

[科 研 报 道]

基于含量测定、化学计量学及 CRITIC-TOPSIS 法评价锦灯笼质量

胡海琦¹, 代巧霞², 陈 磊¹, 李志国³

[1. 浙江大学医学院附属金华医院(金华市中心医院)药学部, 浙江 金华 321000; 2. 永康市第一人民医院(杭州医学院附属永康医院)药剂科, 浙江 金华 321300; 3. 浙江中医药大学药学院, 浙江 杭州 311402]

摘要: 目的 评价锦灯笼质量。方法 HPLC法测定咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、 β -谷甾醇、豆甾醇的含量, 进行主成分分析和正交偏最小二乘法判别分析, CRITIC-TOPSIS 法计算各成分权重, 构建质量差异评价模型。结果 15 种成分在各自范围内线性关系良好 ($r>0.999\ 0$), 平均加样回收率 96.91%~100.11%, RSD 0.72%~1.62%。16 批药材分为 3 类, 2 个主成分累积方差贡献率为 85.315%, 木犀草苷、绿原酸、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O 为质量差异标志物。各批药材相对接近度为 0.307 3~0.561 3, 其中 S6、S7 排序靠前。结论 该方法简便准确, 重复性好, 可为锦灯笼质量控制提供参考。

关键词: 锦灯笼; 质量评价; 含量测定; 主成分分析; 正交偏最小二乘法判别分析; CRITIC-TOPSIS 法

中图分类号: R282

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)06-1996-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.06.030

锦灯笼为茄科植物酸浆 *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* (Mast.) Makino 的干燥宿萼或带果实的宿萼, 分布于我国西北、华北、东北等地区^[1-2], 主要含有酸浆苦素类、酚酸类、黄酮类、甾醇类等成分^[3-6], 功效清热解毒、利咽化痰、利尿通淋, 主要用于治疗咽痛音哑、痰热咳嗽、小便不利、热淋涩痛、天疱疮、湿疹等^[7-8], 具有抗炎、镇痛、抗肿瘤、抗氧化等作用^[9-11]。但 2020 年版《中国药典》^[12] 中锦灯笼质量控制方法只有木犀草苷含量测定, 不足以全面评价其整体质量水平。

近年来, 化学计量学是中药质量评价的重要手段^[13-14], 其所得结果科学直观; 指标相关性权重系数法 (CRITIC)^[15-16] 在计算权重时可避免主观因素对客观性的影响, 使评价结果更合理, 在中药评价及其工艺提取方面有广泛应用; 逼近理想解排序法 (TOPSIS) 将多维转化为一维, 对多指标先进行转换, 再进行质量排序, 常与化学计量学联用来评价中药材质量^[17-18]。本研究测定锦灯笼中咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、 β -谷甾醇、豆甾醇的含量, 进行主成分分析和正交偏最

小二乘法判别分析, CRITIC-TOPSIS 法计算各成分权重, 构建质量差异评价模型, 从而实现该药材质量评价的目的。

1 材料

1.1 试剂与药材 咖啡酸 (批号 110885-201703, 纯度 99.7%)、阿魏酸 (批号 110773-202316, 纯度 99.3%)、槲皮素 (批号 100081-202411, 纯度 98.7%)、木犀草苷 (批号 111720-202312, 纯度 98.1%)、绿原酸 (批号 110753-202119, 纯度 96.3%)、芦丁 (批号 100080-202513, 纯度 92.8%)、 β -谷甾醇 (批号 110851-201909, 纯度 92.7%) 对照品均购自中国食品药品检定研究院; 酸浆苦素 F (批号 CFS202301, 纯度 98.2%)、酸浆苦素 H (批号 CFS202401, 纯度 98.1%)、酸浆苦素 A (批号 CFS202401, 纯度 98.6%)、酸浆苦素 O (批号 CFS202301, 纯度 98.3%)、酸浆苦素 L (批号 CFS202402, 纯度 98.5%)、酸浆苦素 B (批号 CFS202401, 纯度 98.7%)、酸浆苦素 G (批号 CFS202401, 纯度 98.2%)、豆甾醇 (批号 CFS202502, 纯度 98.5%) 对照品均购自武汉天植生物技术有限公司。锦灯笼采集于 2024 年 9 月和 2024 年 10 月, 涉及 7 个省份, 经浙江中医药大学

