

基于一测多评结合化学模式识别、TOPSIS 模型的小叶三点金总黄酮质量评价与抗炎活性研究

谢鲜丽¹, 梁建丽^{1#}, 卿丽婷¹, 谢洁兰², 黄秋燕³, 潘小姣¹, 李芳婵¹, 梁平^{3,5}, 罗威³, 潘真真^{1*}, 李耀华^{1,4*}

1. 广西中医药大学, 广西高校中药提取纯化与质量分析重点实验室, 广西壮瑶药重点实验室, 广西 南宁 530200

2. 广西壮族自治区桂东人民医院, 广西 梧州 543001

3. 梧州市中医医院, 国际生物毒素研究中心, 广西 梧州 543003

4. 广西中药壮瑶药炮制技术重点研究室, 广西 南宁 530200

5. 梧州医学高等专科学校, 广西 梧州 543199

摘要: **目的** 建立一测多评(QAMS)结合化学模式识别与加权逼近理想排序(TOPSIS)法的不同产地小叶三点金 *Desmodium microphyllum* 总黄酮(DMTF)质量综合评价方法, 初步探讨其抗炎活性。**方法** 采用 Thermo C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相乙腈-0.1%甲酸梯度洗脱, 体积流量 0.8 mL·min⁻¹, 柱温 20 °C, 检测波长 300、350 nm, 进样量 10 μL。以异荭草苷为内标, 建立其与夏佛塔苷、荭草苷、异夏佛塔苷、木犀草素的相对校正因子, 测定待测组分的含量, 采用外标法(ESM)测定 DMTF 中这 5 种成分的含量, 并比较两种方法的差异, 以验证 QAMS 法的准确性和可靠性。结合化学模式识别和 TOPSIS 分析, 评价不同产地 DMTF 质量差异性。采用酶联免疫吸附法(ELISA), 观察 ig 给予临床等效剂量 DMTF 后采集的大鼠含药血清对脂多糖(LPS, 1 μg·mL⁻¹)诱导的巨噬细胞(RAW 264.7)释放的白细胞介素(IL)-1β、IL-6 含量的影响。**结果** 以异荭草苷为内标, 夏佛塔苷、荭草苷、异夏佛塔苷、木犀草素的相对校正因子分别为 1.498、1.050、1.522、0.653, 5 种成分线性关系良好($r \geq 0.9990$), QAMS 法与 ESM 所得结果无显著性差异。化学模式识别法将 10 批样品分为 2 类, 荭草苷、异荭草苷、夏佛塔苷和异夏佛塔苷是影响 DMTF 质量的主要差异性成分。加权 TOPSIS 法显示 10 批 DMTF 欧氏贴度为 0.123 3~0.952 0, 提示不同产地样品存在一定差异, 质量优劣排序和分类与化学模式识别聚类结果基本一致。抗炎活性评价结果显示, 与对照组(10% FBS)相比, 模型组 IL-1β 和 IL-6 水平显著升高($P < 0.01$); 与模型组相比, 10%含药血清和阳性药地塞米松(1 μg·mL⁻¹ LPS+10 μg·mL⁻¹)均能显著降低 IL-1β 和 IL-6 水平($P < 0.01$)。**结论** 所建立的 QAMS 结合化学模式识别及加权 TOPSIS 法可用于评价不同产地 DMTF 质量差异性; DMTF 具有较好的体外抗炎活性, 为小叶三点金质量标准提升提供参考。

关键词: 小叶三点金; 总黄酮; 一测多评(QAMS); 化学模式识别; 加权 TOPSIS; 抗炎活性; 荭草苷; 异荭草苷; 夏佛塔苷; 异夏佛塔苷

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-6376(2025)08-2213-11

DOI: 10.7501/j.issn.1674-6376.2025.08.015

Quality difference evaluation and research on anti-inflammatory activity of total flavonoids in *Desmodium microphyllum* based on QAMS, chemical pattern recognition and weighted TOPSIS model

XIE Xianli¹, LIANG Jianli¹, QING Liting¹, XIE Jielan², HUANG Qiuyan³, PAN Xiaojiao¹, LI Fangchan¹,

收稿日期: 2025-01-10

基金项目: 中央引导地方科技发展资金资助项目(202201002); 广西壮瑶药重点实验室开放课题(GXZYZZ202010); 广西中医药大学第三批“岐黄工程”高层次人才团队培育项目(202406); 广西中医药管理局项目(GZZJ202029, GZZJ202030); 广西中医药重点研究室项目(桂中医药科教发[2023]9号); 国家中医药管理局全国名老中医药专家传承工作室建设项目-黄瑞松全国名老中医药专家传承工作室(国中医药人教函[2022]75号)

作者简介: 谢鲜丽(2000—), 硕士研究生, 从事中药民族药质量分析研究。E-mail: 2948630483@qq.com

#共同第一作者: 梁建丽(1987—), 硕士研究生, 从事中药民族药质量分析研究。E-mail: 3047886291@qq.com

***通信作者:** 李耀华, 硕士研究生, 高级实验师, 从事中药民族药质量分析研究。E-mail: 16467694@qq.com

潘真真, 博士, 高级实验师, 从事中药民族药质量分析研究。E-mail: zhenzhenpan1991@163.com

LIANG Ping^{3, 5}, LUO Wei³, PAN Zhenzhen¹, LI Yaohua^{1, 4}

1. Guangxi University of Traditional Chinese Medicine, Guangxi Key Laboratory of Zhuang and Yao Ethnic Medicine Nanning Guangxi, Key Laboratory of TCM Extraction and Purification and Quality Analysis, Nanning 530200, China
2. Guangxi Zhuang Autonomous Region Guidong People's Hospital, Wuzhou 543001, China
3. International Biotoxin Research Center, Wuzhou Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuzhou 543003, China
4. Guangxi Zhuang Yao Medicine Processing Technology Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine, Nanning 530200, China
5. Wuzhou Medical College, Wuzhou 543199, China

Abstract: Objective To establish a comprehensive quality evaluation method for different origins of total flavonoids of *Desmodium microphyllum* (DMTF) by integrating QAMS, chemical pattern recognition and weighted TOPSIS, and to preliminarily explore its anti-inflammatory activity. **Methods** Using a Thermo C₁₈ chromatographic column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm), the mobile phase was acetonitrile-0.1% formic acid with a gradient elution, with a volume flow rate of 0.8 mL·min⁻¹, a column temperature of 20 °C, and a detection wavelength of 300 and 350 nm. Using isoorientin as the internal standard and establishing its relative correction factor with schaftoside, orientin, isoschaftoside, and luteolin. The content of the analyte components was determined, and the content of these five components in DMTF was determined by the external standard method (ESM), and the differences between the two methods were compared to verify the accuracy and reliability of the QAMS method. Combined with chemical pattern recognition and TOPSIS analysis, the quality differences of DMTF from different origins were evaluated. The effect of drug-containing serum collected from rats after intragastric administration of the clinical equivalent dose of DMTF on the release of interleukin (IL)-1β and IL-6 by lipopolysaccharide (LPS, 1 μg·mL⁻¹)-induced macrophages (RAW264.7) was observed by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). **Results** Using isoorientin as the internal standard, the relative correction factors of schaftoside, orientin, isoschaftoside, and luteolin were 1.498, 1.050, 1.522, 0.653, respectively. The linear relationship of the five components was good ($r \geq 0.999$). There was no significant difference between the QAMS method and the ESM results. The chemical pattern recognition method classified 10 batches of samples into two categories, and orientin, isoorientin, schaftoside, and isoschaftoside were the main differential components affecting the quality of DMTF. The weighted TOPSIS method showed that the euclidean proximity degree of the 10 batches of DMTF was 0.123 3—0.952 0, suggesting that there were certain differences in the samples from different origins, and the ranking and classification of quality were basically consistent with the clustering results of chemical pattern recognition. The anti-inflammatory activity evaluation results showed that compared with the control group (10% FBS), the IL-1β and IL-6 levels in the model group were significantly increased ($P < 0.01$); compared with the model group, both the 10% drug-containing serum group and the positive drug group (1 μg·mL⁻¹ LPS + 10 μg·mL⁻¹ dexamethasone) could significantly reduce the levels of IL-1β and IL-6 ($P < 0.01$). **Conclusion** The QAMS combined with chemical pattern recognition and weighted TOPSIS method can be used to evaluate the quality differences of DMTF from different origins; DMTF has good *in vitro* anti-inflammatory activity, providing a reference for the improvement of the quality standard of *D. microphyllum*.

