

多指标成分定量结合化学计量学评价不同产地紫珠叶质量

焦 萌^{1,2}, 赵 山^{1,2}, 仝新朵^{1,2}, 陈志远³, 孙玉锋^{1,2*}

1. 河南中医药大学第三附属医院 药学部, 河南 郑州 450008

2. 河南中医药大学 第三临床医学院, 河南 郑州 450008

3. 郑州大学 药学院, 河南 郑州 450001

摘要: **目的** 采用多指标成分定量、化学计量学和 Logistic 回归分析建立不同产地紫珠叶质量的评价方法。**方法** 采用 HPLC 法测定不同产地紫珠叶中木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇, 同时测定醇溶性浸出物、总灰分。结合化学计量学筛选不同产地紫珠叶的质量差异关键指标, 利用 Logistic 回归分析法综合评价紫珠叶的质量。**结果** 提取了 2 个主成分, 代表了 15 个指标 87.654% 的信息量, 能明确区分 49 批紫珠叶。因子分析结果显示 S34~S49 的排名靠前, 说明这 16 批样品品质较优。以 VIP 值大于 1 为标准筛选质量差异标志物, 结果筛选出毛蕊花糖苷、熊果酸、木犀草苷和大波斯菊苷 4 个成分。Logistic 回归分析结果表明, 49 批紫珠叶分为 3 个等级, 其中优级和良级各 16 批, 差级 17 批。**结论** 多指标定量、化学计量学和 Logistic 回归分析用于评价紫珠叶质量的方法快速、准确, 为不同产地紫珠叶的质量差异评价、质量等级评价提供技术支撑。

关键词: 紫珠叶; 毛蕊花糖苷; 熊果酸; 木犀草苷; 大波斯菊苷; HPLC; 化学计量学; 因子分析; Logistic 回归

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2026)05-1295-10

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2026.05.012

Quality evaluation of *Callicarpae Formosanae Folium* from different producing areas by multi-index component quantification combined with chemometrics

JIAO Meng^{1,2}, ZHAO Shan^{1,2}, TONG Xinduo^{1,2}, CHEN Zhiyuan³, SUN Yufeng^{1,2}

1. Department of Pharmacy, Third Affiliated Hospital of Henan University of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou 450008, China

2. Third Clinical Medical College, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450008, China

3. School of Pharmacy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China

Abstract: Objective To establish a method for evaluating the quality difference of *Callicarpae Formosanae Folium* from different producing areas by multi-index quantification, chemometrics, and Logistic regression analysis. **Methods** The content determination of luteolin-7-*O*-glucoside, apigenin, rhoifolin, luteolin, apigenin, salvigenin, verbascoside, sesamin, betulinic acid, ursolic acid, calliterpenone, stigmaterol, and β -sitosterol in *Callicarpae Formosanae Folium* from different producing areas were carried out by HPLC method, and the amount of alcohol-soluble extract and total ash was measured at the same time. Based on the chemical identification model, the key indicators of the quality difference of *Callicarpae Formosanae Folium* from different producing areas were screened, and the quality difference was comprehensively evaluated by Logistic regression analysis. **Results** Two principal components were extracted, representing 87.654% of the information content of 15 indicators, which can clearly distinguish 49 batches of *Callicarpae Formosanae Folium*. The results of factor analysis show that the rankings of S34 — S49 were high, indicating that the quality of these 16 batches of samples was relatively good. Using VIP values greater than 1 as the standard for screening quality difference markers, four components were identified: verbascoside, ursolic acid, verbascoside, and cosmos glycosides. The results of logistic regression analysis showed that 49 batches of *Callicarpae Formosanae Folium* leaves were divided into three grades, with 16 batches of excellent and good grades, and 17 batches of poor grades. **Conclusion** The method of multi on multi-index quantification, chemometrics, and logistic regression analysis for evaluating the quality differences of *Callicarpae Formosanae Folium* based is fast

收稿日期: 2025-11-25

基金项目: 国家中医药管理局全国中药特色技术传承人才培养项目[国中医药人教函(2023)96号]

作者简介: 焦 萌(1991—), 女, 主管中药师, 本科, 研究方向为中药质量控制与临床应用。E-mail: em8971@163.com

*通信作者: 孙玉锋(1980—), 男, 副主任药师, 本科, 研究方向为中药质量控制与临床应用。E-mail: btzb47@163.com

and accurate, providing technical support for evaluating the quality differences and grades of *Callicarpae Formosanae Folium* from different production areas.

Key words: *Callicarpae Formosanae Folium*; verbascoside; ursolic acid; luteolin-7-*O*-glucoside; apigenin; HPLC; chemometrics; factor analysis; Logistic regression

紫珠叶为马鞭草科杜虹花 *Callicarpa formosana* Rolfe 的干燥叶^[1], 福建、两广、江西等地为其主产区^[2], 现收载于《中国药典》2025 年版一部, 凉血收敛止血、散瘀解毒消肿, 临床用于衄血、咯血、吐血、便血、崩漏、外伤出血、热毒疮疡、水火烫伤等。紫珠叶主要含有黄酮类、萜类、苯丙素类等成分^[3], 现行质量标准仅对毛蕊花糖苷进行定量。紫珠叶中所含化学成分较复杂, 仅通过控制一个化学成分的含量不足以评价其整体质量。HPLC 法与化学计量学^[4-5]、Logistic 回归分析^[6-7]联用弥补仅通过控制化学成分含量来评价中药材质量的不足, 其中化学计量学方法可对复杂的多维信息进行降维分类, 可提示中药材中复杂成分间隐藏的规律, Logistic 回归分析通过二元 Logistic 算法建立模型并进行相应的验证, 完成多批次中药材的质量等级评价研究, 上述联合方法常用于中药材及其制剂的质量评价。本研究采集 49 批紫珠叶药材, 采用多指标定量法同时测定紫珠叶中木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇、醇溶性浸出物、总灰分, 结合化学计量学、Logistic 回归分析法建立其质量评价模型, 旨在为不同产地紫珠叶的质量差异评价、质量等级评价提供技术支撑。

