2.4.3 主成分分析

以 13 批药材样品中 9 个共有峰的相对峰面积为变量，进行主成分分析（principal component analysis, PCA），计算相关矩阵的特征值及方差贡献率，结果见表 3。分析结果共提取了 2 个主成分（特征值 > 1），累计方差贡献率达 90.850%。由表 4 的初始因子载荷矩阵结果可知，权重值占比较大（> 0.8）的分别为峰 1（新绿原酸）、峰 3、峰 5、峰 7、峰 8 及峰 9（芦丁）。结合上述分析结果，对相关数据进行标准化处理，并计算各样品之间的主成分得分，结果见表 5 和图 3。结果表明得分按产地从高到低排序分别为：河南产地 > 安徽产地 > 广西产地。

### 2.4.4 偏最小二乘判别分析

在 PCA 的基础上，建立偏最小二乘判别分析（orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA）监督模型，以进一步筛选不

表 3 主成分特征值及贡献率

Table 3. Contribution rate of characteristic roots and principal components

主成分	特征值	方差贡献率 (%)	积累贡献率 (%)
1	4.076	50.952	50.952
2	3.192	39.898	90.850

表 4 主要因子载荷矩阵

Table 4. Initial factor loading matrix of each factor

峰号	主成分 1	主成分 2
1	-0.348	0.922
3	0.839	-0.124
4	0.766	0.577
5	0.234	0.919
6	0.656	-0.696
7	-0.052	0.976
8	0.903	-0.293
9	0.989	-0.103

表 5 主成分得分及排名

Table 5. Initial factor loading matrix of each factor

编号	产地	主成分 1 得分	主成分 2 得分	总得分	排名
Z13	河南南阳	1.280	0.361	1.641	1
Z5	河南驻马店	1.169	0.223	1.392	2
Z6	河南驻马店	1.079	0.262	1.341	3
Z12	河南南阳	0.897	0.135	1.032	4
Z4	河南驻马店	0.722	0.157	0.879	5
Z3	河南南阳	0.685	0.102	0.787	6
Z10	安徽亳州	-1.120	1.210	0.089	7
Z1	安徽亳州	-1.513	0.688	-0.825	8
Z2	安徽亳州	-1.382	0.470	-0.912	9
Z9	广西玉林	-0.301	-0.693	-0.994	10
Z8	广西玉林	-0.562	-0.489	-1.051	11
Z11	广西玉林	-0.082	-1.093	-1.175	12
Z7	广西玉林	-0.872	-1.333	-2.205	13

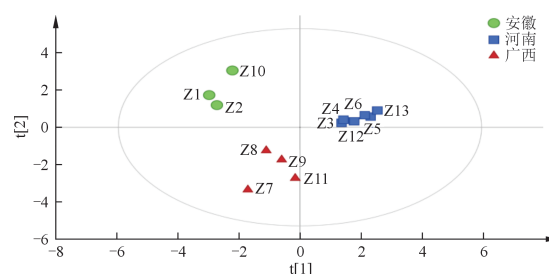


图3 不同产地猪殃殃药材 PCA 得分图

Figure 3. PCA score plot of *Galium aparine* L. from different producing areas

同产地猪殃殃药材的差异标志物。模型评价参数如下： $R^2X$  (cum) = 0.988,  $R^2Y$  (cum) = 0.961,  $Q^2$  (cum) = 0.901, 均大于 0.5, 表明所建模型稳

定可靠。如图4所示, 13批猪殃殃样品按产地明显分为3组, 该结果与PCA分析结果一致, 进一步证实了不同产地猪殃殃药材化学成分含量存在差异。以变量投影重要性(variable importance in projection, VIP)值 $>1.0$ 为筛选标准, 从9个共有峰中筛选出6个差异标志物(图5), 其VIP值排序依次为: 峰9(芦丁) $>$ 峰4(隐绿原酸) $>$ 峰7 $>$ 峰8 $>$ 峰1(新绿原酸) $>$ 峰6。结果表明, 上述6个成分为引起不同产地猪殃殃药材质量差异的主要标志物。

