DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260202001
引用格式: 陆礼和, 夏伟军, 叶兴蓉, 等. 基于高效液相色谱指纹图谱法结合化学计量学对不同厂家红花黄进行质量评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(11): 214–221.
LU LH, XIA WJ, YE XR, *et al*. Quality evaluation of safflower yellow extracts from different manufacturers based on high performance liquid chromatography fingerprint combined with chemometrics [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(11): 214–221. (in Chinese with English abstract).

基于高效液相色谱指纹图谱法结合化学计量学对不同厂家红花黄进行质量评价

陆礼和[1,2], 夏伟军[1,2], 叶兴蓉[1,2], 牛延菲[3], 李春平[3], 冯莉萍[1,2], 包广雷[1,2], 谢庭焕[1], 汤泮泮[1,2*]

(1. 云南省药物研究所, 昆明 650500; 2. 云南省中药和民族药新药创制企业重点实验室, 昆明 650500; 3. 云南白药集团中药资源有限公司, 昆明 650500)

摘 要: 目的 采用高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)法测定不同厂家红花黄, 并建立红花黄提取物质量评价体系。**方法** 采用 HPLC 法, C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相为乙腈-0.05%三氟乙酸溶液, 梯度洗脱, 流速为 1.0 mL/min, 柱温为 30 ℃, 检测波长为 266 nm, 进样量 10 μL。采用相似度评价、聚类分析、主成分分析对 16 批次红花黄提取物进行系统归类和分析; 同时测定羟基红花黄色素 A 含量。**结果** 确定了红花黄提取物中的 11 个共有特征峰, 并对其中的 6 个峰进行了指认, 聚类分析、主成分分析(principal component analysis, PCA)结果显示不同厂家样品存在明显分类差异, 正交偏最小二乘-判别分析(orthogonal partial leastsquares-discriminant analysis, OPLS-DA)筛选出 5 个变量重要性投影(projection ofvariable importance, VIP)>1 的主要标志性组分; 发现其在不同厂家产品中波动显著, 可作为关键质量指标。从羟基红花黄色素 A 含量来看, 市售红花黄提取物质量参差不齐, 可能与原料种植环境、采收加工工艺及储藏条件相关。**结论** 本研究构建的指纹图谱-化学计量学-指标成分含量综合评价体系, 可为红花黄提取物质量评价体系完善及标准修订提供科学参考。

关键词: 红花黄; 指纹图谱; 化学计量学; 羟基红花黄色素 A; 色价

Quality evaluation of safflower yellow extracts from different manufacturers based on high performance liquid chromatography fingerprint combined with chemometrics

LU Li-He[1,2], XIA Wei-Jun[1,2], YE Xing-Rong[1,2], NIU Yan-Fei[3], LI Chun-Ping[3], FENG Li-Ping[1,2], BAO Guang-Lei[1,2], XIE Ting-Huan[1], TANG Pan-Pan[1,2*]

收稿日期: 2026-02-02
基金项目: 云南特色植物筛选与研究服务 CXO 平台建设项目(2022YKZY001)
第一作者: 陆礼和(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为中药及天然产物开发研究。E-mail: lulihe@126.com
***通信作者:** 汤泮泮(1988—), 男, 硕士, 主管药师, 主要研究方向为中药及天然产物开发研究。E-mail: tpp1988@foxmall.com

(1. *Yunnan Institute of Materia Medica*, *Kunming* 650500, *China*; 2. *Yunnan Provincial Key Laboratory for Traditional Chinese Medicine and Ethnic Drug of New Drug Creation*, *Kunming* 650500, *China*; 3. *Yunnan Baiyao Group Chinese Medicinal Resources Division*, *Kunming* 650500, *China*)

ABSTRACT: Objective　To establish a method to determine the quality of safflower yellow in different manufacturers by high performance liquid chromatography (HPLC) fingerprint chromatogram method, and perfect the quality evaluation system of safflower yellow extract. **Methods**　HPLC analysis was carried out on a C_{18} chromatographic column (250 mm×4.6 mm, 5 μm). The mobile phase consisted of acetonitrile-0.05% trifluoroacetic acid aqueous solution with gradient elution. The flow rate was set at 1.0 mL/min, column temperature at 30 ℃, detection wavelength at 266 nm, and injection volume at 10 μL. The 16 batches of safflower yellow extract were systematically classified and analyzed via similarity evaluation, cluster analysis and principal component analysis; meanwhile, the content of hydroxysafflor yellow A was determined. **Results**　The 11 common characteristic peaks were identified in safflower yellow extract, and 6 of these peaks were assigned. Cluster analysis and principal component analysis demonstrated distinct classification differences among samples from different manufacturers. Orthogonal partial least squares-discriminant analysis (OPLS-DA) screened out 5 major marker components with variable importance in the projection (VIP) values>1; these components exhibited significant fluctuations in products from different manufacturers and could serve as key quality indicators. In terms of hydroxysafflor yellow A content, the quality of commercially available safflower yellow extract was uneven, which might be attributed to the planting environment of raw materials, harvesting and processing techniques, as well as storage conditions. **Conclusion**　This study established a comprehensive quality evaluation system combining HPLC fingerprint analysis, chemometrics, and marker component quantification, which provides a scientific basis for refining the quality evaluation system and revising the quality standards of safflower yellow extract.