收稿日期: 2025-09-28

基金项目: 浙江省中医药科技计划项目 (2023ZF016)

作者简介: 胡海琦 (1993—), 女, 硕士, 药师, 研究方向为药学。E-mail: jhq201@163.com

药学院李志国副教授鉴定为正品，具体见表1。乙腈、磷酸（色谱级）均购自美国 Fisher Chemical 公司；甲醇为分析纯。

表1 锦灯笼信息

编号	采集地	编号	采集地	编号	采集地	编号	采集地
S1	甘肃岷县	S5	陕西丹凤县	S9	吉林抚松县	S13	河北灵寿县
S2	甘肃陇西县	S6	黑龙江依兰县	S10	辽宁西丰县	S14	内蒙古莫旗
S3	陕西宁强县	S7	黑龙江海伦市	S11	辽宁盘山县	S15	内蒙古太仆寺旗
S4	陕西潼关县	S8	吉林镇赉县	S12	河北蔚县	S16	内蒙古五原县

1.2 仪器 XS105DU 型电子分析天平 [梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司]；Agilent 1260 型高效液相色谱仪（美国 Agilent 公司）；KQ2200E 型超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）。

2 方法与结果

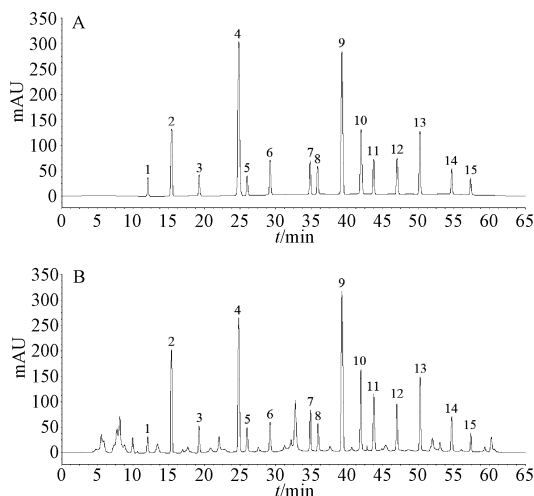
2.1 溶液制备

2.1.1 对照品溶液 精密称取各对照品适量，加入 70% 甲醇超声溶解，制成每 1 mL 分别含咖啡酸 0.022 mg、绿原酸 0.710 mg、阿魏酸 0.058 mg、木犀草苷 0.872 mg、芦丁 0.046 mg、槲皮素 0.112 mg、酸浆苦素 F 0.210 mg、酸浆苦素 H 0.084 mg、酸浆苦素 A 1.130 mg、酸浆苦素 O 0.506 mg、酸浆苦素 L 0.390 mg、酸浆苦素 B 0.272 mg、酸浆苦素 G 0.490 mg、β-谷甾醇 0.158 mg、豆甾醇 0.034 mg 的储备液，精密吸取 5 mL，置于 100 mL 量瓶中，70% 甲醇定容至刻度，即得。

2.1.2 供试品溶液 取药材粉末约 0.5 g，精密称定，置于具塞锥形瓶中，精密加入 25 mL 70% 甲醇，称定质量，超声提取 40 min，放冷，70% 甲醇补足减失的质量，摇匀，过滤，即得。

2.2 色谱条件 Ultracarb ODS 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；流动相乙腈-0.3% 磷酸，梯度洗脱（0~10 min，18.0% 乙腈；10~21 min，18.0%~35.0% 乙腈；21~32 min，35.0%~42.0% 乙腈；32~53 min，42.0%~60.0% 乙腈；53~59 min，60.0%~85.0% 乙腈；59~65 min，85.0%~18.0% 乙腈）；体积流量 1.0 mL/min；柱温 30 ℃；检测波长 256 nm（0~32 min，咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素）、210 nm（32~65 min，酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇）；进样量 10 μL。

2.3 系统适用性考察 取对照品、供试品溶液适量，在“2.2”项色谱条件下进样测定，结果见图1。由此可知，各成分色谱峰与周围杂质峰的分度均大于 1.5，表明该方法系统适用性良好。



