

中图分类号: R932; R284.6; R286.0 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2026)07-0085-05
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2026.07.015



不同产地红花药材质量评价*

王沛琦¹, 胡尊红¹, 杨博¹, 杨谨¹, 单奎², 段彦君³, 张文艳⁴, 陈西垚², 王硕⁵, 胡学礼^{1△}

(1. 云南省农业科学院经济作物研究所, 云南昆明 650205; 2. 大理州烟草公司南涧县分公司, 云南大理 671099; 3. 云南省大理白族自治州农业科学推广研究院药用植物及农业新技术研究所, 云南大理 671600; 4. 云南省南涧彝族自治县农业技术推广中心, 云南大理 671099; 5. 云南省保山市农业技术推广中心, 云南保山 678000)

摘要:目的 评价不同产地红花药材的质量。方法 采用高效液相色谱法测定药材样品中羟基红花黄色素 A、山柰酚含量, 采用紫外分光光度法测定样品中总黄酮含量, 采用原子吸收分光光度法测定样品中铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)、汞(Hg)、铜(Cu)含量, 采用气相色谱串联质谱法测定样品中 33 种禁用农药残留量, 采用主成分分析法分析上述 3 种活性成分的贡献度。结果 57 批红花药材样品中羟基红花黄色素 A、山柰酚、总黄酮的含量分别为 0.80%~2.60%、0.026%~0.239%、4.10%~10.05%。共提取了 2 个主成分, 累计方差贡献率为 88.20%, 载荷均较高的成分为羟基红花黄色素 A。仅产自云南省大理白族自治州巍山县牛街镇的样品中 Hg 元素超标 (>0.2 mg/kg)。抽检的 15 批样品中均未检出 33 种禁用农药。结论 不同产地红花药材中羟基红花黄色素 A、山柰酚、总黄酮的含量存在差异, 且整体重金属、有害元素及农药残留的安全风险均较低, 建立的方法可用于评价不同产地红花药材的质量。

关键词: 红花; 羟基红花黄色素 A; 山柰酚; 总黄酮; 重金属; 有害元素; 农药残留量; 质量评价

Quality Evaluation of Carthami Flos from Different Habitats

WANG Peiqi¹, HU Zunhong¹, YANG Bo¹, YANG Jin¹, SHAN Kui², DUAN Yanjun³, ZHANG Wenyan⁴, CHEN Xiyao², WANG Shuo⁵, HU Xueli^{1△}
(1. Industrial Crop Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming, Yunnan 650205, China; 2. Nanjian County Branch of Dali Tobacco Company, Dali, Yunnan 671099, China; 3. Institute of Medicinal Plants and New Agricultural Technology, Dali Academy of Agricultural Sciences Popularization, Dali, Yunnan 671600, China; 4. Nanjian Yi Autonomous County Agricultural Technology Extension Center, Dali, Yunnan 671099, China; 5. Baoshan Agricultural Technology Extension Center, Baoshan, Yunnan 678000, China)

Abstract: Objective To evaluate the quality of Carthami Flos from different habitats. **Methods** High-performance liquid chromatography (HPLC) method was used for the content determination of hydroxysafflower yellow A, and kaempferol in samples. UV spectrophotometry was used for the content determination of total flavonoids in samples. Atomic absorption spectrophotometry was used for the content determination of lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), mercury (Hg), and copper (Cu) in samples. Gas chromatography-tandem mass spectrometry was used to determine the residue of 33 banned pesticides in samples. Principal component analysis was used to analyze the contribution of hydroxysafflower yellow A, kaempferol, and total flavonoids. **Results** The contents of hydroxysafflower yellow A, kaempferol and total flavonoids in 57 batches of Carthami Flos samples were in the ranges of 0.80% - 2.60%, 0.026% - 0.239%, and 4.10% - 10.05%, respectively. Two principal components were extracted with a cumulative variance contribution rate of 88.20%. The component with high loadings was hydroxysafflower yellow A. The Hg content in samples only collected from Niujie Town, Weishan County, Dali Bai Autonomous Prefecture, Yunnan Province exceeded the standard requirements, and 33 kinds of prohibited pesticides were not detected in the 15 batches of samples. **Conclusion** The contents of hydroxysafflower yellow A, kaempferol and total flavonoids in Carthami Flos from different habitats were different, and the overall safety risks of heavy metals harmful elements, and pesticide residues are low. The established method can be used to evaluate the quality of Carthami Flos from different habitats.