KEY WORDS: safflower yellow; fingerprint; chemometrics; hydroxysafflor yellow a; color valueunits

0　引　言

红花为菊科植物红花(*Carthamus tinctorius* L.)的干燥花[1], 主要的药效成分为黄酮类[2]、生物碱[3]和多糖[4]。其花瓣经水提取、精制可得到天然色素红花黄(safflower yellow, SY)[5]。SY 作为我国批准使用的食用天然色素之一, 也是红花的主要水溶性组分[6], 主要含有羟基红花黄色素 A (hydroxysafflor yellow A, HSYA)[7]、红花黄 A (SYA)[8]、红花黄 B (SYB)、红花黄 C (SYC)[9]、槲皮素、山柰酚、山柰酚-3-葡萄糖苷、槲皮素-3-葡萄糖苷、槲皮素-7-葡萄糖苷、山柰酚-3-芸香糖苷[10]等化学成分。其中, 主要活性成分 HSYA 为一种查耳酮苷类化合物, 是 SY 中总含量最高的组分[11]。

红花黄有抗血栓[12]、抗氧化[13]、抗肿瘤[14]、镇痛[15]、抗炎症[16]、保肝[17]等药理作用, 现行 GB 1886.61—2015《食品安全国家标准 食品添加剂红花黄》仅对产品的色泽、状态、色价、干燥减量、总砷、铅等指标作出规定, 除安全指标外, 仅有色价对其质量优劣能进行判断[18]。但色价采用紫外分光度法进行吸光度测定后折算出色价, 无明确的定量指标, 存在一定局限性, 难以全面判别红花黄的质量优劣。基于此, 本研究通过建立红花黄的高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)指纹图谱, 同步测定 HSYA 含量与色价, 并结合化学计量学分析方法探究不同厂家产品的质量差异, 明确质量差异标志物, 以期为红花黄的质量评价提供科学参考依据。

1　材　料

1.1　试剂与材料

实验用红花黄提取物分别购自全国各厂家, 具体来源见表 1; 羟基红花黄色素 A 对照品(批号: 111637-202412, 纯度 97.7%)、山柰酚-3-O-芸香糖苷对照品(批号: 112007-202304, 纯度 97.2%)、紫丁香苷对照品(批号: 111574-202106, 纯度 94.3%)(中国食品药品检定研究院); 红花炔苷(批号 080148-202404, 纯度 99.26%)、山柰酚-3-O-*β*-*D* 槐糖苷(批号: 190186-202406, 纯度 99.35%)、脱水红花黄色素 B(批号: 200159-202504, 纯度 90.00%)(森岚科技有限公司); 乙腈、甲醇(色谱纯, 默克股份两合公司); 三氟乙酸(分析纯, 上海阿拉丁生化科技股份有限公司); 纯净水由 Milli-Q 纯水系统制备。

1.2　仪器与设备

DIONEX Ultimate 3000 高效液相色谱仪[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; ME204/02 型十万分之一电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; SK-8200HP 型超声波清洗器(上海科导超声仪器有限公司); CAPCELL PAK

MGII C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm, 日本 OSAKA SODA 公司)。

表 1 红花黄样品来源

Table 1 Sources of safflower yellow samples

样品编号	来源	样品编号	来源
Y1	云南大理	Y9	陕西西安
Y2	云南昆明	Y10	陕西西安
Y3	广州广东	Y11	河南漯河
Y4	广东深圳	Y12	陕西西安
Y5	自制-1	Y13	陕西西安
Y6	自制-2	Y14	自制-4
Y7	自制-3	Y15	自制-5
Y8	云南昆明	Y16	云南丽江

1.3 指纹图谱

1.3.1 色谱条件

色谱柱: CAPCELL PAK MGII C_{18} (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相: 乙腈(A)-0.05%三氟乙酸溶液(B), 梯度洗脱(0~20 min, 10%~15% A; 20~25 min, 15%~17% A; 25~55 min, 17%~28% A; 55~65 min, 28%~42% A; 65~70 min, 42%~60% A); 流速为 1.0 mL/min; 检测波长为 266 nm, 柱温为 30 ℃, 进样量 10 μL。

1.3.2 对照品溶液的配制

分别取紫丁香苷、山柰酚-3-O-*β*-*D* 槐糖苷、山柰酚-3-O-芸香糖苷、脱水红花黄色素 B、红花炔苷适量, 精密称定, 加 25%甲醇制成每 1 mL 各含 25 μg 的混合对照品贮备溶液。另取羟基红花黄色素 A 适量, 精密称定, 加 25%甲醇制成每 1 mL 含羟基红花黄色素 A 0.8426 mg 的对照品贮备溶液。

1.3.3 供试品溶液的制备

取本品适量, 取 0.1 g, 加水 10 mL 使溶解, 用水饱合的正丁醇振摇提取 2 次, 每次 10 mL, 合并正丁醇液, 蒸干, 放冷, 残渣加 10%甲醇 20 mL, 超声处理(功率 250 W, 频率 40 kHz) 30 min, 放冷, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得[19]。

1.3.4 指纹图谱方法学考察

(1)精密度考察。精密称取本品(Y1)适量, 按 1.3.3 项下方法制备供试品溶液, 在 1.3.1 项色谱条件下连续进样测定 6 次, 以羟基红花黄色素 A (2 号峰)为参照峰, 计算得各成分共有峰相对保留时间相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)。