Key words: *Desmodium microphyllum* (Thunb.) DC.; total flavonoids; QAMS; chemical pattern recognition; weighted TOPSIS; anti-inflammatory activity; orientin; isoorientin; schaftoside; isoschaftoside

小叶三点金为豆科植物小叶三点金 *Desmodium microphyllum* (Thunb.) DC. 的干燥全草。广泛分布于长江以南的多个省区, 其中以广西、江苏等地最为集中^[1], 常生长于荒地草丛或灌木林中。具有清热利湿、止咳平喘、消肿解毒的功效^[2]。现代研究表明, 小叶三点金主要含有黄酮类、多糖类等化学成分^[3-5], 具有抗炎、抗蛇毒等药理活性^[6-8]。既是广西十大中药民族药院内制剂之一的梧州市中医医院院内制剂“蛇药酒”的君药, 也是彝药痛风颗粒的主药^[9]。

在质量控制方面, 李奕松^[9]采用高效液相色谱 (HPLC) 法建立了小叶三点金中黄酮类成分荭草苷

和异荭草苷含量测定方法。罗威等^[10]采用 HPLC 建立一测多评法同时测定蛇药酒中小叶三点金的异荭草苷、荭草苷和木犀草素的含量。此外, 黄秋燕等^[11]采用 HPLC 建立小叶三点金药材指纹图谱, 指出原儿茶酸、异荭草苷、荭草苷和木犀草素 4 个成分。在抗炎药效方面, 小叶三点金中许多黄酮类化合物已明确具有良好的抗炎活性, 如异荭草苷能降低 c-Jun N 端激酶 (JNK) 和 p38 丝裂原激活的蛋白激酶 (p38 MAPK) 的磷酸化水平, 减少叉头框 O1/3 (Fox O1/3) 蛋白的核转位, 发挥抗炎作用^[12-13]; 荭草苷可以降低白细胞介素 (IL) -1β、IL-6、肿瘤坏

死因子- α (TNF- α)、IL-18、诱导型一氧化氮合酶 (iNOS) 和环氧合酶 2 (COX-2) 水平, 缓解脂多糖 (LPS) 诱导的 RAW 264.7 细胞炎症反应^[14]; 夏佛塔昔通过抑制一氧化氮 (NO) 生成及丝裂原活化蛋白激酶家族 (ERK1/2)、JNK 和 p38 磷酸化, 阻断 MAPK 信号通路的活化, 发挥体外抗炎活性^[15-16]; 木犀草素可以通过减少 TNF- α 和 IL-1 β 的释放从而抑制氨甲喋呤诱导的炎症反应^[17]。

现有文献报道主要集中在小叶三点金中 2~3 种黄酮类成分的定量分析, 而对活性明确的夏佛塔昔和异夏佛塔昔的定量研究尚未见报道。鉴于中药具有多成分、多靶点的特征, 单一成分的定量分析难以全面反映其整体质量。因此, 建立多指标定量分析方法, 同时结合抗炎活性研究, 对提升小叶三点金的质量控制水平与应用价值具有重要意义。

一测多评 (QAMS) 法是利用中药有效成分内在函数, 通过只测定一个成分来实现多个成分的同步测定, 能够有效节约成本, 该方法已广泛应用于中药的质量控制^[18-19]。同时化学识别模式是一种多变量数值分析方法, 主要包括聚类分析、主成分分析和偏最小二乘判别分析等。能够全面评估不同产地样本质量的相似性和差异性, 并筛选出质量差异标志物^[20-21]; 加权逼近理想排序 (TOPSIS) 法是一种经典的多指标综合评价方法, 其核心优势在于通过量化多个指标, 计算各评价指标与最优解的欧氏贴近度, 进行评分, 实现科学、客观的质量评价^[22]。两者联用可以构建一个完整的小叶三点金质量评价体系。因此, 本研究在课题组前期建立的小叶三点金总黄酮 (DMTF) 纯化工艺和指纹图谱的基础上^[11], 利用 QAMS 法同时测定异荭草昔、夏佛塔昔、荭草昔、异夏佛塔昔和木犀草素含量, 结合化学模式识别与 TOPSIS 模型评价不同产地 DMTF 整体质量, 并探讨其抗炎活性, 以期为该药物质量标准提高提供参考。

1 材料

1.1 仪器

Agilent 1260 Infinity II 型高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; Waters e2695 型高效液相色谱仪, 美国 Waters 公司; XSR205DU/AC 型分析天平, 瑞士梅特勒-托利多公司; KQ5200B 型超声波清洗器, 昆山市超声仪器有限公司; YP20002 型

电子天平, 宁波金诺天平仪器有限公司; Milli-Q Reference 型超纯水机, 美国 Millipore 公司; Fresco 21 型高速冷冻离心机、Multiskan Sky 型酶标仪, 美国赛默飞世尔科技公司; CKX41 型倒置生物显微镜, 日本奥林巴斯株式会社; MCO-18AIC 型 CO₂ 培养箱, 和希健康医疗器械 (上海) 有限公司; HR1200-IIB2 型生物安全柜, 青岛海尔特种电器有限公司。

1.2 动物

SPF 级雄性 SD 大鼠 9 只, 体质量 180~220 g, 购自湖南斯莱克景达实验动物有限公司, 实验动物使用许可证号: SYXK (桂) 2024-0004。本研究动物实验流程经广西中医药大学动物伦理委员会审查批准 (编号 GXTCMU-EC 0000-05-07)。动物房相对湿度 60%~65%, 室温 20~25 °C。

1.3 细胞

小鼠巨噬细胞株 RAW264.7 (批号 240419031301) 购自武汉普诺赛生命科技有限公司。用含 1% 双抗 (青霉素和链霉素)、10% 胎牛血清的 DMEM 培养基, 置于 37 °C、5% CO₂ 的培养箱中培养。细胞呈对数生长期时进行细胞传代。

1.4 药材与试剂

小叶三点金药材共 10 批, 其中 4 批购自桂林毕生药业有限公司, 批号分别为 200806、220823、210713、231029, 编号 (S1~S4)。6 批自产地采集 (广西桂林市荔浦县、阳朔县、桂林市临桂区、象州县中平镇、融安县大良镇、湖南省道县桥头乡, 编号 S5~S10)。以上药材均由广西中医药大学韦松基教授鉴定为豆科植物小叶三点金 *D. microphyllum* (Thunb.) DC. 的干燥全草。