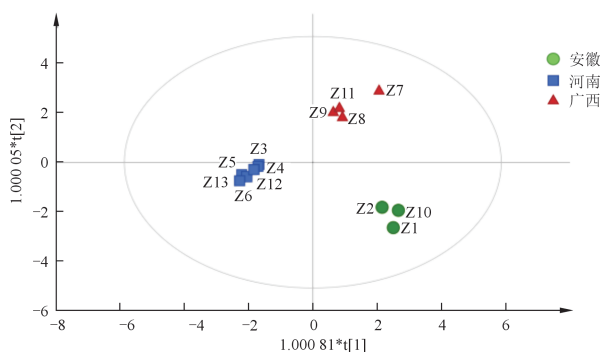


图4 不同产地猪殃殃药材 OPLS-DA 得分图

Figure 4. OPLS-DA score plot of *Galium aparine* L. from different producing areas

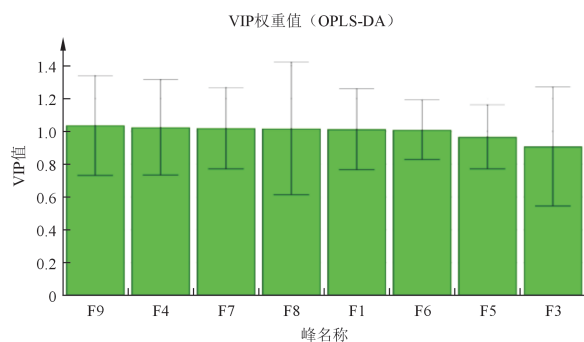


图5 不同产地猪殃殃药材 OPLS-DA 的VIP值图

Figure 5. OPLS-DA VIP value plot of *Galium aparine* L. from different producing areas

## 2.5 多指标成分含量测定

### 2.5.1 线性关系考察

分别精密量取含新绿原酸浓度为 $115.93 \mu\text{g/mL}$ 、绿原酸浓度为 $330.97 \mu\text{g/mL}$ 、隐绿原酸浓度为 $238.14 \mu\text{g/mL}$ 、芦丁浓度为 $110.58 \mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液 $0.1$ 、 $0.5$ 、 $1.0$ 、 $2.0$ 、 $5.0 \text{ mL}$ 置 $10 \text{ mL}$ 量瓶中, 用甲醇稀释定容至刻度, 按“2.2”项下色谱条件进样分析, 以待测成分浓度( $X, \mu\text{g/mL}$ )与峰面积( $Y$ )拟合标准曲线, 线性关系考察结果见表6。

表6 线性关系考察结果

Table 6. Results of linear relationship investigation

成分	回归方程	$r$	线性范围( $\mu\text{g/mL}$ )
新绿原酸	$Y = 9\,040.8X - 1\,443.9$	0.999 8	1.159~115.930
绿原酸	$Y = 10\,414.9X - 9\,665.1$	0.999 6	3.310~330.970
隐绿原酸	$Y = 4\,535.5X - 4\,749.4$	1.000 0	2.381~238.140
芦丁	$Y = 4\,737.7X + 10\,772.0$	1.000 0	1.106~110.580

### 2.5.2 精密度试验

取同一混合对照品溶液(新绿原酸浓度为 $57.96 \mu\text{g/mL}$ 、绿原酸浓度为 $165.498 \mu\text{g/mL}$ 、隐绿原酸浓度为 $119.07 \mu\text{g/mL}$ 、芦丁浓度为 $55.29 \mu\text{g/mL}$ ), 按“2.2”项下色谱条件连续进样6次, 测定峰面积, 计算得新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁峰面积的RSD分别为 $0.21\%$ 、 $0.37\%$ 、 $0.28\%$ 、 $0.41\%$  ( $n=6$ ), 均小于 $3\%$ , 结果表明仪器精密度良好。

### 2.5.3 重复性试验

取同一批样品(编号: Z5), 按“2.1.2”项下方法平行制备6份供试品溶液, 并按“2.2”项下色谱条件进样分析, 计算得新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁的平均含量分别为 $0.498$ 、 $3.916$ 、 $0.989$ 、 $0.432 \text{ mg/g}$ , RSD分别为 $1.18\%$ 、 $0.95\%$ 、 $1.23\%$ 、 $1.06\%$  ( $n=6$ ), 均小于 $3\%$ , 结果表明该方法重复性良好。