(2)重复性考察。精密称取本品(Y1)适量, 按 1.3.3 项下方法制备供试品溶液 6 份, 在 1.3.1 项色谱条件下分别测定 6 份样品的指纹图谱, 以羟基红花黄色素 A 为参照峰, 计算得各成分共有峰相对保留时间 RSD。

(3)稳定性考察。精密称取本品(Y1)适量, 按 1.3.3 项下方法制备供试品溶液, 在 1.3.1 项色谱条件下在制备后 0、2、4、6、16、24、48 h 进样分析, 测定样品的指纹图谱, 以羟基红花黄色素 A 为参照峰, 计算得各成分共有峰相对保留时间 RSD 值。

(4)样品测定取 Y1~Y16 批红花黄提取物样品, 见图 1。

1.4 羟基红花黄色素 A 含量测定

1.4.1 色谱条件

色谱柱 CAPCELL PAK MGII C_{18} (250 mm×4.6 mm, 5 μm), 流动相为甲醇-乙腈-0.7%磷酸溶液(26:2:72, *V*:*V*:*V*), 检测波长为 403 nm。流速 1 mL/min, 进样量 10 μL, 柱温 30 ℃, 对照品与供试品 Y1 的 HPLC 图见图 1。

1.4.2 供试品溶液的制备

取本品适量, 研细, 取约 0.1 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入 25%甲醇 50 mL, 密塞, 称定重量, 超声处理(功率 250 W, 频率 40 kHz) 20 min, 放冷, 再称定重量, 用 25%甲醇补足减失的重量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得供试品溶液。

1.4.3 线性关系考察

取 1.3.2 项下的羟基红花黄色素 A 对照片贮备液 0.1、0.5、1.0、2.0、3.0 mL 至 10 mL 量瓶中, 加 25%甲醇稀释

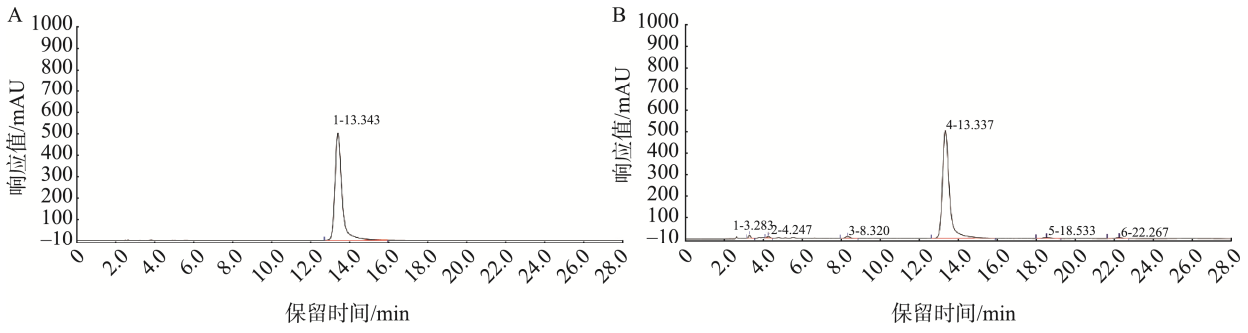


图 1 羟基红花黄色素 A (A)与供试品(B)的 HPLC 图

Fig.1 HPLC chromatograms of hydroxysafflor yellow A (A) and the test sample (B)

至刻度, 制成系列质量浓度的羟基红花黄色素 A 对照品溶液。分别按 1.3.1 项下色谱条件进样测定, 以对照品浓度为横坐标(X, μg/mL)、峰面积为纵坐标(Y)绘制标准曲线, 计算线性回归方程。

1.4.4　精密度试验

吸取 1.3.2 项下的对照品溶液, 按照 1.3.4 项下方法, 连续进样 6 次, 计算得羟基红花黄色素 A 峰面积的 RSD。

1.4.5　稳定性试验

取同一批次供试品(Y1)溶液, 按照 1.3.4 项下方法, 分别与制备后 0、2、4、8、12、24 h 进样测定。计算得到羟基红花黄色素 A 峰面积的 RSD。

1.4.6　重复性试验

取供试品(Y1) 6 份, 按照 1.3.3 项下方法分别制备供试品溶液。按照 1.3.4 项下方法进样分析, 计算得样品中羟基红花黄色素 A 含量。

1.4.7　加样回收率试验

精密称定已知含量的红花黄提取物 6 份, 每份 0.05 g, 分别精密加入羟基红花黄色素 A 贮备液(0.8426 mg/mL) 10 mL, 再加入 25%甲醇溶液 40 mL, 按照 1.3.3 项下方法分别制备供试品溶液。按照 1.3.4 项下方法进样分析, 测得峰面积, 计算回收率。

1.4.8　样品含量测定

取 Y1~Y16 批红花黄提取物样品, 精密称定, 按照 1.3.3 项下方法分别制备供试品溶液。按照 1.3.4 项下方法进样分析, 测得峰面积, 计算羟基红花黄色素 A 含量。同时按照 GB 1886.61—2015 测定 16 批样品色价。

1.5　数据处理

采用中药指纹图谱相似度评价系统(2012 版)建立 HPLC 指纹图谱, 采用 IBM SPSS 24.0 软件绘制, 采用 Simca 14.1 软件利用指纹图谱中的共有峰建立了正交偏最小二乘-判别分析(orthogonal partial leastsquares-discriminant analysis, OPLS-DA)识别模型, 采用 Spearman 相关分析羟基红花黄色素 A 含量与色价的关系。