对照品异荭草昔 (批号 RP200522, 质量分数 99.90%)、荭草昔 (批号 RP210301, 质量分数 99.82%)、夏佛塔昔 (批号 RP230714, 质量分数 99.74%)、异夏佛塔昔 (批号 RP240503, 质量分数 99.42%)、木犀草素 (批号 RP210105, 质量分数 99.17%), 均购自成都麦德生科技有限公司。

色谱级乙腈 (批号 F22M67103)、色谱级甲醇 (批号 216571), 美国 Fisher 公司; AB-8 型大孔树脂 (批号 20230302), 天津百伦斯生物技术有限公司; 地塞米松 (批号 54240407009)、LPS (批号 34231201018)、青链霉素混合液 (批号 20231206), 北京索莱宝科技有限公司; CCK-8 细胞增殖试剂盒 (批号 231229L01-05), 苏州优逸兰迪生物科技科

技有限公司；胎牛血清（批号 23120701），浙江天杭生物科技股份有限公司；DMEM 培养基（批号 6123046），美国 Gibco 公司；IL-1 β 试剂盒（批号 202409）、IL-6 试剂盒（批号 202410），上海科兴商贸有限公司；其他试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 多指标成分定量分析

2.1.1 色谱条件 采用 Thermo C₁₈ (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μ m) 色谱柱；流动相：乙腈 (A)-0.1% 甲酸 (B)，洗脱梯度：0~12 min, 8% A；12~14 min, 8%~16% A；14~61 min, 16% A；61~65 min, 16%~25% A；65~85 min, 25%~27% A；85~93 min, 27% A；柱温 20 $^{\circ}$ C；检测波长：0~71 min、350 nm, 71~85 min、300 nm, 85~93 min、350 nm；进样量 10 μ L；体积流量 0.8 mL $\cdot$ min⁻¹。

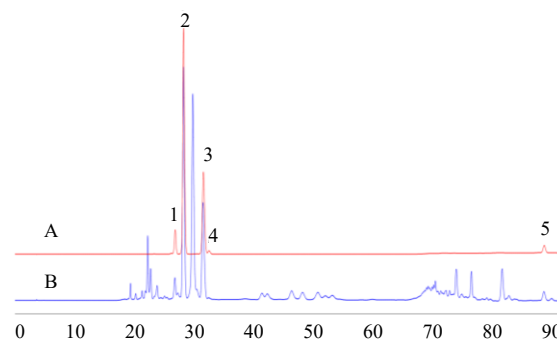
2.1.2 DMTF 浸膏粉的制备 小叶三点金药材 100 g，加入 50% 乙醇 1 200 mL，加热回流 2 h，回流 2 次，放冷，滤过，合并滤液，挥干，冷冻干燥得到醇提浸膏^[9]。取预处理后的 AB-8 型大孔树脂 30 g，湿法装柱。取浸膏 1.0 g，精密称定，用适量 50% 乙醇溶解，按 1:1 比例拌入树脂，挥干溶剂上样。先用 10 倍柱体积的 10% 乙醇除杂，再以 4 倍柱体积的 50% 乙醇洗脱，体积流量 1.0 mL $\cdot$ min⁻¹，收集洗脱液，挥干，冷冻干燥得到 DMTF 浸膏粉。

2.1.3 供试品溶液的制备 取 DMTF 浸膏粉约 0.2 g，精密称定，置于具塞锥形瓶中，精密加入 50% 乙醇 10 mL，称定质量，超声溶解，用 50% 乙醇补足减失的质量，经 0.22 μ m 微孔滤膜滤过，即得供试品溶液。

2.1.4 对照品溶液的制备 取各对照品适量，精密称定，加 50% 乙醇制成含夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷、木犀草素 0.104 9、0.644 8、0.482 4、0.012 0、0.031 1 mg $\cdot$ mL⁻¹ 的混合对照品溶液。

2.1.5 专属性考察 取“2.1.4”项下的混合对照品溶液，取 S1 浸膏粉，按照“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，按“2.1.1”项色谱条件进样检测，样品中 5 个待测成分的色谱峰峰形及分离效果良好，专属性良好。结果见图 1。

2.1.6 线性关系考察 精密吸取“2.1.4”项下混合对照品溶液适量，依次稀释得到不同质量浓度的混合对照品溶液。按“2.1.1”项下条件进行分析，以对照品质量浓度为横坐标 (X)，峰面积为纵坐标 (Y) 进行回归分析，绘制标准曲线，并计算回归方



1-夏佛塔苷；2-异荭草苷；3-荭草苷；4-异夏佛塔苷；5-木犀草素。
1-schaftoside; 2-isoorientin; 3-orientin; 4-isoschaftoside; 5-luteolin.

图 1 混合对照品 (A) 和样品 S1 (B) 溶液的 HPLC 图
Fig. 1 HPLC chromatogram of mixed reference substance (A) and sample S1 (B) solution

程为夏佛塔苷 $Y=23\,945\,X+8.314$, $r=0.999\,90$, 线性范围 0.010 2~0.104 9 mg $\cdot$ mL⁻¹；异荭草苷 $Y=36\,535\,X-71.32$, $r=0.999\,53$, 线性范围 0.047 5~0.644 8 mg $\cdot$ mL⁻¹；荭草苷 $Y=34\,434\,X+7.002$, $r=0.999\,97$, 线性范围 0.038 0~0.482 4 mg $\cdot$ mL⁻¹；异夏佛塔苷 $Y=23\,548\,X+1.081$, $r=0.999\,89$, 0.001 2~0.012 0 mg $\cdot$ mL⁻¹；木犀草素 $Y=56\,777\,X-9.655$, $r=0.999\,83$, 线性范围 0.003 0~0.031 1 mg $\cdot$ mL⁻¹。

2.1.7 精密度考察 取 S1 浸膏粉，按照“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，在“2.1.1”项色谱条件下连续进样测定 6 次，测得夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷和木犀草素峰面积的 RSD 分别为 1.22%、0.36%、0.15%、3.60% 和 2.47%，表明仪器精密度良好。

2.1.8 重复性考察 取 S1 浸膏粉 6 份，按“2.1.3”项下制备供试品溶液，按“2.1.1”项下色谱条件进样。测得夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷和木犀草素含量 RSD 分别为 1.52%、2.43%、1.37%、1.10% 和 1.86%，表明该方法重复性良好。

2.1.9 稳定性考察 取 S1 浸膏粉，按“2.1.3”项下制备供试品溶液，于制备 0、2、4、8、12、24 h，按“2.1.1”项下色谱条件进样。计算得到夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷和木犀草素峰面积 RSD 分别为 1.53%、0.41%、0.19%、2.73% 和 2.44%，表明溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.1.10 加样回收率考察 平行称取 S1 浸膏粉 6 份，每份约 0.1 g，精密称定，按 100% 水平精密加入对照品，按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液，按“2.1.1”

项下色谱条件进样。结果显示夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷和木犀草素平均加样回收率分别为 95.68%、98.27%、96.37%、90.50%、99.23%，RSD 分别为 2.37%、2.48%、2.54%、2.07%、2.64%。表明方法的准确度良好。