1 仪器与材料

Waters e2695 型 HPLC 仪 (美国 Waters 公司); Mettler AE240 型电子天平 (瑞士梅特勒 - 托利多公司)。

芝麻素 (批号 110836-201706, 质量分数 99.9%)、熊果酸 (批号 110742-202424, 质量分数 99.7%)、芹菜素 (批号 111901-202205, 质量分数 98.4%)、鼠尾草素 (批号 112183-202501, 质量分数 98.4%)、木犀草苷 (批号 111720-202312, 质量分数 98.1%)、毛蕊花糖苷 (批号 111530-202315, 质量分数 97.6%)、野漆树苷 (批号 111919-201804, 质量分数 95.5%)、木犀草素 (批号 111520-202107, 质量分数 96.3%)、 β -谷甾醇 (批号 110851-201909, 质量分数 92.7%) 对照品购自中国食品药品检定研究院; 白桦脂酸 (批号 T2830-114721, 质量分数

99.7%)、豆甾醇 (批号 T2967-114491, 质量分数 99.8%)、大波斯菊苷 (批号 T4S0295-163971, 质量分数 99.2%)、大叶紫珠萜酮 (批号 T124920-149581, 质量分数 99.1%) 对照品均购自上海陶术生物科技有限公司; 乙腈和磷酸 (色谱纯, 迪马科技有限公司), 其他试剂为分析纯。

紫珠叶样品经河南中医药大学第三附属医院孙玉锋副主任药师鉴定, 为马鞭草科植物杜虹花 *C. formosana* Rolfe 的干燥叶, 样品来源见表 1。

2 方法与结果

2.1 混合对照品溶液的制备

精密称取野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、芝麻素、白桦脂酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇对照品, 用 70% 甲醇溶解制成质量浓度分别为 0.424、0.106、0.312、0.154、0.074、0.028、0.276、0.042、0.118 mg/mL 的对照品贮备液 I; 精密称取木犀草苷、大波斯菊苷、毛蕊花糖苷、熊果酸对照品, 用 70% 甲醇溶解制成质量浓度分别为 1.172、0.570、1.590、0.890 mg/mL 的对照品贮备液 II。精密吸取对照品贮备液 I 1.0 mL、对照品贮备液 II 2.0 mL, 置 20 mL 量瓶中, 用 70% 甲醇定容, 即得 (野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、芝麻素、白桦脂酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇、木犀草苷、大波斯菊苷、毛蕊花糖苷、熊果酸的质量浓度分别为 21.20、5.30、15.60、7.70、3.70、1.40、13.80、2.10、5.90、117.20、57.00、159.00、89.00 μ g/mL)。

2.2 供试品溶液的制备

取紫珠叶粉末 (过四号筛) 约 0.5 g, 精密称定, 精密加入 70% 甲醇 25 mL, 称定质量, 超声提取 40 min (超声频率 40 kHz、超声功率 300 W), 冷却, 补足损失质量, 摇匀, 静置, 滤过, 即得。

2.3 色谱条件

Alltima HP C₁₈ 色谱柱 (250 mm \times 4.6 mm, 5 μ m); 流动相为 0.5% 磷酸 (A) - 乙腈 (B), 采用梯度洗脱 (0~12 min, 18.0% B; 12~38 min, 18.0% \rightarrow 52.0% B; 38~59 min, 52% \rightarrow 65.0% B; 59~70 min, 65.0% \rightarrow 18.0% B); 运行时间: 70 min; 检测波长: 330 nm (0~38 min 检测木犀草苷、大波斯

表 1 紫珠叶样品信息

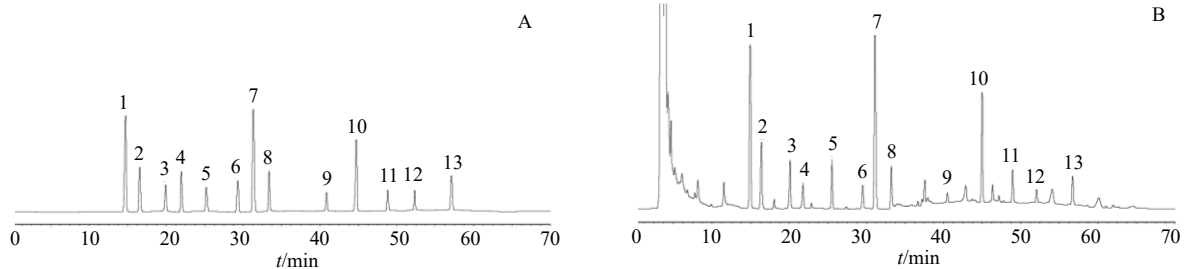
Table 1 Sample information of *Callicarpae Formosanae Folium*

编号	产地	采集时间	编号	产地	采集时间	编号	产地	采集时间
S1	广西博白县	2024-10	S18	江西铜鼓县	2024-07	S35	广东龙川县	2024-08
S2	广西上思县	2024-10	S19	江西宜丰县	2024-07	S36	广东仁化县	2024-08
S3	广西灵山县	2024-09	S20	江西寻乌县	2024-07	S37	广东怀集县	2024-09
S4	广西横县	2024-08	S21	江西上犹县	2024-07	S38	广东翁源县	2024-08
S5	广西陆川县	2024-08	S22	江西安远县	2024-07	S39	广东平远县	2024-09
S6	广西容县	2024-09	S23	江苏泗阳县	2024-08	S40	广东大埔县	2024-08
S7	广西马山县	2024-09	S24	江苏灌云县	2024-08	S41	广东饶平县	2024-09
S8	贵州赫章县	2024-08	S25	江苏灌南县	2024-08	S42	福建永春县	2024-09
S9	贵州长顺县	2024-08	S26	浙江平阳县	2024-08	S43	福建尤溪县	2024-09
S10	云南双柏县	2024-08	S27	浙江临海市	2024-08	S44	福建闽侯县	2024-08
S11	云南云龙县	2024-09	S28	浙江庆元县	2024-08	S45	福建霞浦县	2024-08
S12	云南禄劝县	2024-09	S29	浙江泰顺县	2024-10	S46	福建浦城县	2024-11
S13	海南澄迈县	2024-09	S30	浙江龙泉市	2024-10	S47	福建光泽县	2024-10
S14	海南万宁市	2024-08	S31	浙江景宁县	2024-08	S48	福建华安县	2024-10
S15	海南白沙县	2024-10	S32	浙江武义县	2024-08	S49	福建武平县	2024-11
S16	海南屯昌县	2024-10	S33	浙江磐安县	2024-08			
S17	江西全南县	2024-07	S34	广东始兴县	2024-09			

菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷和芝麻素)、210 nm (38~70 min 检测白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇和 β -谷甾醇); 柱温 30 °C; 体积流量 1.0 mL/min; 进样量

10 μ L。

供试品溶液在对照品溶液的色谱峰处有相应的吸收峰, 各成分的理论板数均高于 4 500, HPLC 图见 1。



1-木犀草苷, 2-大波斯菊苷, 3-野漆树苷, 4-木犀草素, 5-芹菜素, 6-鼠尾草素, 7-毛蕊花糖苷, 8-芝麻素, 9-白桦脂酸, 10-熊果酸, 11-大叶紫珠萜酮, 12-豆甾醇, 13- β -谷甾醇。

1-luteolin-7-O-glucoside, 2-apigenin, 3-rhoifolin, 4-luteolin, 5-apigenin, 6-salvigenin, 7-verbascoside, 8-sesamin, 9-betulinic acid, 10-ursolic acid, 11-calliterpenone, 12-stigmasterol, 13- β -sitosterol.