注：A~B 分别为对照品、供试品。

- 咖啡酸
- 绿原酸
- 阿魏酸
- 木犀草苷
- 芦丁
- 槲皮素
- 酸浆苦素 F
- 酸浆苦素 H
- 酸浆苦素 A
- 酸浆苦素 O
- 酸浆苦素 L
- 酸浆苦素 B
- 酸浆苦素 G
- β-谷甾醇
- 豆甾醇

图1 各成分 HPLC 色谱图

2.4 线性关系考察 精密量取“2.1.1”项下对照品溶液适量，逐级稀释成 6 个质量浓度，在“2.2”项色谱条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标（X），峰面积为纵坐标（Y）进行回归，结果见表 2，可知各成分在各自范围内线性关系良好。

表2 各成分线性关系

成分	回归方程	R ²	线性范围/ (μg·mL ⁻¹)
咖啡酸	$Y = 5.3157 \times 10^5 X + 743.9$	0.9996	0.11~5.50
绿原酸	$Y = 5.1998 \times 10^6 X - 618.2$	0.9999	3.55~177.50
阿魏酸	$Y = 1.4614 \times 10^6 X - 1531.7$	0.9995	0.29~14.50
木犀草苷	$Y = 5.8616 \times 10^6 X + 840.6$	0.9991	4.36~218.00
芦丁	$Y = 1.2374 \times 10^6 X + 635.4$	0.9997	0.23~11.50
槲皮素	$Y = 2.2569 \times 10^6 X - 779.1$	0.9992	0.56~28.00
酸浆苦素 F	$Y = 3.4158 \times 10^6 X + 1023.5$	0.9994	1.05~52.50
酸浆苦素 H	$Y = 1.7332 \times 10^6 X + 1149.2$	0.9995	0.42~21.00
酸浆苦素 A	$Y = 6.4028 \times 10^6 X + 608.8$	0.9999	5.65~282.50
酸浆苦素 O	$Y = 5.4993 \times 10^6 X - 329.4$	0.9993	2.53~126.50
酸浆苦素 L	$Y = 4.3568 \times 10^6 X - 572.9$	0.9997	1.95~97.50
酸浆苦素 B	$Y = 3.8891 \times 10^6 X + 841.2$	0.9992	1.36~68.00
酸浆苦素 G	$Y = 4.8765 \times 10^6 X + 1197.5$	0.9998	2.45~122.50
β-谷甾醇	$Y = 2.9952 \times 10^6 X + 608.3$	0.9991	0.79~39.50
豆甾醇	$Y = 8.3946 \times 10^5 X - 719.7$	0.9994	0.17~8.50

2.5 精密度试验 取对照品溶液适量,在“2.2”项色谱条件下进样测定6次,测得咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素F、酸浆苦素H、酸浆苦素A、酸浆苦素O、酸浆苦素L、酸浆苦素B、酸浆苦素G、 β -谷甾醇、豆甾醇峰面积RSD分别为1.57%、0.72%、1.33%、0.61%、1.46%、1.32%、1.21%、1.47%、0.55%、0.83%、1.09%、1.12%、1.04%、1.28%、1.48%,表明仪器精密度良好。

2.6 稳定性试验 取供试品溶液(S1)适量,于0、2、4、8、12、24 h在“2.2”项色谱条件下进样测定,测得咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素F、酸浆苦素H、酸浆苦素A、酸浆苦素O、酸浆苦素L、酸浆苦素B、酸浆苦素G、 β -谷甾醇、豆甾醇峰面积RSD分别为1.84%、1.21%、1.72%、1.19%、1.71%、1.54%、1.43%、1.63%、1.10%、1.23%、1.32%、1.41%、1.28%、1.56%、1.87%,表明溶液在24 h内稳定性良好。

2.7 重复性试验 取药材粉末(S1)6份,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,在“2.2”项色谱条件下进样测定,测得咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素F、酸浆苦素H、酸浆苦素A、酸浆苦素O、酸浆苦素L、酸浆苦素B、酸浆苦素G、 β -谷甾醇、豆甾醇含量RSD分别为1.89%、1.31%、1.79%、1.25%、1.91%、1.65%、1.53%、1.74%、1.08%、1.33%、1.42%、