2.1.11 相对校正因子(f)计算^[23] 精密吸取“2.1.6”项下各混合对照品溶液适量，按“2.1.1”项下色谱条件进样。以异荭草苷为内参物，计算其他 4 种成分的 f ，结果见表 1。 f 的 RSD 值均小于 3.0%，提示建立的 f 值可用于定量分析。

$$f=(C_i\times A_s)/(C_s\times A_i)$$

C_i 为待测成分浓度， A_i 为待测成分峰面积， C_s 为内参物浓度， A_s 为内参物峰面积

2.1.12 f 耐用性考察 本实验分别考察仪器及色谱柱对 f 的影响。取“2.1.4”项下混合对照品溶液，选用 Agilent 1260 型和 Waters e2695 型 HPLC 色谱仪和 Thermo C₁₈、SHIMADZU shim-pack VP-ODS、Waters HSS T₃ 色谱柱进样，计算各成分的 f ，结果见表 2，不同成分 f 值的 RSD<5%，具有较好的适用性。

表 1 各成分相对校正因子

序号	f			
	夏佛塔苷	荭草苷	异夏佛塔苷	木犀草素
1	1.490	1.040	1.507	0.687
2	1.478	1.047	1.519	0.655
3	1.484	1.048	1.511	0.647
4	1.492	1.052	1.505	0.639
5	1.495	1.032	1.505	0.639
6	1.547	1.079	1.588	0.651
平均值	1.498	1.050	1.522	0.653
RSD/%	1.67	1.54	2.12	2.73

2.1.13 色谱峰定位 取“2.1.4”项下混合对照品溶液适量，分别记录“2.1.12”项下不同仪器与不同色谱柱时各成分色谱峰保留时间，采用保留时间差法，计算内参物异荭草苷与其他 4 个成分的色谱峰相对保留时间 (Δt) 值，计算结果见表 3。各待测成分 t 波动较小 (RSD<5.0%)，可进行准确定位。

$$\Delta t=t_i/t_s$$

t_i 为待测成分保留时间， t_s 为内参物保留时间

表 2 不同仪器、色谱柱对 f 的影响

Table 2 Effects of different instruments and chromatographic columns on f

仪器	色谱柱	f			
		夏佛塔苷	荭草苷	异夏佛塔苷	木犀草素
Agilent 1260	Thermo C ₁₈	1.492	1.052	1.505	0.639
	SHIMADZU shim-pack VP-ODS	1.501	1.043	1.522	0.637
	Waters HSS T ₃	1.501	1.053	1.513	0.639
Waters e2695	Thermo C ₁₈	1.535	0.982	1.608	0.658
	SHIMADZU shim-pack VP-ODS	1.557	1.083	1.615	0.710
	Waters HSS T ₃	1.460	1.075	1.613	0.672
平均值		1.517	1.048	1.563	0.659
RSD/%		2.40	3.42	3.49	4.31

表 3 不同因素对各成分 Δt 值的影响

Table 3 Influence of different factors on relative retention time of each component

仪器	色谱柱	$\Delta t/\text{min}$			
		夏佛塔苷	荭草苷	异夏佛塔苷	木犀草素
Agilent 1260	Thermo C ₁₈	0.954	1.113	1.147	3.087
	SHIMADZU shim-pack VP-ODS	0.946	1.088	1.170	2.881
	Waters: HSS T ₃	0.952	1.060	1.160	2.999
Waters e2695	Thermo C ₁₈	0.951	1.106	1.121	3.085
	SHIMADZU shim-pack VP-ODS	0.951	1.077	1.150	2.893
	Waters: HSS T ₃	0.950	1.090	1.143	2.886
平均值		0.951	1.086	1.154	2.949
RSD/%		0.27	1.77	1.45	3.34

2.1.14 QAMS 与外标法 (ESM) 测定 取 S1~S10 样品, 按“2.1.2”和“2.1.3”项下方法制备供试品溶液, 按“2.1.1”项下色谱条件进样检测。分别采用 QAMS 和 ESM 测定 5 种成分的质量分数。

由表 4 可知, 2 种方法测得夏佛塔昔、荭草昔、异夏佛塔昔、木犀草素质量分数的相对误差值均小于 5.0%, 表明建立的 QAMS 方法准确可靠, 适用于 DMTF 的含量测定。

表 4 各成分含量测定结果

Table 4 Content determination results of each component

批号	异荭草苷/(mg·g ⁻¹)	夏佛塔苷/(mg·g ⁻¹)		荭草苷/(mg·g ⁻¹)		异夏佛塔苷/(mg·g ⁻¹)		木犀草素/(mg·g ⁻¹)	
	ESM	ESM	QAMS	ESM	QAMS	ESM	QAMS	ESM	QAMS
S1	30.296	3.817	3.780	17.217	16.932	0.388	0.374	1.203	1.207
S2	12.045	2.544	2.519	10.216	10.047	0.216	0.209	0.767	0.770
S3	20.892	2.372	2.349	14.389	14.151	0.195	0.188	0.280	0.280
S4	22.341	2.885	2.857	15.769	15.508	0.252	0.243	0.506	0.508
S5	16.735	3.260	3.228	10.528	10.354	0.351	0.338	1.126	1.130
S6	19.354	3.240	3.208	11.299	11.112	0.266	0.257	1.332	1.337
S7	30.171	3.003	2.973	18.178	17.877	0.304	0.293	0.518	0.520
S8	3.020	1.018	1.008	2.277	2.240	0.061	0.059	0.727	0.730
S9	10.053	1.681	1.665	5.585	5.493	0.106	0.102	0.867	0.870
S10	7.901	1.329	1.316	5.042	4.958	0.109	0.105	0.685	0.687

2.2 化学识别模式

2.2.1 层次聚类分析 (HCA) 以 QAMS 法计算的含量数据为变量, 运用 SIMCA 14.1 软件进行 HCA, 结果如图 2 所示。当平方欧氏距离为 10 时, 样品可被划分为 2 类: 第 I 类为 S1~S7, 第 II 类为 S8~S10。提示不同产地间呈现出一定的含量差异。

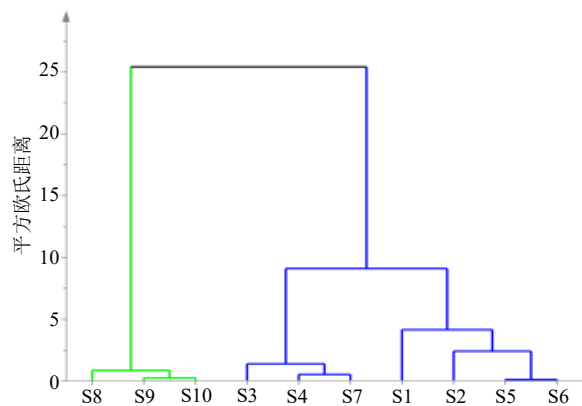


图 2 10 批 DMTF 的 HCA 图
Fig. 2 HCA diagram of ten batches of DMTF

2.2.2 主成分分析 (PCA) 将 QAMS 法计算的含量数据导入 SIMCA 14.1 软件, 进行 PCA (图 3)。结果自变量拟合指数 R_x^2 为 0.975, 模型预测指数 (Q^2) 为 0.832, 均 >0.5 , 表示所建立的模型稳定。共提取出 2 个主成分, 10 批 DMTF 被分为 2 组。S8~S10 基本分布在横轴的负半轴, S1~S7 基本分