图 1 混合对照品 (A) 和紫珠叶 (B) 的 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatograms for reference substance (A) and *Callicarpae Formosanae Folium* (B)

2.4 标准曲线绘制

精密量取对照品贮备液 I 和贮备液 II 各 0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0 mL, 置 6 个 20 mL 量瓶, 分别用 70% 甲醇稀释成不同质量浓度的对照品溶液, 进样测定各成分的峰面积值。以木犀草苷、大波斯菊

苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇的峰面积为纵轴, 相应的质量浓度为横轴绘制标准曲线, 进行线性回归, 结果见表 2。

表 2 13 个成分的线性关系考察结果

Table 2 The results of linear relationship of 13 components

成分	回归方程	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)	相关系数 (r)
木犀草苷	$Y=2.4801 \times 10^6 X + 1028.1$	5.86~293.00	0.9997
大波斯菊苷	$Y=1.7354 \times 10^6 X + 996.7$	2.85~142.50	0.9991
野漆树苷	$Y=2.1992 \times 10^6 X - 2031.2$	2.12~106.00	0.9994
木犀草素	$Y=1.3857 \times 10^6 X + 805.5$	0.53~26.50	0.9998
芹菜素	$Y=1.9069 \times 10^6 X + 772.8$	1.56~78.00	0.9995
鼠尾草素	$Y=1.4801 \times 10^6 X + 1139.6$	0.77~38.50	0.9992
毛蕊花糖苷	$Y=2.3076 \times 10^6 X - 1650.3$	7.95~397.50	0.9993
芝麻素	$Y=1.0329 \times 10^6 X + 798.5$	0.37~18.50	0.9999
白桦脂酸	$Y=8.1367 \times 10^5 X + 627.1$	0.14~7.00	0.9998
熊果酸	$Y=2.2719 \times 10^6 X + 833.4$	4.45~222.50	0.9996
大叶紫珠萜酮	$Y=1.8536 \times 10^6 X - 1771.8$	1.38~69.00	0.9994
豆甾醇	$Y=6.9812 \times 10^5 X - 632.5$	0.21~10.50	0.9993
β -谷甾醇	$Y=1.5994 \times 10^6 X + 1127.6$	0.59~29.50	0.9997

2.5 精密度试验

取混合对照品溶液，连续进样 6 次，结果木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇峰面积的 RSD 值分别为 0.72%、1.02%、1.03%、1.22%、1.14%、1.07%、0.56%、1.38%、1.61%、0.83%、1.19%、1.34%、1.23%。

2.6 稳定性试验

取紫珠叶（编号 S1）样品，制备供试品溶液，于室温放置 0、4、8、12、16、20、24 h 时进样，测定峰面积，结果木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇峰面积的 RSD 值依次为 0.93%、1.15%、1.26%、1.45%、1.33%、1.29%、0.96%、1.63%、1.72%、1.07%、1.35%、1.79%、1.48%，表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

2.7 重复性试验

取紫珠叶（编号 S1）样品 6 份，制成供试品溶液，进样测定峰面积值，结果木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇质量分数的 RSD 值依次为

1.29%、1.43%、1.52%、1.68%、1.51%、1.57%、1.01%、1.76%、1.97%、1.28%、1.46%、1.82%、1.62%。

2.8 回收率试验

取紫珠叶（编号 S1）样品 9 份，每份 0.25 g，精密称定，分别精密加入混合对照品溶液（含木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇 1.781、0.814、0.207、0.048、0.162、0.083、2.416、0.037、0.013、1.284、0.143、0.022、0.056 mg/mL）0.8、1.0、1.2 mL，制成供试品溶液，每个水平制备 3 份，检测，结果 13 个成分的平均回收率分别为 99.83%、100.10%、97.85%、98.02%、99.09%、96.93%、98.88%、97.76%、98.39%、100.03%、98.54%、99.09%、99.33%，RSD 值分别为 0.70%、0.88%、1.41%、1.27%、0.67%、1.34%、1.49%、1.13%、1.54%、0.93%、1.00%、1.15%、1.11%。

2.9 样品测定

取 49 批紫珠叶（编号 S1~S49）样品，制备供试品溶液，进样测定，运用外标法计算 49 批样品中 13 个成分的质量分数，见表 3。结果显示不同产地紫珠叶中各成分的质量分数差异均较大，毛蕊花糖苷为 7.733~13.984 mg/g，符合《中国药典》2025 年版的标准要求（不得少于 0.5%）。

表 3 紫珠叶中木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇的测定结果 ($n=3$)

Table 3 Determination of luteolin-7-*O*-glucoside, apigenin, rhoifolin, luteolin, apigenin, salvigenin, verbascoside, sesamin, betulinic acid, ursolic acid, calliterpenone, stigmaterol, and β -sitosterol in *Callicarpae Formosanae Folium* ($n=3$)