### 2.5.4 稳定性试验

取同一供试品溶液(编号: Z5), 于室温放置 $0$ 、 $2$ 、 $4$ 、 $8$ 、 $12$ 、 $24 \text{ h}$ 后按“2.2”项下色谱条件进样分析, 计算得新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁峰面积的RSD分别为 $0.85\%$ 、 $1.03\%$ 、 $0.97\%$ 、 $0.58\%$  ( $n=6$ ), 均小于 $3\%$ , 结果表明供试品溶液室温放置 $24 \text{ h}$ 稳定性良好。

### 2.5.5 加样回收试验

精密称取已知含量的样品 $0.5 \text{ g}$ (编号: Z5)6份, 分别加入一定量对照品溶液, 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.2”项下色谱条件进样分析, 并计算回收率。结果得到新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸、芦丁的平均回收率分别为 $97.68\%$ 、 $98.82\%$ 、 $100.87\%$ 、 $98.33\%$ , RSD分别为 $2.78\%$ 、 $2.12\%$ 、 $2.57\%$ 、 $2.41\%$  ( $n=6$ ), 均小于 $3\%$ , 结果表明方法准确性良好。

### 2.5.6 样品的含量测定

取13批不同产地的猪殃殃药材, 按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.2”项下色谱

条件进样测定，以外标法计算 4 个指标成分的含量，结果见表 7。结果显示，不同批次间各成分含量均存在一定差异。以 RSD 评价其离散程度，新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和芦丁的 RSD 分别为 59.86%、58.35%、60.07% 和 40.75%。

### 2.5.7 不同产地猪殃殃药材指标成分含量差异分析

以 4 种指标成分含量为检验变量，产地为分组变量，采用 GraphPad Prism 9.0 进行单因素方差分析 (One-way ANOVA)，并以 Tukey's 多重比较检验进行两两比较，显著性水平  $\alpha=0.05$ ，结果见图 6。统计分析表明：河南与安徽产地间，新绿原酸和芦丁含量存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )；河

南与广西产地间，绿原酸和芦丁含量存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )；隐绿原酸在 3 个产地两两之间均存在极显著差异 ( $P < 0.01$ )。综上，不同产地猪殃殃药材中 4 种指标成分含量具有显著统计学差异，表明产地因素对化学成分积累有重要影响。

## 3 讨论

本研究在建立特征图谱及含量测定方法时，系统考察了不同流动相体系 (乙腈-水、乙腈-0.05% 磷酸水、乙腈-0.1% 磷酸水和乙腈-0.1% 乙酸水)，最终选择乙腈-0.1% 磷酸水溶液作为洗脱系统，该条件下各色谱峰分离度良好、峰形最优。

目前，猪殃殃质量分析多限于单一成分测定或 TLC 鉴别。本研究首次将 UPLC 特征图谱系统应用于猪殃殃药材，成功指认新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸及芦丁 4 个特征成分。上述成分具有抗菌抗炎、抗氧化、抗肿瘤等明确药理活性，可能是猪殃殃清热解毒、利尿消肿功效的主要物质基础，作为指标成分具有科学合理性 [15-17]。

本研究首次将 PCA 与 OPLS-DA 引入猪殃殃质量评价。PCA 显示 13 批药材按产地明显聚类，综合得分排序：河南 > 安徽 > 广西；OPLS-DA 筛选出 6 个质量差异标志物 (芦丁、隐绿原酸、峰 7、峰 8、新绿原酸、峰 6)，为揭示产地间质量差异提供了数据支撑。同时，本研究实现了特征图谱与多指标含量测定的协同应用，经方差分析验证产地间差异具有极显著统计学意义，形成了“图谱-含量-统计”三位一体的系统评价模式。

本方法操作简便、重复性好、灵敏度高，适用于不同产地猪殃殃药材的快速鉴别与质量比较。河南产地 4 种指标成分含量均显著高于安徽与广西产地，为优质产地筛选及产业化开发提供了依据。所建立的技术路线具有较强的普适性，可推广应用于其他中药材的质量评价研究。

## 参考文献

- 1 中国药典 1977 年版. 一部[S]. 1977: 548.
- 2 蔡小梅, 王道平, 杨娟. 猪殃殃挥发油化学成分的 GC-MS 分析[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 1031-1035. [Cai XM, Wang DP, Yang J. Analysis of the volatile constituents of *Galium aparine* L. var. *tenerum* by GC-MS[J]. Natural Product Research and Development, 2010, 22(6): 1031-1035.] DOI:10.3969/j.issn.1001-6880.2010.06.029.