1.47%、1.39%、1.66%、1.88%,表明该方法重复性良好。

2.8 加样回收率试验 精密称取各成分含量已知的药材(S1)9份,每份0.25 g,分别按1:0.8、1:1、1:1.2比例加入对照品溶液(每1 mL分别含咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素F、酸浆苦素H、酸浆苦素A、酸浆苦素O、酸浆苦素L、酸浆苦素B、酸浆苦素G、 β -谷甾醇、豆甾醇0.011、0.387、0.032、0.582、0.023、0.054、0.102、0.047、0.741、0.274、0.192、0.141、0.223、0.078、0.017 mg),按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,在“2.2”项色谱条件下进样测定,计算回收率。结果,咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素F、酸浆苦素H、酸浆苦素A、酸浆苦素O、酸浆苦素L、酸浆苦素B、酸浆苦素G、 β -谷甾醇、豆甾醇平均加样回收率分别为98.67%、100.01%、96.91%、99.29%、96.96%、98.40%、99.46%、99.09%、100.04%、99.27%、100.11%、98.83%、99.59%、98.72%、97.89%,RSD分别为1.62%、0.81%、0.98%、0.79%、0.77%、1.34%、1.47%、1.53%、0.72%、1.03%、0.98%、1.27%、0.84%、1.46%、1.08%。

2.9 样品含量测定 精密称取16批药材粉末,按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液,在“2.2”项色谱条件下进样测定,计算含量,结果见表3。

表3 各成分含量测定结果(mg/g, n=3)

成分	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
咖啡酸	0.041	0.044	0.046	0.043	0.037	0.049	0.057	0.051	0.047	0.053	0.059	0.034	0.038	0.040	0.046	0.038
绿原酸	1.534	1.538	1.567	1.519	1.545	1.758	1.670	1.702	1.828	1.864	1.957	2.345	2.276	2.271	2.446	2.337
阿魏酸	0.126	0.121	0.122	0.128	0.119	0.134	0.137	0.150	0.144	0.159	0.166	0.088	0.083	0.086	0.089	0.087
木犀草苷	2.312	2.298	2.243	2.226	2.288	2.810	2.816	2.574	2.656	2.495	2.663	3.028	3.114	3.319	3.138	3.061
芦丁	0.089	0.091	0.081	0.089	0.086	0.079	0.067	0.099	0.084	0.084	0.072	0.153	0.125	0.144	0.133	0.131
槲皮素	0.227	0.230	0.214	0.201	0.258	0.274	0.230	0.265	0.258	0.243	0.244	0.223	0.231	0.175	0.204	0.221
酸浆苦素F	0.402	0.437	0.383	0.398	0.373	0.505	0.505	0.494	0.457	0.463	0.436	0.265	0.317	0.389	0.338	0.327
酸浆苦素H	0.179	0.186	0.174	0.161	0.172	0.226	0.197	0.213	0.237	0.190	0.244	0.302	0.270	0.333	0.321	0.296
酸浆苦素A	2.984	2.926	2.965	2.858	2.971	3.261	3.102	2.944	3.049	2.747	3.033	3.647	3.242	3.201	3.752	3.263
酸浆苦素O	1.085	1.054	1.072	1.089	1.071	1.114	1.112	1.061	1.036	0.986	0.979	1.414	1.319	1.468	1.432	1.306
酸浆苦素L	0.752	0.620	0.656	0.737	0.727	0.706	0.789	0.769	0.728	0.832	0.757	0.993	0.954	1.002	1.021	0.942
酸浆苦素B	0.561	0.613	0.605	0.582	0.574	0.791	0.855	0.716	0.757	0.631	0.822	0.465	0.546	0.509	0.468	0.596
酸浆苦素G	0.889	0.633	0.682	0.677	0.666	0.672	0.574	0.791	0.693	0.839	0.616	1.163	0.958	1.249	1.052	0.947
β -谷甾醇	0.308	0.266	0.272	0.287	0.278	0.386	0.395	0.370	0.391	0.357	0.356	0.449	0.431	0.506	0.454	0.417
豆甾醇	0.063	0.060	0.058	0.063	0.057	0.073	0.076	0.069	0.073	0.076	0.066	0.055	0.054	0.053	0.057	0.050