2　结果与分析

2.1　指纹图谱的建立和相似度评价

指纹图谱方法建立结果显示, 以羟基红花黄色素 A (2 号峰)为参照峰, 计算得各成分共有峰相对保留时间和峰面积 RSD, 精密度相对保留时间 RSD 最大值 0.15%、相对峰面积 RSD 最大值 2.94%, 表明精密度良好。重复性结果相对保留时间 RSD 最大值 0.24%、相对峰面积 RSD 最大值 2.98%, 表明该方法重复性良好。稳定性结果相对保留时间最大值 0.30%、相对峰面积 RSD 最大值 2.76%, 表明供试品溶液在 48 h 内稳定性良好。

取 16 批的红花黄提取物, 按 1.3.3 项下方法制备供试品溶液, 分别在 1.4.1 项色谱条件下进行测定, 记录各样品指纹图谱, 并导出指纹图谱 CDF 格式, 将 16 批红花黄提取物指纹图谱 CDF 格式的数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统》(2.0 版)软件[20]中。以编号 S1 样品的指纹图谱为参照图, 时间窗宽度设置为 0.1 min, 采用中位数法进行多点校正和色谱峰匹配, 生成叠加图谱和对照图谱, 见图 2, 并进行相似度评价。根据对照品比对(图 3)确定 1 号峰为紫丁香苷, 2 号峰为羟基红花黄色素 A, 5 号峰为三柰酚-3-O-槐糖苷, 7 号峰为三柰酚-3-O-芸香糖苷, 9 号峰为脱水红花黄色素 B, 10 号峰为红花炔苷。16 批不同厂家样品相似度为 0.993、0.852、0.778、0.878、0.99、0.984、0.934、0.806、0.384、0.425、0.683、0.688、0.664、0.963、0.975、0.852, 各厂家红花黄提取物样品存在差异。

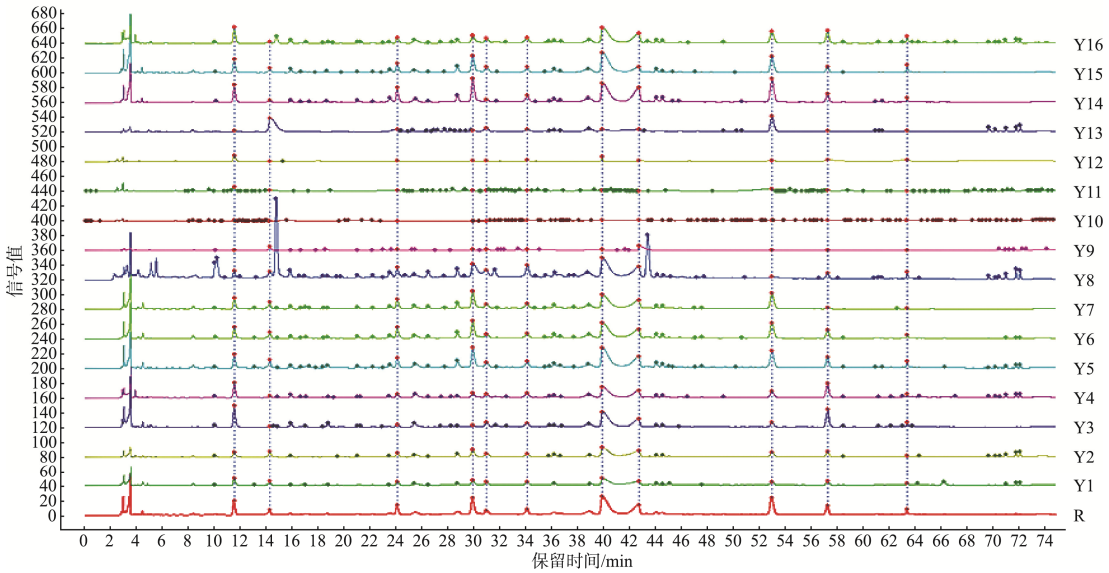
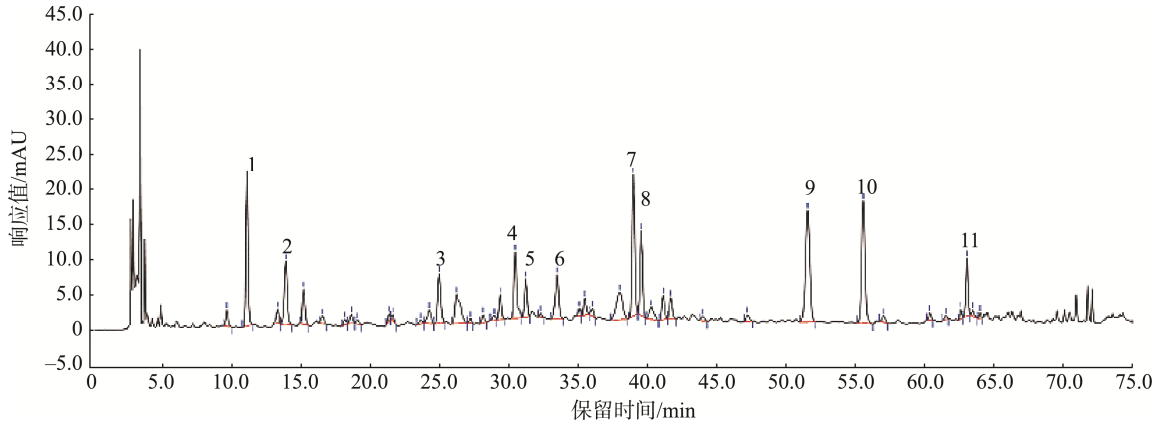