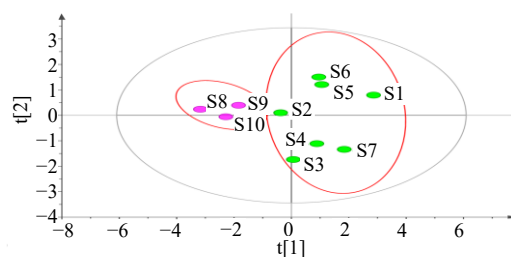


图 3 10 批 DMTF 的 PCA 得分图
Fig. 3 PCA score plot of ten batches of DMTF

布于横轴的正半轴。与 HCA 结果一致, 说明不同产地 DMTF 化学成分的含量存在一定区别。

2.2.3 正交偏最小二乘-判别分析 (OPLS-DA) 将 QAMS 法计算的含量数据导入 SIMCA 14.1 软件, 建立 OPLS-DA 模型, 见图 4, 建立的模型参

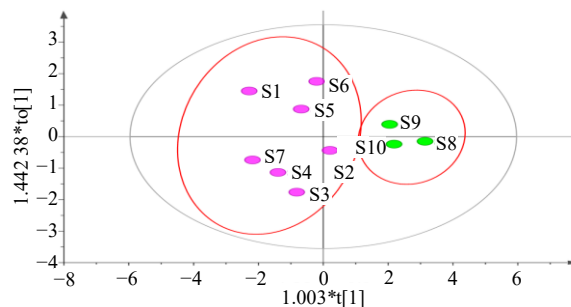


图 4 10 批 DMTF 的 OPLS-DA 得分图
Fig. 4 OPLS-DA score diagram of 10 batches of DMTF

数 $R^2_X=0.959$ 、 $R^2_Y=0.808$ 、 $Q^2=0.636$ ，均 >0.5 ，说明建立的模型有较好的预测能力。10 批样品可分为 2 类，与 HCA 结果一致。

为验证模型的稳健性，本实验进行了 200 次置换检验，结果如图 5 所示， R^2 回归线的 Y 轴截距为 0.139、 Q^2 回归线的 Y 轴截距为-0.717 均低于原始数值，表明所建立的模型未出现过拟合现象，可用于 DMTF 的不同产地判别分析。

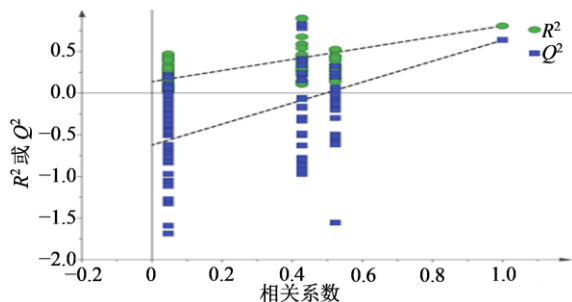


图 5 10 批 DMTF 的置换检验图

Fig. 5 Substitution test diagram of ten batches of DMTF

变量投影重要性 (VIP) 值是筛选差异性化合物的重要指标，VIP 值越高表明其对组间差异的贡献越大^[24]。以 $VIP>1$ 为标准，筛选出荭草苷、异荭草苷、夏佛塔苷和异夏佛塔苷是影响 DMTF 质量主要差异性成分 (图 6)。

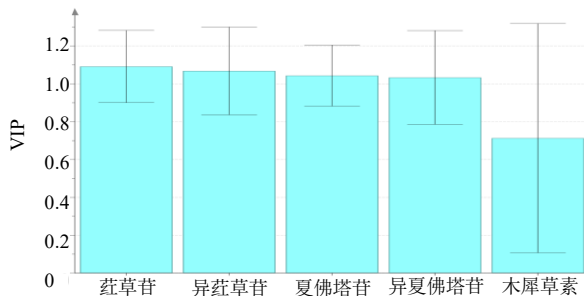


图 6 10 批 DMTF 的 VIP 图

Fig. 6 VIP diagram of 10 batches of DMTF

2.3 加权 TOPSIS 法

使用公式 (1) 对 QAMS 法计算的含量数据进行归一化处理，将归一化后数值与各成分 VIP 值相乘得加权决策矩阵，见表 5~6。以加权决策矩阵中每个成分的最大值作为最优方案 (Z_j^+)，最小值作为最劣方案 (Z_j^-)，按公式 (2)~(4) 分别计算 10 批样品与最优欧氏距离 (D_i^+)、最劣欧氏距离 (D_i^-)、最优解的欧氏贴近度 (C_i)。 C_i 值越大则样品质量越优^[25]。质量排序结果见表 7。结果显示 10

表 5 归一化处理结果

Table 5 Normalization results

编号	夏佛塔苷	异荭草苷	荭草苷	异夏佛塔苷	木犀草素
S1	1.000 0	1.000 0	0.939 6	1.000 0	0.877 0
S2	0.545 1	0.330 9	0.499 3	0.476 2	0.463 6
S3	0.483 8	0.655 2	0.761 7	0.409 5	0.000 0
S4	0.667 0	0.708 4	0.848 5	0.584 1	0.215 7
S5	0.800 9	0.502 8	0.518 9	0.885 7	0.804 2
S6	0.793 7	0.598 8	0.567 4	0.628 6	1.000 0
S7	0.708 9	0.995 4	1.000 0	0.742 9	0.227 1
S8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.425 7
S9	0.237 0	0.257 8	0.208 0	0.136 5	0.558 2
S10	0.111 1	0.178 9	0.173 8	0.146 0	0.385 1

表 6 加权决策矩阵结果

Table 6 Results of weighted decision matrix

编号	夏佛塔苷	异荭草苷	荭草苷	异夏佛塔苷	木犀草素
S1	1.043 6	1.068 1	1.026 3	1.033 8	0.625 2
S2	0.568 9	0.353 4	0.545 4	0.492 3	0.330 5
S3	0.504 9	0.699 9	0.832 0	0.423 3	0.000 0
S4	0.696 1	0.756 6	0.926 8	0.603 8	0.153 8
S5	0.835 8	0.537 1	0.566 8	0.915 6	0.573 3
S6	0.828 3	0.639 6	0.619 7	0.649 8	0.712 9
S7	0.739 8	1.063 2	1.092 3	0.767 9	0.161 9
S8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.303 5
S9	0.247 4	0.275 4	0.227 2	0.141 1	0.397 9
S10	0.116 0	0.191 1	0.189 9	0.151 0	0.274 5

表 7 DMTF 质量评价结果

Table 7 Quality evaluation results of DMTF

编号	D_i^+	D_i^-	C_i	排序
S1	0.109 7	2.177 8	0.952 0	1
S2	1.214 4	1.047 6	0.463 1	7
S3	1.172 4	1.271 3	0.520 2	6
S4	0.861 7	1.518 0	0.637 9	5
S5	0.796 7	1.573 3	0.663 8	4
S6	0.775 1	1.552 3	0.667 0	3
S7	0.683 1	1.867 3	0.732 2	2
S8	2.158 6	0.303 5	0.123 3	10
S9	1.704 9	0.605 7	0.262 1	8
S10	1.848 1	0.429 1	0.188 4	9

批样品欧氏贴近度为 0.123 3~0.952 0，提示不同产地样品质量差异显著；其中 S1、S7、S6、S5 和 S4 的 C_i 值排名前 5，表明其质量较优。加权 TOPSIS 法可用于 DMTF 的质量差异性评价。

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (1)$$

X_{ij} 为第 i 批样品第 j 个成分含量， $X_{j\min}$ 、 $X_{j\max}$ 分别为 10 批

样品第 j 个成分含量最小、最大值

$$D_i^+ = [\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^+)^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$D_i^- = [\sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_j^-)^2]^{1/2} \quad (3)$$