编号	质量分数/(mg·g ⁻¹)												
	木犀草苷	大波斯菊苷	野漆树苷	木犀草素	芹菜素	鼠尾草素	毛蕊花糖苷	芝麻素	白桦脂酸	熊果酸	大叶紫珠萜酮	豆甾醇	β -谷甾醇
S1	7.142	3.276	0.835	0.198	0.644	0.337	9.739	0.141	0.053	5.126	0.522	0.085	0.206
S2	7.819	3.538	0.784	0.211	0.749	0.343	10.782	0.159	0.061	5.702	0.713	0.101	0.259
S3	7.331	3.755	0.812	0.192	0.638	0.311	9.723	0.137	0.056	5.119	0.582	0.071	0.218
S4	7.893	3.546	0.719	0.226	0.736	0.359	10.768	0.131	0.054	5.755	0.741	0.091	0.205
S5	7.219	3.665	0.820	0.187	0.643	0.316	9.728	0.130	0.052	5.115	0.601	0.076	0.208
S6	7.880	3.541	0.773	0.199	0.744	0.331	10.729	0.148	0.057	5.615	0.734	0.096	0.242
S7	7.160	3.294	0.849	0.216	0.672	0.345	9.757	0.159	0.071	5.144	0.631	0.105	0.237
S8	7.925	3.573	0.701	0.251	0.798	0.370	10.800	0.155	0.069	5.788	0.778	0.126	0.273
S9	7.147	3.271	0.831	0.208	0.654	0.327	9.753	0.144	0.051	5.316	0.612	0.087	0.219
S10	7.905	3.553	0.772	0.210	0.757	0.351	10.780	0.164	0.068	5.768	0.765	0.104	0.252
S11	7.521	3.413	0.806	0.203	0.704	0.338	10.258	0.151	0.059	5.446	0.687	0.094	0.234
S12	7.824	3.703	0.761	0.216	0.816	0.363	10.355	0.176	0.071	6.128	0.854	0.114	0.271
S13	7.534	3.427	0.820	0.217	0.718	0.352	10.272	0.165	0.073	5.463	0.691	0.108	0.248
S14	8.339	3.718	0.774	0.231	0.832	0.378	11.371	0.183	0.065	6.144	0.778	0.130	0.287
S15	7.936	3.575	0.745	0.244	0.799	0.365	10.823	0.132	0.069	5.803	0.771	0.119	0.265
S16	8.310	3.689	0.747	0.202	0.802	0.349	11.341	0.162	0.062	6.114	0.856	0.100	0.257
S17	6.075	2.982	0.475	0.153	0.562	0.465	8.284	0.076	0.043	8.315	0.785	0.091	0.157
S18	6.235	3.346	0.544	0.159	0.557	0.452	8.502	0.081	0.047	7.086	0.574	0.066	0.154
S19	5.671	3.075	0.436	0.126	0.545	0.490	7.733	0.073	0.033	8.478	0.541	0.085	0.169
S20	5.890	2.857	0.498	0.139	0.540	0.475	8.032	0.065	0.030	7.430	0.519	0.083	0.129
S21	6.155	2.941	0.515	0.149	0.568	0.456	8.939	0.086	0.041	7.307	0.586	0.081	0.157
S22	6.173	2.959	0.533	0.167	0.586	0.474	8.957	0.104	0.053	7.325	0.604	0.089	0.175
S23	6.179	2.965	0.539	0.153	0.572	0.468	8.963	0.091	0.045	7.331	0.610	0.085	0.171
S24	6.171	2.916	0.442	0.124	0.583	0.431	8.914	0.089	0.046	7.282	0.561	0.067	0.152
S25	6.139	2.925	0.499	0.133	0.552	0.440	8.923	0.070	0.042	7.291	0.570	0.075	0.141
S26	6.146	2.932	0.506	0.140	0.559	0.447	8.930	0.077	0.038	7.298	0.577	0.072	0.148
S27	6.166	2.952	0.526	0.160	0.579	0.467	8.950	0.097	0.052	7.318	0.597	0.088	0.168
S28	6.181	2.947	0.431	0.155	0.574	0.462	8.945	0.092	0.047	7.313	0.592	0.071	0.163
S29	6.150	2.936	0.510	0.144	0.563	0.451	8.934	0.081	0.036	7.302	0.581	0.076	0.152
S30	6.117	2.903	0.477	0.131	0.553	0.458	8.901	0.078	0.043	7.269	0.578	0.083	0.159
S31	6.141	2.927	0.501	0.135	0.554	0.442	8.925	0.072	0.047	7.293	0.572	0.077	0.154
S32	6.186	2.972	0.546	0.148	0.589	0.478	8.970	0.097	0.042	7.338	0.617	0.092	0.158
S33	6.169	2.955	0.429	0.163	0.592	0.470	8.953	0.081	0.055	7.321	0.600	0.070	0.161
S34	9.696	5.213	0.975	0.344	0.953	0.289	13.225	0.201	0.055	4.282	0.458	0.074	0.178
S35	8.742	4.419	1.019	0.319	0.991	0.267	11.923	0.192	0.038	6.178	0.431	0.072	0.248
S36	9.504	5.052	1.158	0.358	1.064	0.248	12.963	0.218	0.047	4.640	0.398	0.069	0.205
S37	9.295	4.691	1.066	0.307	0.914	0.302	12.679	0.225	0.041	4.171	0.377	0.067	0.136

表 3 (续)

编号	质量分数/(mg·g ⁻¹)												
	木犀草苷	大波斯菊苷	野漆树苷	木犀草素	芹菜素	鼠尾草素	毛蕊花糖苷	芝麻素	白桦脂酸	熊果酸	大叶紫珠鞣酮	豆甾醇	β-谷甾醇
S38	8.933	4.554	0.878	0.274	0.876	0.312	12.185	0.184	0.057	5.435	0.355	0.065	0.225
S39	9.705	5.224	0.984	0.355	0.963	0.334	13.235	0.210	0.059	4.288	0.464	0.079	0.184
S40	9.513	5.063	1.168	0.369	1.075	0.253	12.973	0.227	0.051	4.647	0.403	0.073	0.212
S41	9.305	4.701	1.075	0.317	0.924	0.308	12.688	0.235	0.040	4.177	0.381	0.071	0.141
S42	8.942	4.563	0.885	0.283	0.886	0.318	12.194	0.192	0.053	5.442	0.360	0.069	0.233
S43	10.255	6.072	0.881	0.436	1.144	0.325	13.984	0.220	0.058	5.262	0.438	0.077	0.179
S44	9.246	5.147	0.921	0.405	1.189	0.299	12.608	0.216	0.040	7.592	0.412	0.074	0.250
S45	10.052	5.884	1.046	0.454	1.276	0.279	13.708	0.238	0.050	5.702	0.380	0.071	0.206
S46	9.832	5.464	0.963	0.389	1.097	0.341	13.407	0.246	0.039	5.125	0.360	0.069	0.137
S47	9.449	5.304	0.793	0.348	1.052	0.368	12.884	0.201	0.062	6.678	0.339	0.067	0.226
S48	9.391	4.942	0.969	0.343	1.022	0.291	12.804	0.207	0.044	5.327	0.409	0.071	0.201
S49	9.398	4.947	0.974	0.354	1.038	0.324	12.815	0.203	0.046	5.331	0.412	0.073	0.207

2.10 醇溶性浸出物检测

取 49 批紫珠叶样品 (编号 S1~S49), 参照《中国药典》2025 年版相关通则^[8], 测定醇溶性浸出物, 结果见表 4。结果 49 批紫珠叶样品中醇溶性浸出物有多批 (S17、S18、S20、S21、S24~S26、S29~S33) 不符合药典 2025 年版紫珠叶不得少于 20.0%。