图 2　16 批红花黄提取物 HLPC 叠加图谱(Y1~Y16)及对照图谱(R)

Fig.2　HPLC overlaid chromatograms of 16 batches of carthamus yellow extracts (Y1-Y16) and the reference chromatogram (R)



注: 1. 紫丁香苷; 2. 羟基红花黄色素 A; 5. 山柰酚-3-O-槐糖苷; 7. 山柰酚-3-O-芸香糖苷; 9. 脱水红花黄色素 B; 10. 红花炔苷; 3、4、6、8、11 为未知物。

图 3 红花黄提取物供试品(Y1)的 HPLC 图

Fig.3 HPLC chromatogram of carthamus yellow extract test sample (Y1)

2.2 化学模式识别

2.2.1 聚类分析

将 16 批样品的 11 个共有峰峰面积进行整理, 缺失的峰面积以“0”计, 使用 Z-Score 法对数据进行预处理[21−22], 导入 IBM SPSS 24.0 软件, 采用 Z-Score 法对其进行标准化处理, 采用组间联接法对 16 批红花黄提取物进行系统聚类分析(样品-组间距作图)。结果见图 4。当组间距为 16~25 时, 16 批红花黄提取物被分为 2 类, 其中编号 Y9~Y13 的样品被聚为一类, 其他批次样品聚为一类。表明不同厂家的红花黄提取物化学成分之间存在一定差异。

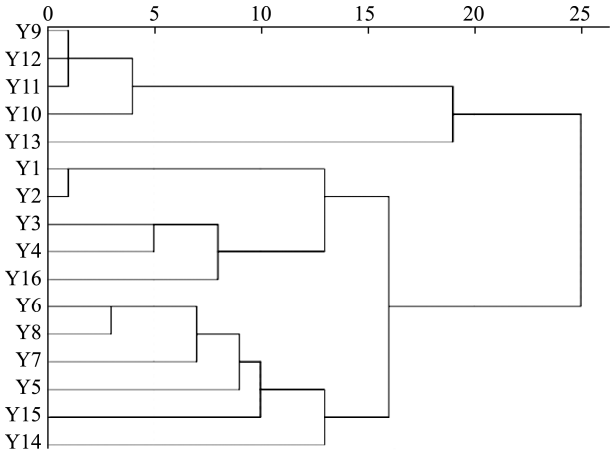


图 4 16 批红花黄提取物聚类分析树状图

Fig.4 Dendrogram of cluster analysis for 16 batches of carthamus yellow extracts

2.2.2 主成分分析

将 16 批样品的 11 个共有峰峰面积进行整理, 缺失的峰面积以“0”计, 使用 Z-Score 法对数据进行预处理, 导入 IBM SPSS 24.0 软件进行主成分分析, 筛选得到 2 个主成分, 其特征值分别为 7.426 和 1.861, 累计方差贡献率为 84.425%, 这 2 个主成分能够代表 11 组共有化学成分信息的 84.425%。将分析得到的主成分因子矩阵进行旋转, 得到 11 个共有峰在 2 个主成分因子中的旋转矩阵, 对主成分的影响呈正相关关系。见表 2, 结果显示, 主成分 1 的信息主要来自峰 1、峰 5~8、峰 10~11 等共 7 个共有峰的综合反映, 主成分 2 的信息主要来自峰 2~4, 峰 9 等共 4 个共有峰的综合反映。说明用本研究确认的 11 个共有峰指纹图谱评价红花黄提取物质量是可行的[23]。

表 2 旋转后的主成分因子矩阵

Table 2 Principal component factor matrix after rotation

共有峰信号	主成分 1	主成分 2
1	0.954	0.211
2	−0.403	0.699
3	0.491	0.802
4	0.452	0.797
5	0.710	0.499
6	0.811	0.564
7	0.752	0.534
8	0.752	0.548
9	0.300	0.905
10	0.945	−0.082
11	0.812	0.208

2.2.3 正交偏最小二乘判别分析

将 16 批红花黄提取物样品的 11 个共有峰峰面积导入 SIMCA 14.1 软件进行偏最小二乘法判别分析[24]。结果见图 5。根据模型中变量权重预测值(projection of variable importance, VIP)筛选出具有统计学意义的差异标志物, 在 0.95 的置信区间内, 选出 VIP>1.0 的色谱峰为差异标志物, 确定峰 11、峰 9(脱水红花黄色素 B)、峰 2(羟基红花黄色

素 A)、峰 7(山柰酚-3-O-芸香糖苷)、峰 5(山柰酚-3-O-槐糖苷)是影响红花黄提取物样品成分差异的主要标志性成分[25]。由于《中国药典》2025 年版一部“红花”和国家药品标准《红花配方颗粒》[19]均以羟基红花黄色素 A 为含量测定指标, 故选择羟基红花黄色素 A 作为质量差异成分对 16 批红花黄提取物进行含量测定。