表 7 13 批猪殃殃含量测定结果 (mg/g, n=3)  
Table 7. Results of the content determination of 13 batches of *Galium aparine* L. (mg/g, n=3)

编号	新绿原酸	绿原酸	隐绿原酸	芦丁
Z1	0.172	1.818	0.370	0.263
Z2	0.167	1.876	0.392	0.210
Z3	0.474	3.787	0.917	0.484
Z4	0.494	3.888	0.948	0.484
Z5	0.498	3.916	0.989	0.432
Z6	0.517	4.028	1.011	0.460
Z7	0.079	0.681	0.192	0.191
Z8	0.070	0.659	0.190	0.181
Z9	0.086	0.887	0.260	0.212
Z10	0.209	2.916	0.404	0.288
Z11	0.501	0.608	0.204	0.176
Z12	0.523	4.025	0.953	0.498
Z13	0.535	4.061	1.011	0.472
均值	0.333	2.550	0.603	0.335

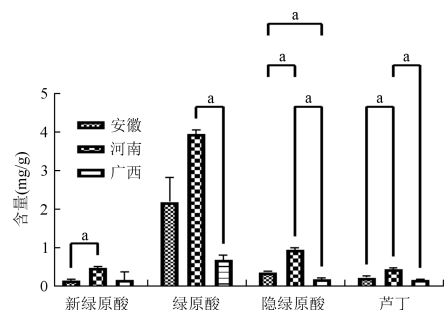


图 6 不同产地猪殃殃药材中 4 种成分含量的统计学分析结果

Figure 6. Statistical analysis results of the contents of 4 components in *Galium aparine* L. from different producing areas