2.10 化学计量学

2.10.1 主成分分析(PCA) 将各成分含量导入

SPSS26.0软件,采用降维方式,以方差贡献率>85%为标准进行分析,发现前2个主成分累积方差

贡献率为 85.315%，其中第一主成分反映了绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇信息，第二主成分反映了咖啡酸信息。再采用 SIMCA 14.1 软件建立模型，发现 16 批药材分为 3 类，S1~S5 为一类，产地甘肃和陕西；S6~S11 为一类，产地黑龙江、吉林和辽宁；S12~S16 为一类，产地河北和内蒙古，见图 2。

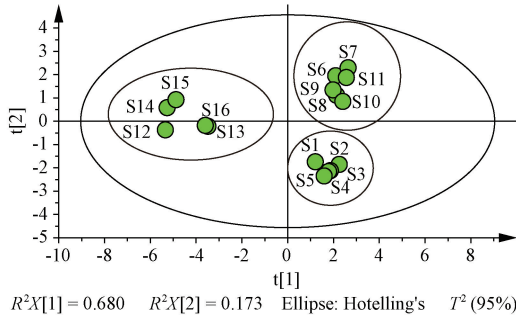


图 2 16 批锦灯笼 PCA 得分图

2.10.2 正交偏最小二乘法-判别分析 (OPLS-DA) 采用 SIMCA14.1 软件进行分析，发现 16 批药材中 S1~S5 为一类，产地甘肃和陕西；S6~S11 为一类，产地黑龙江、吉林和辽宁；S12~S16 为一类，产地河北和内蒙古，与 PCA 一致，见图 3，其中模型质量参数 R^2X 为 0.888， R^2Y 为 0.909， Q^2 为 0.872。再以变量重要性投影值 (VIP 值) >1 为筛选标准，发现木犀草苷、绿原酸、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O 分别为 1.780 0、1.530 8、1.401 8、1.219 3、1.177 1、1.095 8，均可作为质量差异标志物，见图 4。

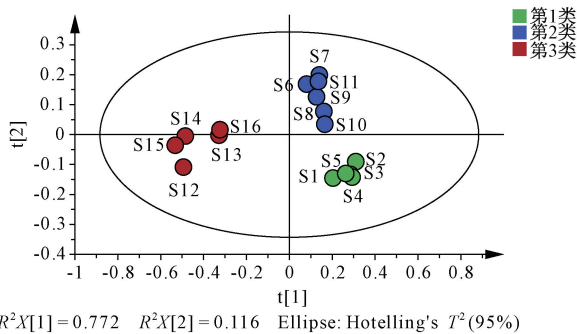
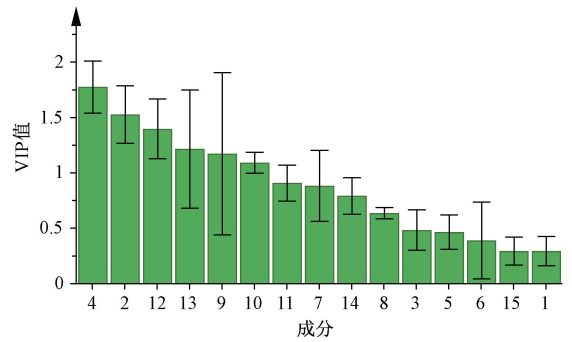


图 3 16 批锦灯笼 OPLS-DA 得分图

2.11 CRITIC-TOPSIS 法

2.11.1 标准化处理 锦灯笼不属于毒性药材，故其所含成分咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇



注：1~15 分别为咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇。

图 4 各成分 VIP 值

素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇均为正向指标，采用公式 $Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_j}{\max X_j - \min X_j}$ 进行标准化处理。

2.11.2 CRITIC 法计算权重 分别采用公式标准差 $X_j = (\sum_{i=1}^n X_{i,j})/n$ 衡量变异性， $S_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{i,j} - X_j)/(n-1)}$ 计算变异性 S_j ， $R_j = \sum_{i=1}^n (1 - r_{i,j})$ 计算冲突性 R_j ， $C_j = S_j \times R_j$ 计算信息量 C_j ， $w_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}$ 计算权重 w_j 。结果，咖啡酸、

绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、β-谷甾醇、豆甾醇 w_j 分别为 0.070 5、0.063 6、0.094 6、0.053 9、0.065 4、0.069 0、0.078 8、0.056 4、0.050 6、0.067 0、0.058 3、0.079 4、0.061 3、0.047 5、0.083 8。

2.11.3 模型建立 按“2.11.2”项下方法计算权重，与按“2.11.1”项下方法标准化处理后的数据相乘，得决策矩阵，以矩阵中各成分最大值为最优方案 Z_j^+ ，最小值为最劣方案 Z_j^- ，采用公式

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^+)^2}, D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^-)^2}, C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

分别计算到最优方案的距离 D_i^+ 、到最劣方案的距离 D_i^- 、最优解的欧氏贴近度 C_i ，再根据 C_i 进行排序，结果见表 4。由此可知，排名前 6 位的药材为 S6~S11，平均 C_i 为 0.548 0，表明黑龙江、吉林、辽宁产药材整体质量较好，甘

表4 16批锦灯笼排序结果

编号	C_i	排序	编号	C_i	排序
S1	0.361 1	12	S9	0.537 2	5
S2	0.345 1	13	S10	0.534 1	6
S3	0.307 3	16	S11	0.550 2	4
S4	0.330 2	14	S12	0.471 3	9
S5	0.315 1	15	S13	0.436 9	11
S6	0.561 3	1	S14	0.498 2	8
S7	0.554 7	2	S15	0.509 3	7
S8	0.550 5	3	S16	0.443 0	10

肃、陕西产者较差。

3 讨论与结论

锦灯笼所含成分主要涉及酚酸类、黄酮类、酸浆苦味素类、甾醇类等，其中黄酮类和酸浆苦味素类具有抗炎活性^[19-20]，代表成分有木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B 和酸浆苦素 G；甾体类核心成分 β -谷甾醇和豆甾醇可能通过调控 *JUN*、*AKT1*、*Caspase-3* 等基因表达来参与癌症、TCR 等信号通路，进而影响白血病发生发展^[21]；苯丙素类成分绿原酸和阿魏酸具有抗糖尿病、抗微生物、抗癌作用^[22]。因此，本实验以咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素、酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、 β -谷甾醇、豆甾醇为指标进行含量测定。

课题组前期分别考察了不同提取方法、超声时间、提取溶剂对各成分含量的影响，最终确定为 70% 甲醇超声提取 40 min 作为供试品溶液制备方法。再进行紫外扫描，确定咖啡酸、绿原酸、阿魏酸、木犀草苷、芦丁、槲皮素检测波长均为 256 nm，而酸浆苦素 F、酸浆苦素 H、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O、酸浆苦素 L、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、 β -谷甾醇、豆甾醇均为 210 nm。

本实验发现，不同产地锦灯笼中各成分含量差异较大，其中木犀草苷为 2.226~3.319 mg/g，符合 2020 年版《中国药典》要求（不得少于 0.10%）；16 批药材分为 3 类，木犀草苷、绿原酸、酸浆苦素 B、酸浆苦素 G、酸浆苦素 A、酸浆苦素 O 为质量差异标志物；CRITIC-TOPSIS 法评价结果显示，黑龙江、吉林、辽宁产药材整体质量较好。

综上所述，本实验通过含量测定、化学计量学和 CRITIC-TOPSIS 法评价锦灯笼质量，该方法客观科学，可为该药材整体质量控制提供参考依据。但

本实验未对锦灯笼生长年限进行考察，并且仅考察其宿萼，未涉及整株、鲜果、干果，故今后将收集其他药用部位，标记生长年限。另外，锦灯笼批次较少，产地涉及较窄，故今后将扩大该药材采集数量和产地，以期为其道地性研究提供参考。