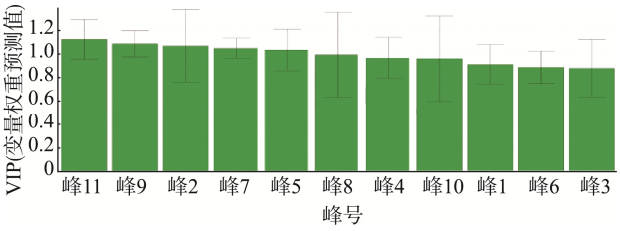


图 5　16 批红花黄提取物 HPLC 指纹图谱的 OPLS-DA VIP
Fig.5　OPLS-DA VIP of HPLC fingerprints of 16 batches of carthamus yellow extracts

2.3　羟基红花黄色素 A 含量测定

羟基红花黄色素 A 含量测定方法结果显示, 精密度 RSD 为 1.02%, 表明方法精密度良好。线性回归方程为: Y=20850X+32.962, r=0.9998, 表面羟基红花黄色素 A 在 8.4~842.6 μg/mL 浓度范围内线性关系良好。重复性结果 RSD 为 1.15%, 表明该方法重复性较好。24h 稳定性结果 RSD 为 1.34%, 表明此制备方法下的供试品中羟基红花黄色素 A 在 24 h 内稳定。加样回收率试验显示, 羟基红花黄色素 A 平均回收率为 97.73%, RSD 为 1.08%, 表面方法准确度可行。

从表 3 可以看出羟基红花黄色素 A 含量在 10%以上, 除第 16 批外, 色价均在 110 以上, 羟基红花黄色素 A 含量在 14%以上, 色价均在 160 以上, 总体来看, 色价与羟基红花黄色素 A 含量呈正相关。

表 3　16 批红花黄提取物的含量测定结果(n=2)
Table 3　Content determination results of 16 batches of safflower yellow extract (n=2)

样品序号	羟基红花黄色素 A 含量/%	色价
1	15.4	178.0
2	4.9	111.4
3	11.4	93.0
4	10.2	124.0
5	15.9	178.0
6	10.7	162.2
7	10.1	155.0
8	10.6	144.0
9	0.2	4.2
10	3.6	42.5
11	4.2	52.9
12	4.1	50.8
13	3.8	46.4
14	14.5	166.5
15	14.6	165.5
16	1.8	116.0

注: n=2 为平行制备 2 份供试品溶液, 每份供试品溶液在 HPLC 上进 2 针, 4 针的结果进行算平均值。

2.4　Spearman 相关分析

为了消除羟基红花黄色素 A 含量和色价原始数据量纲和数量级的影响, 采用 Z-Score 法对数据进行预处理。将主成分因子与其方差贡献率乘积之和相加[22], 计算 16 批红花黄提取物的综合评分, 结果见表 4。

结合表 4 中的羟基红花黄色素 A 与色价和指纹图谱相似度呈显著正相关, 综合评分结果看出, 不同厂家的红花黄提取物的综合评价不同, 存在一定差异。综合得分排名前 5 的红花黄提取物的羟基红花黄色素 A 和色价均高于其他, 表明红花黄提取物的质量较好。从中还可看出, 综合评分高的羟基红花黄色素 A 含量相对较高, 所以可以考虑羟基红花黄色素 A 含量可作为红花黄提取物质量控制的关键指标之一。

表 4　16 批红花黄提取物综合评分结果
Table 4　Comprehensive score results of 16 batches of carthamus yellow extracts

样品序号	综合评分	综合排名
1	1.267	1
2	–0.302	10
3	0.016	9
4	0.237	8
5	1.228	2
6	0.664	6
7	0.544	7
8	0.675	5
9	–1.756	16
10	–1.103	15
11	–0.951	12
12	–0.980	13
13	–1.048	14
14	1.003	3
15	1.001	4
16	–0.496	11

3　讨论与结论

本研究建立了红花黄提取物的指纹谱图, 并对指纹图谱进行方法学考察, 精密度、稳定性、重复性均良好: 利用 HPLC 结合对照品比对红花黄提取物中的 11 个共有峰进行了指认。进一步利用相似度评价、聚类分析、主成分分析等方法对 16 批不同的红花黄提取物进行分析, 结果显示不同厂家样品存在明显分类差异, OPLS-DA 筛选出 5

个 VIP>1 的主要标志性组分; 发现其在不同厂家产品中波动显著, 可作为关键质量指标。从羟基红花黄色素 A 含量来看, 市售红花黄提取物质量参差不齐, 可能与原料种植环境、采收加工工艺及储藏条件相关。

通过对红花黄提取物的指纹图谱和含测测定, 发现红花黄提取物的色价与主要成分羟基红花黄色素 A 含量呈正相关性。现行 GB 1886.61—2015 仅对产品进行定性规定, 仅凭外观特征和色价初步评价难以实现有效区分。随着食品安全监管体系的不断完善及全产业链质量管控要求的持续提升, 红花黄提取物仅依靠色价等传统定性指标, 已无法满足当前产业链核心质量控制的需求。后续可增加更多的样品, 并加大样本量进行统计分析, 以获得可靠的数据。

综上所述, 目前市售红花黄提取物的质量参差不齐, 这可能与原料药材的种植环境[26–28]、采收加工工艺[29]及提取物的储藏条件[30]等因素密切相关。本研究将指纹图谱、化学计量学分析与指标成分含量测定相结合, 构建了红花黄提取物关键质量属性的综合评价指标体系, 可为红花黄提取物质量评价体系的完善及相关标准的修订提供科学参考。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 2025 版 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2025.
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Vol.1 [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2025.