注: <sup>a</sup> $P < 0.01$ 。

- 3 蔡小梅, 杨娟, 饶琼娟. 猪殃殃黄酮类成分研究[J]. 中国药学杂志, 2009, (19): 1475–1477. [Cai XM, Yang J, Rao QJ. Study on flavonoids from *Galium aparine* L. [J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2009, 44(19): 1475–1477.] DOI:10.3321/j.issn:1001-2494.2009.19.009.
- 4 杨娟, 蔡小梅, 穆淑珍, 等. 猪殃殃酚性成分研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(14): 1802–1803. [Yang J, Cai XM, Mu SZ, et al. Phenolic compounds from *Galium aparine* var. *tenerum*[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2009, 34(14): 1802–1803.] DOI:10.3321/j.issn:1001-5302.2009.14.013.
- 5 李建, 陈立, 李彬, 等. 八仙草化学成分研究[J]. 国际药学研究杂志, 2010, 37(5): 387–389. [Li J, Chen L, Li B, et al. Study on chemical constituents of *Galium aparine* L. [J]. International Journal of Pharmaceutical Research, 2010, 37(5): 387–389.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-0440.2010.05.013.
- 6 中国科学院《中国植物志》编辑委员会, 编. 中国植物志, 第71卷, 第2分册[M]. 北京: 科学出版社, 1999, 416–418.
- 7 蔡小梅. 猪殃殃化学成分的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2009. DOI: 10.7666/d.D215896.
- 8 张小慧, 刘亚君, 刘天文, 等. 猪殃殃的研究进展[J]. 江西科技师范大学学报, 2016, (6):70–75. [Zhang XH, Liu YJ, Liu WW, et al. The research progress of *Galium aparine* L[J]. Journal of Jiangxi Science & Technology Normal University, 2016, (6): 70–75.] DOI: 10.3969/j.issn.1007-3558.2016.06.010.
- 9 陈剑, 刘频健, 李洁琼. 紫外分光光度法测定猪殃殃中绿原酸含量[J]. 广州化工, 2012, 40(23):105–106. [Chen J, Liu PJ, Li JQ. Determination of chlorogenic acid content in cleavers with ultraviolet spectrophotometry[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2012, 40(23): 105–106.] DOI: CNKI: SUN:GZHA.0.2012-23-042.
- 10 陈剑, 刘频健, 李洁琼. 高效液相色谱法测定猪殃殃中绿原酸含量[J]. 广州化工, 2014, 42(24):116–117. [Chen J, Liu PJ, Li JQ. Determination of chlorogenic acid in cleaver by HPLC[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2014, 42(24): 116–117.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-9677.2014.24.045.
- 11 李建晨, 白伟红, 黑静, 等. 猪殃殃药材质量控制方法研究[J]. 河北工业科技, 2017, 34(3): 162–166. [Li JC, Bai WH, Hei J, et al. Research on quality control method of *Galii aparinis* herba[J]. Hebei Industrial Science and Technology, 2017, 34(3): 162–166.] DOI: 10.7535/hbgykj.2017yx03002.
- 12 陈彤彤, 于猛, 李凤霞, 等. 芦荟药材化学成分鉴定及UPLC指纹图谱分析[J]. 中草药, 2022, 53(8): 2470–2479. [Chen TT, Yu M, Li FX, et al. Chemical profile of herbal medicine aloe by UPLC-Q-TOF/MS and its UPLC fingerprinting[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(8): 2470–2479.] DOI:10.7501/j.issn.0253-2670.2022.08.024.
- 13 吴学峰, 周熙, 黄晓兰, 等. 基于UPLC-Q-TOF MS的广佛手指纹图谱建立及炮制前后成分差异分析[J]. 分析测试学报, 2022, 41(3): 299–308. [Wu XF, Zhou X, Huang XL, et al. Construction of UPLC-Q-TOF MS fingerprints for fingered fitron and its ingredient differences analysis before and after processing[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2022, 41(3): 299–308.] DOI: 10.19969/j.fxcxsb.21072709.
- 14 肖建才, 闫滨滨, 万修福, 等. 基于指纹图谱和UPLC-MS/MS定量测定对不同产地陈皮的质量评价研究[J]. 中草药, 2023, 54(10): 3302–3311. [Xiao JC, Yan BB, Wan XF, et al. Study on quality evaluation of *Citrus reticulata* from different origins by fingerprint and UPLC-MS/MS flavonoid content determination[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2023, 54(10): 3302–3311.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.10.027.
- 15 王红懿, 刘芳, 孙志兰, 等. Helveticin-M与绿原酸复配对大肠杆菌和肠炎沙门氏菌的抑菌效果及其机制[J]. 食品科学, 2020, 41(3):68–74. [Wang HY, Liu F, Sun ZL, et al. Synergistic antibacterial effect and mechanism of Helveticin-M combined with chlorogenic acid on *Escherichia coli* and *Salmonella enteritidis*[J]. Food Science, 2020, 41(3): 68–74.] DOI: 10.7506/spkx1002-6630-20190228-229.
- 16 敖慧豪, 付梦雅, 谢冬梅, 等. 基于指纹图谱和网络药理学的苍耳子质量标志物预测分析[J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(3): 483–492. [Ao HH, Fu MY, Xie DM, et al. Predictive analysis of *Cangerzi* (*Fructus Xanthii*) quality markers based on fingerprint and network pharmacology[J]. Journal of Hunan University of Chinese Medicine, 2023, 43(3): 483–492.] DOI: 10.3969/j.issn.1674-070X.2023.03.017.
- 17 刘文强, 董壮壮, 孙庆, 等. 桑叶茶中多酚、黄酮含量与抗氧化作用的相关性研究[J]. 食品科技, 2023, 48(2): 239–245. [Liu WQ, Dong ZZ, Sun Q, et al. Correlation between the contents of active substances in mulberry leaf tea and their antioxidant activities[J]. Food Science and Technology, 2023, 48(2): 239–245.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/spkj202302035>.

收稿日期: 2026年02月05日 修回日期: 2026年05月13日

本文编辑: 钟巧妮 洗静怡