Z_{ij} 为第 i 批样品第 j 个成分加权后数据, Z_j^+ 为 10 批样品第 j 个成分加权后数据的最大值, Z_j^- 为 10 批样品中第 j 个成分加权后数据的最小值

$$C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (4)$$

2.4 体外抗炎活性研究

2.4.1 含药血清的制备 SD 大鼠随机分为 DMTF 给药组和对照组。取 S4 样品按照“2.1.2”项下方法制备 DMTF 浸膏。依据体表面积折算法^[26]换算得出给药剂量为 $1.58 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, ig 给药, 对照组给予等体积的 0.9% 氯化钠溶液, 每天给药 1 次, 连续 7 d, 末次 ig 给药 1 h 后麻醉, 腹主动脉取血, $3000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 15 min, 分离血清, 56°C 灭活 30 min, 经 $0.22 \mu\text{m}$ 微孔滤膜滤过除菌, -80°C 冰箱保存备用。

2.4.2 RAW 264.7 细胞存活率检测 将处于对数生长期的 RAW 264.7 细胞调整密度至 1×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$, 按每孔 $100 \mu\text{L}$ 接种于 96 孔板, 培养 12 h。将细胞分为对照组 (10% FBS)、不同体积分数空白血清组 (5%、10%、20%、40%)、含药血清组 (5%、10%、20%、40%), 每组设置 3 个复孔。培养 24 h 后, 吸弃培养基, 加入 $100 \mu\text{L}$ 含 10% CCK-8 试剂的新鲜培养基。孵育 2.5 h, 另设空白组不接种细胞, 使用酶标仪测定各孔 450 nm 处的吸光度 (A) 值, 计算细胞相对存活率。结果见图 7。

$$\text{细胞相对存活率} = (A_{\text{给药}} - A_{\text{空白}}) / (A_{\text{对照}} - A_{\text{空白}})$$

结果表明, 与对照组相比, 5%、10% 空白血清组及 10% 含药血清组的细胞相对存活率无显著性

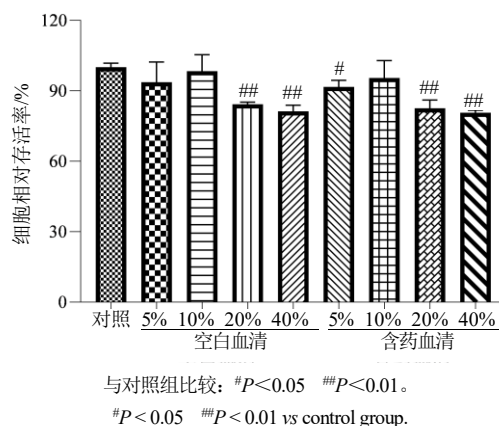


图 7 DMTF 含药血清对 RAW 264.7 细胞相对存活率的影响 ($\bar{x} \pm s, n=3$)

Fig. 7 Effects of DMTF-containing serum on cell viability of RAW 264.7 cells ($\bar{x} \pm s, n=3$)

差异 ($P > 0.05$), 随着血清体积分数增加到 20%~40%, 细胞相对存活率显著下降 ($P < 0.01$)。因此, 选择 10% 含药血清进行后续实验。

2.4.3 DMTF 含药血清对 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞分泌 IL-1 β 、IL-6 的影响 将处于对数生长期的 RAW 264.7 巨噬细胞调整密度至 3×10^5 个 $\cdot \text{mL}^{-1}$, 按每孔 0.5 mL 接种于 24 孔板。设定对照 (10% FBS) 组、模型 ($1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ LPS) 组^[27]、空白血清 ($1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ LPS+10% 空白血清) 组、阳性药 ($1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ LPS+ $10 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 地塞米松) 组、含药血清 ($1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ LPS+10% 含药血清) 组, 每组设置 6 个复孔。培养 24 h 后, 按照 ELISA 试剂盒说明书方法测定血清中 IL-1 β 、IL-6 水平。结果见图 8。

与对照组相比, 模型组 IL-1 β 和 IL-6 水平显著升高 ($P < 0.01$); 与模型组相比, 含药血清组和阳性药组的 IL-1 β 和 IL-6 水平均显著降低 ($P < 0.01$); 与空白血清组相比, 含药血清组的 IL-1 β 和 IL-6 水

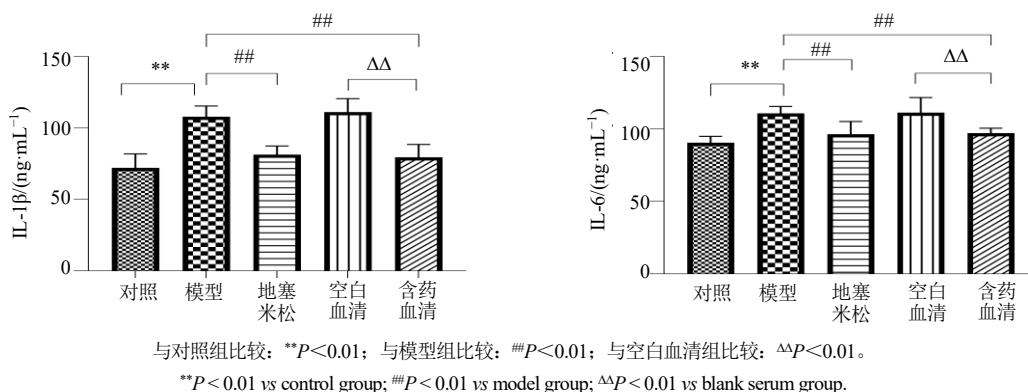


图 8 DMTF 含药血清对 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞分泌 IL-1 β 、IL-6 的影响 ($\bar{x} \pm s, n=6$)

Fig. 8 Effects of DMTF-containing serum secretion of IL-1 β and IL-6 by LPS-induced RAW 264.7 cells ($\bar{x} \pm s, n=6$)

平显著降低 ($P < 0.01$)；含药血清组对 IL-1 β 和 IL-6 释放抑制效果与阳性药组相比无显著性差异 ($P > 0.05$)。

3 讨论

3.1 内标、指标成分筛选

目前小叶三点金的质量控制指标包括异荭草苷、荭草苷、木犀草素等^[9,11]，而夏佛塔苷及其同分异构体异夏佛塔苷，也是其发挥其清热利湿、止咳平喘、消肿解毒等作用的关键活性成分^[15,28-30]。因此本实验采用 QAMS 法，以易得、稳定且出峰时间适中的异荭草苷为内参物，同步测定上述 5 种成分含量，为完善小叶三点金的质量控制指标提供依据。

3.2 质量差异性评价

通过对比 QAMS 与 ESM 结果，发现 2 种方法无显著差异，表明建立的 QAMS 法可以推广普及。QAMS 法含量测定结果显示，各批 DMTF 5 种黄酮类成分质量分数之和依次为：S1 (52.589 mg·g⁻¹) > S7 (51.834 mg·g⁻¹) > S4 (41.457 mg·g⁻¹) > S3 (37.860 mg·g⁻¹) > S6 (35.268 mg·g⁻¹) > S5 (31.785 mg·g⁻¹) > S2 (25.590 mg·g⁻¹) > S9 (18.183 mg·g⁻¹) > S10 (14.967 mg·g⁻¹) > S8 (7.057 mg·g⁻¹)。其中 S1、S3、S4 市售样品和 S7 样品 DMTF 含量均较高。夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷、木犀草素质量分数分别在 1.008~3.780、3.020~30.296、2.240~17.877、0.059~0.374、0.280~1.337 mg·g⁻¹，批次间含量差异较大，难以直观评价，因此建立多元成分综合评价体系十分必要。