参考文献：

- [1] 姜黎, 邹明, 赵森, 等. 酸浆种质资源调查研究[J]. 现代中药研究与实践, 2019, 33(3): 16-19.
- [2] Yu G, Duan Y F, Fang G Z, et al. Polysaccharides from fruit calyx of *Physalis alkekengi* var. *francheti*: Isolation, purification, structural features and antioxidant activities[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2009, 77(2): 188-193.
- [3] 张传洋, 郑振兴, 王迪, 等. 基于 UPLC-Q-Orbitrap HRMS 的锦灯笼化学成分分析[J]. 中药材, 2021, 44(11): 2590-2598.
- [4] 杨迪, 李方形, 刘明, 等. 基于 UPLC Orbitrap MS/MS 分析锦灯笼中化学成分[J]. 质谱学报, 2021, 42(3): 253-260.
- [5] 夏天乙, 钟仁兴, 丁子禾, 等. 锦灯笼中酸浆苦素类成分的分离与鉴定[J]. 广东药科大学学报, 2020, 36(6): 761-764.
- [6] 张传洋, 曾利, 杨璐嘉, 等. HPLC-CAD 法测定锦灯笼中 3 个酸浆苦素类成分的含量[J]. 中药与临床, 2023, 14(2): 23-25; 32.
- [7] 唐玉娇, 宋金茹, 贾新傲, 等. 锦灯笼活性成分、药理作用及开发应用现状[J]. 宜春学院学报, 2024, 46(6): 12-16; 60.
- [8] 黄豪, 邵青森, 朱泽林, 等. 锦灯笼化学成分及生物活性研究进展[J]. 宜春学院学报, 2023, 45(6): 22-35.
- [9] 王旭, 刘意如, 张文君, 等. 锦灯笼活性成分的现代药理学研究进展[J]. 中医药学报, 2023, 51(8): 110-115.
- [10] 孙佳旻. 锦灯笼化学成分及抗炎、抗氧化活性研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2021.
- [11] 董昊, 徐慧颖, 丁弈辉, 等. 锦灯笼降血脂作用药效学研究[J]. 亚太传统医药, 2023, 19(1): 27-33.
- [12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 376.
- [13] 田冈元, 刘梦, 韩子璇, 等. 基于 HPLC 指纹图谱和多成分含量测定结合化学计量学的蒙药山柰配方颗粒质量评价研究[J]. 中中药学, 2024, 22(11): 2969-2975.
- [14] 李沁, 张聪, 陈亮, 等. 基于超高效液相色谱指纹图谱、多指标成分定量及化学计量学的小儿感冒颗粒质量评价[J]. 药物分析杂志, 2023, 43(9): 1612-1622.
- [15] 闫嘉, 李荣, 姬生国. CRITIC-逼近理想解排序法综合评价益智药材的质量[J]. 华西药学杂志, 2024, 39(3): 299-302.
- [16] 陈祥宁, 程世云, 李腾飞, 等. 基于 AHP-CRITIC 综合加权法结合 Box-Behnken 设计-响应面法优选建曲发酵工艺[J]. 中草药, 2025, 56(3): 785-794.
- [17] 刘仟禧, 刘梦云, 曹素芹, 等. 基于指纹图谱、化学计量学及熵权 TOPSIS-GRA 融合模型法评价不同产地大青叶的质量[J]. 中草药, 2025, 56(6): 2148-2157.

- [18] 张美琴, 王云, 贾哲, 等. 基于熵权-TOPSIS对不同产地桑白皮药材的品质评价[J]. 中国实验方剂学杂志, 2023, 29(13): 130-139.
- [19] Li L, Yuan Y L, Luo L P, et al. Physalins with anti-inflammatory activity are present in *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* and can function as Michael reaction acceptors[J]. *Steroids*, 2012, 77(5): 441-447.
- [20] Agelica T V, Vanessa P, Lucilia B L, et al. Mechanisms of the antiinflammatory effects of the natural secosteroids physalins in a model of intestinal ischaemia and reperfusion injury[J]. *Brit J Pharmacol*, 2005, 146(2): 244-251.
- [21] 汪洛卉, 刘墨祎, 王鹤霖, 等. 基于锦灯笼对白血病作用机制的网络药理学和分子对接技术的生物信息学分析[J]. 吉林大学学报(医学版), 2023, 49(1): 74-83.
- [22] 吴爽, 倪蕾, 张云杰, 等. 近十年锦灯笼研究进展[J]. 中药材, 2019, 42(10): 2462-2467.