2.11 总灰分检测

取 49 批紫珠叶样品 (编号 S1~S49), 参照《中

国药典》2025 年版相关通则^[8]测定, 结果见表 4。结果显示 49 批紫珠叶样品中总灰分出现不符合《中国药典》2025 年版中紫珠叶要求的批次 (S18、S19、S21、S27、S28、S32、S33) (不得过 11.0%)。

2.12 主成分分析

运用 SPSS 26.0 统计软件对 49 批紫珠叶中 15 个指标检测数据进行处理。当特征值大于 1 时, 提取出 2 个主成分分析, 其中主成分 1 的特征值为

表 4 醇溶性浸出物、总灰分检测结果 (n = 2)

Table 4 Detection results of alcohol-soluble extract and total ash (n = 2)

编号	醇溶性浸出物/%	总灰分/%	编号	醇溶性浸出物/%	总灰分/%	编号	醇溶性浸出物/%	总灰分/%
S1	25.7	6.2	S18	19.2	11.3	S35	30.9	4.5
S2	24.2	8.4	S19	20.5	11.7	S36	30.1	4.9
S3	28.4	6.1	S20	19.1	10.6	S37	32.8	5.6
S4	26.5	5.9	S21	19.4	11.1	S38	33.5	5.7
S5	23.8	8.7	S22	21.2	10.9	S39	31.8	4.1
S6	25.8	7.3	S23	20.1	10.5	S40	30.4	5.3
S7	25.0	6.5	S24	19.9	9.6	S41	30.1	6.1
S8	24.3	7.8	S25	18.8	9.5	S42	32.5	5.9
S9	26.9	8.4	S26	18.5	10.2	S43	28.7	5.2
S10	32.8	8.3	S27	20.5	11.2	S44	29.4	5.5
S11	29.2	8.7	S28	20.0	11.7	S45	31.6	6.2
S12	28.6	7.1	S29	18.9	10.6	S46	30.8	4.8
S13	23.5	6.5	S30	18.6	8.3	S47	31.7	6.3
S14	22.7	7.2	S31	18.3	9.7	S48	32.2	5.7
S15	24.0	6.5	S32	19.5	11.2	S49	31.5	5.5
S16	24.5	7.6	S33	19.8	12.5			
S17	19.4	10.2	S34	31.4	4.2			

10.183, 解释了木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、熊果酸、醇溶性浸出物、总灰分具有较大的信息, 对方差的贡献率为 67.884%; 主成分 2 的特征值为 2.965, 主要包含白桦脂酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇和 β -谷甾醇的信息, 对方差的贡献率为 19.770%。见表 5。

表 5 因子载荷矩阵和成分得分系数

Table 5 Factor loading matrix and component score coefficient

评价指标	因子载荷		成分得分系数	
	主成分 1	主成分 2	主成分 1	主成分 2
木犀草苷	0.985	0.002	0.097	0.001
大波斯菊苷	0.939	-0.218	0.092	-0.074
野漆树苷	0.956	0.043	0.094	0.015
木犀草素	0.947	-0.139	0.093	-0.047
芹菜素	0.942	-0.081	0.093	-0.027
鼠尾草素	-0.922	-0.145	-0.091	-0.049
毛蕊花糖苷	0.973	-0.048	0.096	-0.016
芝麻素	0.977	0.054	0.096	0.018
白桦脂酸	0.241	0.857	0.024	0.289
熊果酸	-0.805	-0.190	-0.079	-0.064
大叶紫珠萜酮	-0.529	0.779	-0.052	0.263
豆甾醇	-0.181	0.900	-0.018	0.304
β -谷甾醇	0.389	0.815	0.038	0.275
醇溶性浸出物	0.930	0.031	0.091	0.010
总灰分	-0.922	-0.109	-0.091	-0.037

以主成分 1、2 建立坐标系, 运用 SIMCA 14.1 软件对 49×15 矩阵数据进行投影, 结果见图 2。49 批紫珠叶被分为 3 个区间, S1~S16 位于上中部, S17~S33 位于左下侧, S34~S49 位于右下侧。

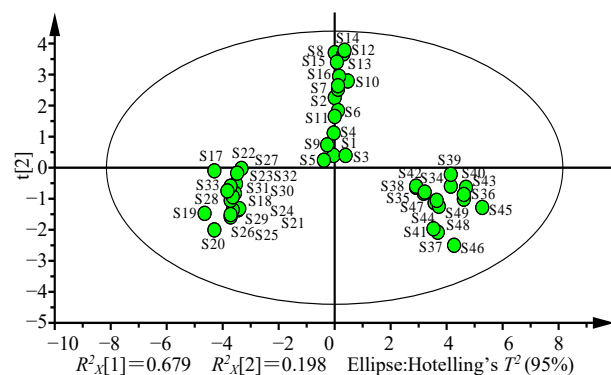


图 2 紫珠叶的 PCA 得分图

Fig. 2 PCA score of *Callicarpae formosanae folium*

2.13 因子分析

按公式 $Y_{ij}=(X_{ij}-\bar{X}_j)/SD_j$ (其中 X_{ij} 为第 j 个成分的质量分数, \bar{X}_j 为第 j 个成分的平均质量分数, SD_j 为第 j 个成分质量分数的标准差, Y_{ij} 为质量分数标准化结果) 对各指标质量分数数据进行标准化处理, 将处理后数据和成分得分系数逐一相乘计算第一、二主成分得分 (F_{i1} 、 F_{i2})。以主成分方差贡献率与累积方差贡献率的商为权重 (W_i), 按公式 $F_i=F_{i1} \times W_1 + F_{i2} \times W_2$ 计算主成分综合得分^[9-10], 对样品进行排序, 见表 6。结果显示 S34~S49 的排名靠前, 说明这 16 批样品品质较优。

表 6 紫珠叶的主成分得分和排序

Table 6 Scores and ranking of principal components of 49 batches of *Callicarpae Formosanae Folium*