本研究采用化学模式识别联合加权 TOPSIS 模型法分析含量测定结果。HCA 结果显示市售商品 (S1~S4) 与野生样品 (S5~S7) 呈现混合聚类现象，表明 S1~S7 样品具有较高的质量一致性，而与 S8~S10 (野生) 样品存在显著质量差异。该现象可能与以下几个原因相关。首先，市售商品通常采用多个产地药材混合加工，其化学组成趋于均质化，质量均一性较好，这可能是 S1~S4 与 S5~S7 样品聚为一类的主要原因。其次，由于采收时间、地域等因素的限制，采集的样本量较少。最后，小叶三点金作为广西特色瑶药，S1~S10 样本主要集中于广西省，省内不同产区的生长环境相似性导致质量差异不显著。因此，基于化学模式识别能否准确区分野生与市售商品的质量特征，仍需通过扩大样本量，尤其是省外样本，进行验证。而 S8~S10 样品可能受到环境、种植技术等因素影响与 S1~S7

样品存在显著质量差异。因此，规范性种植中药材、重视产区选择对于提升中药材质量至关重要。PCA、OPLS-DA 与 HCA 结果一致，可以相互印证。基于 OPLS-DA 筛选出荭草苷、异荭草苷、夏佛塔苷、异夏佛塔苷是影响 DMTF 质量的差异性成分，是否能影响药效有待进一步研究。加权 TOPSIS 结果显示 S1~S7 批次的贴近度为 0.463 1~0.952 0，贴近度较高，表明毕生药业、荔浦、阳朔和临桂产的 DMTF 质量较优；S8~S10 批次贴近度为 0.123 3~0.262 1，贴近度较小，表明湖南、融安和象州产的 DMTF 质量较差。其排序和分类结果与化学模式识别结果基本一致，表明化学模式识别与加权 TOPSIS 法均可作为 DMTF 品质差异评价方法。

3.3 DMTF 含药血清对 LPS 诱导 RAW 264.7 巨噬细胞释放炎症因子的影响

巨噬细胞与炎症的发生发展密切相关，其中 RAW 264.7 巨噬细胞能够通过介导相关因子的释放干预炎症的进程^[31-32]。LPS 是由革兰阴性细菌细胞壁外壁组成的一种内毒素，能够诱导 RAW 264.7 巨噬细胞发生炎症反应，产生多种细胞炎症因子，如 IL- β 、IL-6 等，进而促进炎症的发展^[33]。本实验研究发现，10%含药血清可显著抑制 LPS 诱导的 RAW 264.7 巨噬细胞中 IL- β 、IL-6 炎症因子的释放，表明其具有较好的抗炎活性。

本实验建立的 QAMS 法同时测定 10 批 DMTF 中夏佛塔苷、异荭草苷、荭草苷、异夏佛塔苷、木犀草素的含量，操作简便，准确性好。化学模式识别联合加权 TOPSIS 模型法全面直观，可用于 DMTF 的综合质量评价；DMTF 具有体外抗炎活性，其抗炎机制与减少巨噬细胞 IL- β 、IL-6 炎症因子的释放有关。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第四十一卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2016: 36.
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. *Flora of China: volume 41* [M]. Beijing: Science Press, 2016: 36.
- [2] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 4 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 450.
State Administration of Traditional Chinese Medicine, Chinese Materia Medica Editorial Committee. *Chinese Materia Medica 4* [M]. Shanghai: Shanghai Science and

- Technology Press, 1999: 450.
- [3] 朱晓艳, 赵杨, 李旭东. 小叶三点金多糖的提取及抗氧化活性研究 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2021, 38(5): 114-121, 2.
Zhu X Y, Zhao Y, Li X D. Extraction of polysaccharide from *Desmodium microphyllum* and its antioxidant activity [J]. J Chongqing Norm Univ Nat Sci, 2021, 38(5): 114-121, 2.
- [4] 刘小辉, 王长虹, 俞桂新, 等. 小叶三点金的黄酮类成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(6): 976-978, 1008.
Liu X H, Wang C H, Chou G X, et al. Flavonoids of *Desmodium microphyllum* [J]. Nat Prod Res Dev, 2010, 22(6): 976-978, 1008.
- [5] 田茂军, 郭孟璧, 张举成, 等. 小叶三点金挥发油化学成分的研究 [J]. 云南化工, 2005, 32(5): 17-19, 28.
Tian M J, Guo M B, Zhang J C, et al. Volatile compounds from *Desmodium microphyllum* [J]. Yunnan Chem Technol, 2005, 32(5): 17-19, 28.
- [6] 和七一, 余晓东, 李博, 等. 小叶三点金醇提物对尖吻蝮蛇毒的抑制作用 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2018, 57(4): 128-135.
He Q Y, Yu X D, Li B, et al. Inhibitory effects of ethanol extract of *Desmodium microphyllum* on *Deinagkistrodon acutus* venom [J]. Acta Sci Nat Univ Sunyatseni, 2018, 57(4): 128-135.
- [7] 熊艳, 李恒, 余晓东, 等. 小叶三点金不同萃取相对尖吻蝮蛇毒主要酶类的抑制作用 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2018, 35(6): 105-111.
Xiong Y, Li H, Yu X D, et al. Inhibitory effects of different extractions of *Desmodium microphyllum* on activities of major enzymes from *Deinagkistrodon acutus* venom [J]. J Chongqing Norm Univ Nat Sci, 2018, 35(6): 105-111.
- [8] 苏华珍, 唐秀能, 魏江存, 等. 小叶三点金提取物的抗炎作用及其机制研究 [J]. 中国药房, 2019, 30(18): 2532-2536.
Su H Z, Tang X N, Wei J C, et al. Study on anti-inflammatory effect and its mechanism of the extract of *Desmodium microphyllum* [J]. China Pharm, 2019, 30(18): 2532-2536.
- [9] 李奕松. “彝药痛风颗粒” 方中主药小叶三点金和五花木通质量评价研究 [D]. 成都: 西南民族大学, 2022.
Li Y S. Study on the quality evaluation of *Desmodii Herba* and *Bauhiniae Caulis* in the formula of “Yi medicine gout granules” [D]. Chengdu: Southwest University for Nationalities, 2022.
- [10] 罗威, 梁平, 黄秋燕, 等. 一种蛇药酒 HPLC 指纹图谱的构建方法及其成分含量测定方法: 中国, 116953105A [P]. 2023-10-27.
Luo W, Liang P, Huang Q Y, et al. A method for the construction of HPLC fingerprint of snake medicine wine and the determination of its component content: China, 116953105A [P]. 2023-10-27.
- [11] 黄秋燕, 罗威, 梁平, 等. 一种小叶三点金 HPLC 指纹图谱的构建方法: 中国, 117169402A [P]. 2023-12-05.
Huang Q Y, Luo W, Liang P, et al. A method for the construction of HPLC fingerprint of *Desmodium Microphyllum*: China, 117169402A [P]. 2023-12-05.
- [12] Ayuni D, Devahastin S, Sirikantaramas S, et al. Extraction methods comparison and optimization for isoorientin and isovitexin from *Thai jasmine* rice leaves [J]. J Food Meas Charact, 2024, 18(11): 9423-9434.
- [13] 杨兰珠, 李诗怡, 孙雨伟, 等. 异荭草苷通过 MAPK/FoxO 信号通路减轻 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞炎症反应 [J]. 安徽农业大学学报, 2024, 51(1): 132-137.
Yang L Z, Li S Y, Sun Y W, et al. Isoorientin reduces inflammatory responses in LPS-induced RAW 264.7 macrophages through MAPK/FoxO signaling pathways [J]. J Anhui Agric Univ, 2024, 51(1): 132-137.
- [14] Xiao Q F, Qu Z H, Zhao Y, et al. Orientin ameliorates LPS-induced inflammatory responses through the inhibitory of the NF- κ B pathway and NLRP3 inflammasome [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2017, 2017: 2495496.
- [15] 吴小琪. 夏佛塔苷抗炎与降脂功能的评估及其分子机理研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2022.
Wu X Q. Evaluation of anti-inflammatory and lipid-lowering functions of schaftoside and its molecular mechanism [D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2022.
- [16] 李慧, 潘思轶, 徐晓云. 莲子心水提物中黄酮类化合物的结构及其对 RAW 264.7 小鼠巨噬细胞 NO 生成的影响 [J]. 中国食品学报, 2018, 18(2): 44-54.
Li H, Pan S Y, Xu X Y. Structures of flavones in *Lotus plumule* water extract and the effect on RAW 264.7 mouse' macrophage producing NO [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2018, 18(2): 44-54.
- [17] Dar A A, Fehaid A, Alkhatani S, et al. The protective role of luteolin against the methotrexate-induced hepato-renal toxicity via its antioxidative, anti-inflammatory, and anti-apoptotic effects in rats [J]. Hum Exp Toxicol, 2021, 40(7): 1194-1207.
- [18] 王智民, 高慧敏, 付雪涛, 等. “一测多评” 法中药质量评价模式方法学研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(23): 1925-1928.
Wang Z M, Gao H M, Fu X T, et al. Multi-components quantitation by one marker new method for quality evaluation of Chinese herbal medicine [J]. China J Chin Mater Med, 2006, 31(23): 1925-1928.