UPLC-MS/MS法同时测定复方金钱草颗粒中10种成分的含量

袁健童¹, 谷立勅^{2#}, 柴玲¹, 邱宏聪¹, 刘布鸣¹, 冯军^{1*}, 胡仁传^{1*}, 张华³, 吴文华³

(1. 广西壮族自治区中医药研究院, 广西中药质量标准研究重点实验室, 广西南宁 530021; 2. 广西药品检验研究院, 国家药监局中药材质量监测与评价重点实验室, 广西南宁 530021; 3. 广西万通制药有限公司, 广西南宁 530021)

摘要: **目的** 建立 UPLC-MS/MS 法同时测定复方金钱草颗粒中芒果苷、苈草苷、夏佛塔苷、牡荆素、大车前苷、毛蕊花糖苷、迷迭香酸、大豆苷元、槲皮素、染料木素的含量。**方法** 分析采用 Waters CORTECS T3 色谱柱 (2.1 mm×150 mm, 1.6 μm); 流动相乙腈-0.1% 甲酸, 梯度洗脱; 体积流量 0.3 mL/min; 柱温 45 °C; 电喷雾离子源; 负离子扫描; 多反应监测模式。**结果** 10 种成分在各自范围内线性关系良好 ($r>0.990$), 平均加样回收率 99.94%~102.41%, RSD 1.25%~3.63%。**结论** 该方法灵敏度高, 重复性好, 可用于复方金钱草颗粒的质量控制。

关键词: 复方金钱草颗粒; 化学成分; 含量测定; UPLC-MS/MS

中图分类号: R927.2

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2026)06-2001-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.06.031

复方金钱草颗粒是 2020 年国家医保目录品种, 收载于 2020 年版《中国药典》一部^[1], 2019 年被列为石淋湿热蕴结证首选用药^[2], 由广金钱草、光石韦、车前草和玉米须组成, 是具有广西特色的民族药^[3]。但该制剂现有含量测定方法仅涉及光石韦中的芒果苷, 无法全面有效控制其品质。

课题组前期对复方金钱草颗粒进行了长期研究^[4-7]; 邱宏聪等^[8]建立该制剂指纹图谱, 标注 20 个共有峰, 鉴定出其中 2 个对应的成分; 陆绍铭等^[9]在其指纹图谱中鉴定出 12 种成分, 并测定芒果苷、异芒果苷含量, 但尚无采用液质联用色谱技术对多成分进行含量测定的报道。方中广金钱草主

要成分为黄酮, 以夏佛塔苷及其衍生物为代表^[10-14]; 光石韦作用与广金钱草相似, 主要成分也为黄酮, 芒果苷是其特征指标^[15-17]; 车前草是利水渗湿常用中药, 主要成分为苯乙醇苷, 如大车前苷、毛蕊花糖苷等^[18-20]。为了满足广西特色民族药开发升级的要求, 本实验建立 UPLC-MS/MS 法^[21]同时测定复方金钱草颗粒中芒果苷、苈草苷、夏佛塔苷、牡荆素、大车前苷、毛蕊花糖苷、迷迭香酸、大豆苷元、槲皮素、染料木素的含量, 以期为该制剂质量控制提供参考。

1 材料

1.1 仪器 TRIPLE QUAD 5500 三重四极杆液质

收稿日期: 2025-12-18

基金项目: 广西自然科学基金 (2023GXNSFAA026089); 2018 年度广西中药质量标准研究重点实验室运行补助项目 (17-259-52); 广西高水平中医药重点学科建设试点项目 (27)

作者简介: 袁健童 (1988—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事中药质量标准研究。E-mail: 172525854@qq.com

#共同第一作者: 谷立勅 (1986—), 女, 硕士, 主管中药师, 从事中药质量标准研究。E-mail: 270098517@qq.com

*通信作者: 冯军 (1985—), 男, 硕士, 副主任药师, 从事中药成分分析研究。E-mail: 282230217@qq.com

胡仁传 (1988—), 男, 硕士, 副研究员, 从事民族植物学研究。E-mail: 190871433@qq.com