编号	F_{i1}	F_{i2}	F_i	排序	编号	F_{i1}	F_{i2}	F_i	排序
S1	-0.007	0.239	0.049	30	S26	-1.159	-0.907	-1.102	47
S2	0.008	1.312	0.303	25	S27	-1.090	-0.107	-0.868	34
S3	0.123	0.225	0.146	29	S28	-1.163	-0.611	-1.038	43
S4	-0.003	0.661	0.147	28	S29	-1.165	-0.861	-1.096	46
S5	-0.121	0.142	-0.062	32	S30	-1.119	-0.467	-0.972	36
S6	0.038	1.080	0.273	26	S31	-1.135	-0.535	-0.999	38
S7	0.034	1.464	0.357	24	S32	-1.160	-0.326	-0.972	36
S8	0.001	2.153	0.487	19	S33	-1.197	-0.448	-1.028	41
S9	-0.079	0.429	0.036	31	S34	1.305	-0.354	0.930	6
S10	0.149	1.612	0.480	20	S35	1.001	-0.466	0.669	12
S11	0.008	0.969	0.225	27	S36	1.446	-0.594	0.985	4
S12	0.095	2.129	0.555	18	S37	1.156	-1.204	0.623	15
S13	0.050	1.705	0.424	22	S38	0.920	-0.373	0.628	13
S14	0.108	2.196	0.580	17	S39	1.301	-0.139	0.976	5
S15	0.029	1.978	0.469	21	S40	1.476	-0.373	1.058	2
S16	0.040	1.533	0.377	23	S41	1.115	-1.136	0.606	16
S17	-1.350	-0.054	-1.057	44	S42	0.911	-0.356	0.625	14
S18	-1.083	-0.794	-1.018	40	S43	1.449	-0.495	1.010	3
S19	-1.453	-0.839	-1.314	49	S44	1.124	-0.648	0.724	9
S20	-1.341	-1.153	-1.299	48	S45	1.657	-0.751	1.113	1
S21	-1.155	-0.607	-1.031	42	S46	1.342	-1.447	0.712	10
S22	-1.045	-0.007	-0.810	33	S47	1.014	-0.473	0.678	11
S23	-1.099	-0.294	-0.917	35	S48	1.172	-0.709	0.747	8
S24	-1.071	-0.767	-1.002	39	S49	1.146	-0.606	0.750	7
S25	-1.143	-0.783	-1.062	45					

2.14 OPLS-DA 分析

为查找导致差异的主要化学标记物,在主成分分析提取得到 2 个主成分的基础上,建立 OPLS-DA 模型,结果 49 批样品分类更显著,模型参数均接近 1 ($R^2_X=0.988$, $R^2_Y=0.927$, $Q^2=0.906$),提示建立的模型优秀^[11](图 3)。根据建立的 OPLS-DA 模型,得各变量的变量重要投影性(VIP)值得分图,见图 4,以 VIP 值大于 1 为标准筛选质量差异标志物,结果筛选出毛蕊花糖苷、熊果酸、木犀草苷和大波斯菊苷 4 个成分。

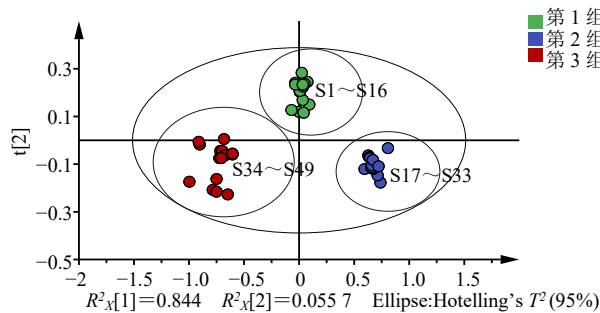
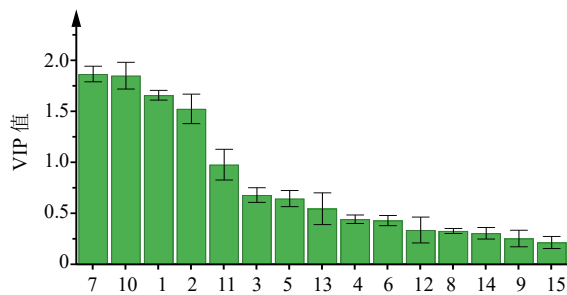


图 3 紫珠叶的 OPLS-DA 得分图

Fig. 3 OPLS-DA score of *Callicarpae Formosanae Folium*



1-木犀草苷, 2-大波斯菊苷, 3-野漆树苷, 4-木犀草素, 5-芹菜素, 6-鼠尾草素, 7-毛蕊花糖苷, 8-芝麻素, 9-白桦脂酸, 10-熊果酸, 11-大叶紫珠萜酮, 12-豆甾醇, 13-β-谷甾醇, 14-醇溶性浸出物, 15-总灰分。
1-luteolin-7-O-glucoside, 2-apigenin, 3-rhoifolin, 4-luteolin, 5-apigenin, 6-salvigenin, 7-verbascoside, 8-sesamin, 9-betulinic acid, 10-ursolic acid, 11-calliterpenone, 12-stigmasterol, 13-sitosterol, 14-alcohol-soluble extract, 15-total ash.

图 4 紫珠叶的 VIP 图

Fig. 4 VIP diagram of *Callicarpae Formosanae Folium*

2.15 Logistic 回归分析

2.15.1 Logistic 回归模型建立 根据因子分析结果,将 49 批紫珠叶初步分为优(样品编号 S34~S49)、良(样品编号 S1~S16)、差(样品编号 S17~S33) 3 个等级。从各等级样品中随机抽取 9 批样品

作为训练集,将训练集样品中 15 个指标检测数据导入 SPSS 26.0 统计软件中,建立 Logistic 回归分析模型^[6-7, 12],获得 3 个等级样品的模型表达式分别为:
 $P_{优} = \exp(181.792 - 82.549 \times C_{木犀草苷} - 24.320 \times C_{大波斯菊苷} - 151.878 \times C_{野漆树苷} - 90.640 \times C_{木犀草素} - 25.187 \times C_{芹菜素} - 350.056 \times C_{鼠尾草素} - 47.157 \times C_{毛蕊花糖苷} - 482.229 \times C_{芝麻素} - 123.014 \times C_{白桦脂酸} - 7.655 \times C_{熊果酸} - 67.655 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 171.685 \times C_{豆甾醇} - 62.606 \times C_{\beta-谷甾醇} - 40.917 \times C_{醇溶性浸出物} - 79.061 \times C_{总灰分}) / [1 + \exp(181.792 - 82.549 \times C_{木犀草苷} - 24.320 \times C_{大波斯菊苷} - 151.878 \times C_{野漆树苷} - 90.640 \times C_{木犀草素} - 25.187 \times C_{芹菜素} - 350.056 \times C_{鼠尾草素} - 47.157 \times C_{毛蕊花糖苷} - 482.229 \times C_{芝麻素} - 123.014 \times C_{白桦脂酸} - 7.655 \times C_{熊果酸} - 67.655 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 171.685 \times C_{豆甾醇} - 62.606 \times C_{\beta-谷甾醇} - 40.917 \times C_{醇溶性浸出物} - 79.061 \times C_{总灰分})]$ 。