[2] 依明·尕哈甫, 周朝曦, 艾尼娃尔·艾克木, 等. 红花总黄酮的超声辅助天然低共熔溶剂提取工艺优化[J]. 包装与食品机械, 2025, 43(2): 50–55.
YIMING GHF, ZHOU CX, ANIWAER AIKEMU, *et al*. Optimization of ultrasound-assisted extraction technology for total flavonoids from carthami flos with natural deep eutectic solvents [J]. Packaging and Food Machinery, 2025, 43(2): 50–55.

[3] 方振峰, 简德乾, 熊诗波. 红花中总生物碱回流提取工艺优化[J]. 江汉大学学报(自然科学版), 2024, 52(4): 55–61.
FANG ZF, JIAN DQ, XIONG SB. Optimization of the reflux extraction process of total alkaloids from *Carthamus tinctorius* [J]. Journal of Jianghan University (Natural Science Edition), 2024, 52(4): 55–61.

[4] 袁洁, 王磊, 任丽君, 等. 红花多糖超声提取的条件优化及其红外光谱分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(2): 352–357.
YUAN J, WANG L, REN LJ, *et al*. Optimization of ultrasonic extraction of safflower polysaccharide and itsinfrared spectroscopy [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(2): 352–357.

[5] 刘嘉琪, 段昊, 闫文杰. 红花在我国保健食品中的应用[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(5): 134–143.
LIU JQ, DUAN H, YAN WJ. Application of safflower in health foods in China [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(5): 134–143.

[6] 张翅, 赵炳祥, 徐慧燕, 等. 红花黄色素纯化工艺研究及应用[J]. 中国食品添加剂, 2022(6): 88–91.
ZHANG C, ZHAO BX, XU HY, *et al*. Study on purification technology and application of safflower yellow pigment [J]. Chinese Food Additives, 2022(6): 88–91.

[7] 李阳, 焦扬, 牛洁. 红花中的黄酮类化学成分及其药理作用研究进展[J]. 环球中医药, 2024, 17(1): 137–143.
LI Y, JIAO Y, NIU J. Research progress on flavonoid chemical constituents and pharmacological effects of safflower [J]. Global Traditional Chinese Medicine, 2024, 17(1): 137–143.

[8] 张喜妹, 肖江鸿, 王玉, 等. 中药红花的化学成分及色素提取工艺研究进展[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(7): 1725–1740.
ZHANG XM, XIAO JH, WANG Y, *et al*. Research progress on chemical constituents and pigment extractionprocess of *Carthami flos* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2024, 49(7): 1725–1740.

[9] 杨宇, 黄兴琳, 江忠敏, 等. 中药红花化学成分与药理作用研究新进展[J]. 中华中医药学刊, 2023, 41(10): 120–125.
YANG Y, HUANG XL, JIANG ZM, *et al*. Research progress on chemical constituents and pharmacological effects of traditional Chinese medicine *Carthami Flos* [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2023, 41(10): 120–125.

[10] 周霞, 林娟, 陈铁柱, 等. UPLC 测定不同来源红花中的 5 种黄酮类成分[J]. 华西药学杂志, 2025, 40(1): 70–74.
ZHOU X, LIN J, CHEN TZ, *et al*. Determination of five flavonoids in safflower from different sources by UPLC [J]. West China Journal of Pharmaceutical Sciences, 2025, 40(1): 70–74.

[11] 万秋, 刘秀明, 杨文婷, 等. 红花黄色素研究概述[J]. 生命的化学, 2013(2): 54–58.
WAN Q, LIU XM, YANG WT, *et al*. Research overview of safflower yellow pigment [J]. Chemistry of Life, 2013(2): 54–58.

[12] 刁丽, 苏素文, 赵敏, 等. 红花黄色素抗血栓作用研究进展[J]. 海峡药学, 2017, 29(7): 124–127.
DIAO L, SU SW, ZHAO M, *et al*. Research progress on antithrombotic effect of safflower yellow pigment [J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2017, 29(7): 124–127.

[13] 张欢, 张立伟. 红花黄色素抗氧化活性研究[J]. 化学研究与应用, 2012, 24(5): 716–719.
ZHANG H, ZHANG LW. Study on antioxidant activity of safflower yellow pigment [J]. Chemical Research and Application, 2012, 24(5): 716–719.

[14] 郑烨韵, 周凤华. 红花黄色素抗肿瘤机制新进展[J]. 中药药理与临床, 2023, 39(7): 126–128.
ZHENG YY, ZHOU FH. New advances in antitumor mechanism of safflower yellow pigment [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2023, 39(7): 126–128.

[15] 黄正良, 高其铭, 崔祝梅. 红花黄色素镇痛, 抗炎症及镇静作用的研究[J]. 甘肃中医药大学学报, 1984, 1: 54–57.
HUANG ZL, GAO QM, CUI ZM. Studies on analgesic, anti-inflammatory and sedative effects of safflower yellow pigment [J]. Journal of Gansu University of Chinese Medicine, 1984, 1: 54–57.

[16] 赵洪双, 周康. 红花黄色素的药理作用及研究进展[J]. 农业开发与装备, 2014(6): 58–60.
ZHAO HS, ZHOU K. Pharmacological effects and research progress of

safflower yellow pigment [J]. Agricultural Development & Equipment, 2014(6): 58–60.