- [19] 闫艳, 杜晨晖. 一测多评法在中药质量控制中的应用及研究进展 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2022, 24(6): 2378-2387.
- Yan Y, Du C H. Recent advances in quantitative analysis of multi-components by single marker on quality control of traditional Chinese medicine [J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med World Sci Technol, 2022, 24(6): 2378-2387.
- [20] 陈旭, 姜建双, 李德华, 等. HPLC 指纹图谱和多成分定量结合化学模式识别评价菊苣子质量 [J]. 中草药, 2024, 55(13): 4526-4534.
- Chen X, Jiang J S, Li D H, et al. Quality evaluation of chicory seed based on HPLC fingerprint and multi-component quantification combined with chemical pattern recognition [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(13): 4526-4534.
- [21] 侯迎迎, 焦响乐, 李刚刚, 等. 基于一测多评法多指标定量及化学模式识别法的灵香草质量评价 [J]. 中草药, 2024, 55(21): 7483-7490.
- Hou Y Y, Jiao X Y, Li G G, et al. Quality evaluation of *Lysimachia foenum-graecum* based on QAMS, multi-index quantification and chemical pattern recognition method [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(21): 7483-7490.
- [22] 张红娟, 史银基, 罗玉琴, 等. 基于 HPLC 指纹图谱及多指标定量结合熵权 TOPSIS 法评价不同产地白屈菜药材质量 [J]. 中草药, 2024, 55(12): 4194-4203.
- Zhang H J, Shi Y J, Luo Y Q, et al. Quality evaluation of *Chelidonium majus* herbs from different regions based on HPLC fingerprint and multi-index content determination combined with entropy weighted TOPSIS method [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(12): 4194-4203.
- [23] 何冬梅, 王鹏, 曹翠萍, 等. 一测多评法同时测定黄连解毒汤中 7 种生物碱的含量 [J]. 中成药, 2025, 47(3): 727-732.
- He D M, Wang P, Cao C P, et al. Simultaneous content determination of seven alkaloids in Huanglian Jiedu Decoction by QAMS [J]. Chin Tradit Pat Med, 2025, 47(3): 727-732.
- [24] 籍学伟, 陈备尧, 白妍, 等. 基于 HPLC 指纹图谱和多成分含量测定结合化学计量学的暖宫七味丸质量评价研究 [J]. 中草药, 2024, 55(2): 470-478.
- Ji X W, Chen B Y, Bai Y, et al. Quality evaluation of Nuangong Qiwei Pills by HPLC fingerprint and multi-component content determination combined with chemometrics [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2024, 55(2): 470-478.
- [25] 马灵珍, 纪东汉, 鞠康, 等. 基于多指标成分结合 EW-TOPSIS 法的盐车前子综合质量评价 [J]. 天然产物研究与开发, 2022, 34(8): 1361-1373.
- Ma L Z, Ji D H, Ju K, et al. Comprehensive quality evaluation of salt-processed *Plantaginis Semen* based on multi-index components combined with EW-TOPSIS method [J]. Nat Prod Res Dev, 2022, 34(8): 1361-1373.
- [26] 陈奇. 中药药理研究方法学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 1103.
- Chen Q. *Pharmacological Research Methodology of Traditional Chinese Medicine* [M]. Beijing: people's health publishing house, 1996: 1103.
- [27] 杨东娟, 查广才, 邹湘辉, 等. 川藏香茶菜庚素的体外抗炎作用与分子机制研究 [J]. 生物学杂志, 2024, 41(2): 39-43.
- Yang D J, Zha G C, Zou X H, et al. Anti-inflammatory effect and mechanism of *Pseurata H* on inflammation model of LPS-induced RAW 264.7 cells [J]. J Biol, 2024, 41(2): 39-43.
- [28] 梁枫, 于丽丽, 汪荣斌, 等. 异夏佛塔苷对人非小细胞肺癌 A549 细胞抗肿瘤的活性及其作用机制 [J]. 牡丹江医学院学报, 2019, 40(6): 33-36.
- Liang F, Yu L L, Wang R B et al. The anti-tumor activity and mechanism of isoschaftoside on human A549 cell lines [J]. J Mudanjiang Med Univ, 2019, 40(6): 33-36.
- [29] 刘美静, 张郭慧, 黄小桃, 等. 夏佛塔苷对高脂饮食诱导小鼠非酒精性脂肪肝的保护作用 [J]. 中华中医药杂志, 2017, 32(11): 5078-5081.
- Liu M J, Zhang G H, Huang X T, et al. Protection effect of schaftoside on mice with non-alcoholic fatty liver induced by high fat diet [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2017, 32(11): 5078-5081.
- [30] Kant K, Lal U R, Ghosh M. Computational breakthrough of natural lead hits from the genus of *Arisaema* against human respiratory syncytial virus [J]. Pharmacogn Mag, 2018, 13(Suppl 4): S780-S785.
- [31] Rebollo-Hernanz M, Zhang Q Z, Aguilera Y, et al. Phenolic compounds from coffee by-products modulate adipogenesis-related inflammation, mitochondrial dysfunction, and insulin resistance in adipocytes, via insulin/PI3K/AKT signaling pathways [J]. Food Chem Toxicol, 2019, 132: 110672.
- [32] Mahida Y R. The key role of macrophages in the immunopathogenesis of inflammatory bowel disease [J]. Inflamm Bowel Dis, 2000, 6(1): 21-33.
- [33] Zhu T, Zhang W, Feng S J, et al. Emodin suppresses LPS-induced inflammation in RAW264.7 cells through a PPAR γ -dependent pathway [J]. Int Immunopharmacol, 2016, 34: 16-24.