$P_{中} = \exp(-45.397 - 20.328 \times C_{木犀草苷} - 2.459 \times C_{大波斯菊苷} - 53.696 \times C_{野漆树苷} - 124.114 \times C_{木犀草素} - 87.525 \times C_{芹菜素} - 105.663 \times C_{鼠尾草素} - 6.422 \times C_{毛蕊花糖苷} - 158.480 \times C_{芝麻素} - 28.221 \times C_{白桦脂酸} - 4.480 \times C_{熊果酸} - 14.336 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 46.135 \times C_{豆甾醇} - 92.511 \times C_{\beta-谷甾醇} - 8.074 \times C_{醇溶性浸出物} - 10.534 \times C_{总灰分}) / [1 + \exp(-45.397 - 20.328 \times C_{木犀草苷} - 2.459 \times C_{大波斯菊苷} - 53.696 \times C_{野漆树苷} - 124.114 \times C_{木犀草素} - 87.525 \times C_{芹菜素} - 105.663 \times C_{鼠尾草素} - 6.422 \times C_{毛蕊花糖苷} - 158.480 \times C_{芝麻素} - 28.221 \times C_{白桦脂酸} - 4.480 \times C_{熊果酸} - 14.336 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 46.135 \times C_{豆甾醇} - 92.511 \times C_{\beta-谷甾醇} - 8.074 \times C_{醇溶性浸出物} - 10.534 \times C_{总灰分})]$ 。

$P_{差} = \exp(-192.667 - 53.545 \times C_{木犀草苷} - 23.034 \times C_{大波斯菊苷} - 103.383 \times C_{野漆树苷} - 29.450 \times C_{木犀草素} - 100.348 \times C_{芹菜素} - 55.192 \times C_{鼠尾草素} - 37.365 \times C_{毛蕊花糖苷} - 84.844 \times C_{芝麻素} - 23.949 \times C_{白桦脂酸} - 16.494 \times C_{熊果酸} - 16.513 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 154.054 \times C_{豆甾醇} - 68.099 \times C_{\beta-谷甾醇} - 39.215 \times C_{醇溶性浸出物} - 91.250 \times C_{总灰分}) / [1 + \exp(-192.667 - 53.545 \times C_{木犀草苷} - 23.034 \times C_{大波斯菊苷} - 103.383 \times C_{野漆树苷} - 29.450 \times C_{木犀草素} - 100.348 \times C_{芹菜素} - 55.192 \times C_{鼠尾草素} - 37.365 \times C_{毛蕊花糖苷} - 84.844 \times C_{芝麻素} - 23.949 \times C_{白桦脂酸} - 16.494 \times C_{熊果酸} - 16.513 \times C_{大叶紫珠萜酮} - 154.054 \times C_{豆甾醇} - 68.099 \times C_{\beta-谷甾醇} - 39.215 \times C_{醇溶性浸出物} - 91.250 \times C_{总灰分})]$ 。

2.15.2 紫珠叶等级预测 将紫珠叶中木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、β-谷甾醇、醇溶性浸出物、

总灰分检测数据分别代入上述公式中, 计算各批次紫珠叶样品属于相应等级概率 (P 值), 对 49 批紫珠叶样品进行等级预测。结果显示 49 批紫珠叶药材 P 值依次为 100.00%、100.00%、100.00%、98.86%、100.00%、100.00%、100.00%、99.11%、100.00%、100.00%、100.00%、100.00%、98.25%、100.00%、100.00%、98.36%、100.00%、98.21%、100.00%、100.00%、100.00%、98.54%、100.00%、100.00%、100.00%、99.22%、100.00%、100.00%、100.00%、98.72%、100.00%、98.70%、100.00%、100.00%、100.00%、99.70%、100.00%、100.00%、100.00%、99.72%、100.00%、100.00%、99.79%、100.00% 和 98.67%, 均大于 98.0%, Logistic 建模拟合结果与初步预测结果一致。

3 讨论

3.1 检测成分的选择

紫珠叶中所含化学成分复杂, 主要包括黄酮类、苯丙素类、萜类和甾醇类, 其中木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素等为其主要黄酮类成分^[13], 具有抗炎作用^[14]、止血作用^[15], 是紫珠叶中发挥散瘀止血之效的主要活性成分。毛蕊花糖苷具有增强中枢胆碱能功能和保护神经元细胞作用^[16], 芝麻素具有良好的抗氧化能力^[17], 在紫珠叶中发挥凉血、解毒消肿功效。白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮等为其三萜类化合物, 具有抗肿瘤、抗病毒、抗菌、抗炎、护肝、保护神经等多种药理活性^[18], 在紫珠叶中发挥收敛止血、散瘀、解毒消肿功效。豆甾醇、 β -谷甾醇等为其甾体类成分, 具有消炎、解毒、防止过敏、治愈或减轻胶原性疾病和休克等活性^[19], 在紫珠叶中发挥散瘀消肿、解毒功效。上述成分相互协同, 共同发挥凉血收敛止血、散瘀解毒消肿功效, 均为紫珠叶中活性成分。故本研究选取木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇为指标, 对不同产地紫珠叶质量进行了评价。

3.2 供试品溶液的制备方法的选择

在筛选紫珠叶提取溶剂时, 首先参考《中国药典》2025 年版中紫珠叶含量测定项下供试品溶液制备方法, 结果 50% 甲醇为溶剂时, 个别成分提取不完全, 遂考察了 60% 甲醇、70% 甲醇、80% 甲醇,

结果以 70% 甲醇为溶剂时, 13 个成分提取率均较高。进一步对提取方式 (超声、加热回流) 和提取时间进行了优化。结果采用 70% 甲醇超声提取 40 min 时, 木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇的综合提取率均较高。

3.3 检测波长和色谱条件的确定

参考相关文献报道^[20], 并利用对照品溶液在 200~400 nm 波段扫描曲线, 结果发现在 330 nm 处木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷和芝麻素均有较大的吸收, 在 210 nm 处白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇和 β -谷甾醇有明显的吸收, 故选择 330、210 nm 处作为检测波长。在优化流动相时, 首先参考《中国药典》2025 年版中紫珠叶含量测定项下色谱条件, 重点考察了乙腈为有机相, 磷酸溶液 (0.1%、0.2%、0.3%、0.5%) 为水相时 13 个成分色谱峰的分离情况, 结果发现乙腈 - 0.5% 磷酸溶液为流动相时, 木犀草苷、大波斯菊苷、野漆树苷、木犀草素、芹菜素、鼠尾草素、毛蕊花糖苷、芝麻素、白桦脂酸、熊果酸、大叶紫珠萜酮、豆甾醇、 β -谷甾醇的分离效果较好。