[17] 艾楠, 王馨晨, 刘星宇, 等. 羟基红花黄色素 A 保肝作用研究进展[J]. 现代药物与临床, 2025, 40(1): 229–233.
AI N, WANG XC, LIU XY, *et al*. Research progress on hepatoprotective effect of hydroxysafflor yellow A [J]. Drugs & Clinic, 2025, 40(1): 229–233.

[18] 张翅. 食品添加剂红花黄色素化学成分的HPLC-ESI-MS分析[J]. 中国食品添加剂, 2016(10): 176–180.
ZHANG C. HPLC-ESI-MS analysis of chemical constituents of safflower yellow as a food additive [J]. China Food Additives, 2016(10): 176–180.

[19] 国家药典委员会. 关于转发第七批20个中药配方颗粒国家药品标准的通 知 [EB/OL]. (2024-09-03) [2025-09-01]. https://www.chp.org.cn/#/newsDetail?id=5ed87fe3-ee15-4ae9-a2ec-9567497c2868
National Pharmacopoeia Commission. Notice on forwarding the 7th batch of national drug standards for 20 Chinese materia medica formula granules [EB/OL]. (2024-09-03) [2025-09-01]. https://www.chp.org.cn/#/newsDetail?id=5ed87fe3-ee15-4ae9-a2ec-9567497c2868

[20] 吴旭安, 李强, 刘申申, 等. 化学计量学结合指纹图谱评价养脾润肺膏的质量[J]. 中药材, 2025, 48(9): 2306–2311.
WU XAN, LI Q, LIU SS, *et al*. Quality evaluation of Yangpi Runfei Ointment by chemometrics combined with fingerprint [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2025, 48(9): 2306–2311.

[21] 王子晨, 谢佳颖, 李双良, 等. 基于 HPLC 指纹图谱结合化学计量学的地骨皮质量评价研究[J]. 中药材, 2025, 48(1): 158–162.
WANG ZC, XIE JY, LI SL, *et al*. Quality evaluation of *Lycium barbarum* L. based on HPLC fingerprint combined with chemometrics [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2025, 48(1): 158–162.

[22] 孙莹娜, 冯素香, 张浩杰, 等. 不同产地金花葵中 9 种核苷类成分的含量测定及质量评价[J]. 中药材, 2020, 43(1): 130–133.
SUN YN, FENG SX, ZHANG HJ, *et al*. Determination of 9 nucleoside components in *Abelmoschus manihot* from different habitats and their quality evaluation [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2020, 43(1): 130–133.

[23] 姜春凤, 孔雪, 周星宇, 等. 基于指纹图谱, 多成分含量测定及化学模式识别的柴胡郁金香颗粒质量评价方法研究[J]. 药物分析杂志, 2025, 45(2): 203–208.
JIANG CF, KONG X, ZHOU XY, *et al*. Research on quality evaluation method of Chaihu Yujinxiang granules based on fingerprint, multi-component determination and chemical pattern recognition [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2025, 45(2): 203–208.

[24] 刘天亮, 杨林林, 董诚明, 等. 基于化学模式识别的不同产地金银花HPLC 指纹图谱研究[J]. 中草药, 2022, 53(15): 4833–4842.
LIU TL, YANG LL, DONG CM, *et al*. Study on HPLC fingerprints of *Lonicerae Japonicae* Flos from different habitats based on chemical pattern recognition [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(15): 4833–4842.

[25] 李艳明, 王坤, 王小利, 等. 基于氨基酸指纹图谱及化学计量学的冬枣质量控制研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(21): 191–199.
LI YM, WANG K, WANG XL, *et al*. Quality control of *Ziziphus jujuba* Mill. *cv.* Dongzao based on amino acid fingerprint andchemometrics [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(21): 191–199.

[26] 刘燕, 于健东, 戴忠, 等. 红花注射液质量控制研究[J]. 药物分析杂志, 2010(9): 1732–1738.
LIU Y, YU JD, DAI Z, *et al*. Study on quality control of Honghua Injection [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2010(9): 1732–1738.

[27] 王沛琦, 胡尊红, 胡学礼, 等. 红花种质资源色价及主要产量性状的聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(5): 858–864.
WANG PQ, HU ZH, HU XL, *et al*. Cluster analysis on color value and main yield traits of safflower germplasm resources [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2018, 19(5): 858–864.

[28] 周保英. 播期对不同产地红花生理特性及品质形成的影响[D]. 新乡: 河南科技学院, 2023.
ZHOU BY. Effects of sowing dates on physiological characteristics and quality formation of safflower from different habitats [D]. Xinxiang: Henan Institute of Science and Technology, 2023.

[29] 胡喜巧, 杨文平, 陈红芝, 等. 采收时期和干燥方式对新乡红花品质的影响[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2021, 49(1): 19–23.
HU XQ, YANG WP, CHEN HZ, *et al*. Effects of harvest time and drying methods on quality of Xinxiang safflower [J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology: Natural Science Edition, 2021, 49(1): 19–23.

[30] 张珠. 注射用红花黄色素原料质量标准的制定[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2005.
ZHANG Z. Establishment of quality standard for safflor yellow injection raw material [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2005.

(责任编辑: 蔡世佳　韩晓红)