4 结果

本研究采用高效液相色谱法同时检测了 49 批紫珠叶中 13 个成分, 测定方法均符合方法学考察要求, 各成分质量分数差异较大, 质量分数的最大值与最小值相差均超过 1.8 倍, 其中福建浦城县产的样品中芝麻素的质量分数是江西寻乌县的 3.8 倍, 福建霞浦县产样品中木犀草素的质量分数是江苏灌云县的 3.7 倍, 因在这几个产区仅采集 1 批紫珠叶样品, 不能充分表明样品质量的差异, 后续将在同一产区收集更多样品进行考察, 重点关注产区气候、样品生长环境等对样品质量的影响。同时也将 在醇溶性浸出物、总灰分这两项检查均不合格的江西铜鼓县、上犹县和浙江武义县、磐安县采集更多批次紫珠叶样品, 分析产地的土质、气候、周边环境等对紫珠叶质量的影响。以 49 批紫珠叶中 15 个指标为基础, 利用化学计量学进行主成分分析和 OPLS-DA 分析, 结果 PCA 得分图显示 49 批样品被明显分为 3 组; 毛蕊花糖苷、熊果酸、木犀草苷和大波斯菊苷的 VIP 值大于 1, 可作为不同产地紫珠叶的质量差异因子; 因子分析法结果显示 S34~

S49 排名靠前, S1~S16 居中, S17~S33 靠后。Logistic 回归模型进一步验证了因子分析结果, 完成了 49 批紫珠叶质量等级评估, 优级样品为 S34~S49, 样品源于广东和福建, 可能是这两个产地为南部沿海地带, 气候湿润温暖, 降雨多, 光照充足, 利于紫珠叶中有效成分的积累; 良级样品为 S1~S16, 差级样品为 S17~S33, 分类存在交叉情况, 说明产地不是评价紫珠叶的唯一标准, 还应结合产地的气候、降雨、土质、样品生长的周边环境等因素。后期将在优级产区采集更多样品, 以毛蕊花糖苷、熊果酸、木犀草苷和大波斯菊苷为指标进行质量评价, 为紫珠叶产区道地性研究提供数据支撑。

综上, 本研究建立了紫珠叶中多指标定量的方法, 结合化学计量学和 Logistic 回归分析对不同产地的紫珠叶进行了质量差异评价, 为丰富紫珠叶的质量标准提供参考, 也为紫珠叶质量差异性分析评价提供技术支撑。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 366-367.
- [2] 邹国栋, 程艳阳, 方铁铮, 等. HPLC 法测定紫珠叶中毛蕊花糖苷的含量 [J]. 药物分析杂志, 2010, 20(1): 160-162.
- [3] 高盼盼, 任雅婷, 马洁, 等. 杜虹花叶中的两个新半日花烷型二萜 [J]. 药学学报, 2022, 57(5): 1448-1451.
- [4] 王晓蕾, 王常顺, 雷蓉, 等. 基于多成分含量测定及化学计量学的西洋参产地差异分析 [J]. 中医药学报, 2023, 51(12): 39-45.
- [5] 荆文光, 贺方良, 李明华, 等. 多成分定量分析与化学计量学相结合的不同基原厚朴药材辨识 [J]. 中国药事, 2024, 38(9): 1032-1042.
- [6] 李柳柳, 刘妍如, 颜永刚, 等. 基于二分类 Logistic 回归分析的桃仁等级预测研究 [J]. 中草药, 2019, 50(19): 4691-4696.
- [7] 覃桂, 葛锦蓉, 周锐, 等. 基于 PCA-Logistic 回归分析的艾叶药材等级评价方法研究 [J]. 医药导报, 2023, 42(3): 317-321.
- [8] 中国药典 [S]. 四部. 2025: 307, 309.
- [9] 陈巍, 杨海峰, 陈毓, 等. 基于多指标成分定量联合多元统计分析评价不同产地鹅不食草药材质量 [J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36: 1573-1583.
- [10] 高艳艳, 陈晓鹤, 苏磊, 等. 高效液相色谱法指纹图谱结合化学模式识别的地骨皮饮片质量研究 [J]. 世界中医药, 2023, 18(5): 593-599.
- [11] 王巧, 于永杰, 付海燕, 等. 基于多指标含量测定结合化学计量学的不同产地丹参品质差异分析 [J]. 分析测试学报, 2023, 42(4): 389-401.
- [12] 张峥, 焦越涵. 长春市城乡规划展览馆观众满意度影响因素研究-基于有序 Logistic-ISM 模型的实证分析 [J]. 科学教育与博物馆, 2024, 46(3): 67-77.
- [13] 任风芝, 贺秉坤, 栾新慧, 等. 紫珠叶的化学成分研究 III [J]. 中国药学杂志, 2004, 39(1): 17-19.
- [14] 唐帆. 杜虹花中木犀草素提取工艺研究 [J]. 中国现代医学杂志, 2014, 24(9): 75-77.
- [15] 严枫, 邓义德, 杨华. 杜虹花不同提取部位止血作用的实验研究 [J]. 上海中医药杂志, 2013, 47(7): 93-95.
- [16] 高莉, 彭晓明, 霍仕霞, 等. 毛蕊花糖苷改善 D-半乳糖致亚急性衰老小鼠脑损伤的作用 [J]. 中草药, 2014, 45(1): 81-85.
- [17] 金青哲, 刘元法, 王兴国, 等. 芝麻素抗氧化性的初步研究 [J]. 中国粮油学报, 2005, 20(5): 89-92.
- [18] 何诗能, 张清, 谭珍媛, 等. 三萜类化合物结构修饰及活性研究进展 [J]. 化学试剂, 2023, 45(5): 41-45.
- [19] 陈硕, 王崇川, 朱德强, 等. 植物天然甾体化合物研究进展 [J]. 齐鲁工业大学学报, 2023, 37(2): 66-73.
- [20] 杨祖凡, 杨扬, 杨义芳, 等. UHPLC 同时测定不同产地和不同采收期裸花紫珠及同属植物中 9 种活性成分的含量与质量评价 [J]. 中草药, 2023, 54(14): 4631-4640.

【责任编辑 解学星】