Key words: Carthami Flos; hydroxysafflower yellow A; kaempferol; total flavonoids; heavy metals; harmful elements; pesticide residue levels; quality evaluation

中药材红花为菊科红花属植物红花 *Carthamus tinctorius* L. 的干燥花, 其栽培历史悠久, 全国各地均有分布^[1-2]。红花具有活血通经、散瘀止痛功效, 可用于治疗闭经、痛经、恶露不行、癥瘕痞块、跌扑损伤、胸痹心痛、瘀滞腹痛、胸胁刺痛、疮疡肿痛等症^[3]。目前, 已从红花中分离出 200 余种活性成分, 包括黄酮类^[4-5]、聚炔

类^[6]、木脂素类^[7]、生物碱类^[8]、醌式查尔酮苷类^[9]、有机酸类^[10]、亚精胺类、烷基二醇类^[11-12]。其中, 黄酮类化合物是红花的主要活性成分, 如羟基红花黄色素 A、山柰酚、芦丁等, 具有扩张冠脉、抗炎、抗氧化、抗肿瘤、保护心肌、降血压、抑制免疫等作用^[4]。目前, 红花相关研究主要为种质资源评价^[13]、栽培技术^[14]、化学成分

* 基金项目: 云南省科学技术厅科技计划项目[202304BI090020, 202402AA310008]; 云南省烟草公司大理州公司科技计划一般项目。

第一作者: 王沛琦, 女, 硕士研究生, 助理研究员, 研究方向为中药材红花的资源开发与利用, (电子信箱)954485835@qq.com。

△通信作者: 胡学礼, 男, 硕士研究生, 研究员, 研究方向为中药材红花的育种与栽培, (电子信箱)hxl426516@163.com。

分析等。故本研究中评价了不同产地红花药材的质量,建立了测定其中羟基红花黄色素A、山柰酚、总黄酮含量及重金属、有害元素、农药残留量的方法,并采用主成分分析(PCA)法筛选评价红花质量的特征成分,以期对红花药材的质量控制提供参考。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

LC-2030 Plus 型高效液相色谱(HPLC)仪,UV-2600 型紫外-可见分光光度(UV-Vis)计,均购自日本 Shimadzu 公司;BSA-224S-CW 型电子天平(德国 Sartorius 公司,精度为 0.1 mg);TG1850-WS 型高速离心机(上海卢湘仪离心机仪器有限公司);DZKW-C 型恒温水浴锅(巩义市京华仪器有限责任公司);DHG-9023A 型干燥烘箱(上海林频仪器股份有限公司);MJ-BL25B2 型研磨机(美的集团股份有限公司)。

1.2 试剂

羟基红花黄色素 A 对照品(批号为 111637-201810),山柰酚对照品(批号为 110861-202013),芦丁对照品(批号为 100080-202012),纯度均为 98%,均购自中国食品药品检定研究院;铅(Pb)元素标准品(批号 GSB04-1742-2004),砷(As)元素标准品(批号 GSB04-1714-2004),铜(Cu)元素标准品(批号 GSB04-1729-2004),镉(Cd)元素标准品(批号 GSB04-1721-2004),汞(Hg)元素标准品(批号 GSB04-1725-2004),均购自国家有色金属及电子材料分析测试中心;甲醇(批号为 1126907 101),乙腈(批号为 JA107530),均为色谱纯,均购自德国 Merck 公司;盐酸(重庆川东化工<集团>有限公司,批号为 20200901);磷酸(分析纯,批号为 191008),硝酸(优级纯,批号为 1120110),均购自国药集团化学试剂有限公司;水为实验室自制超纯水;57 批(编号为 H1-H57)红花药材样品信息见表 1,经云南省农业科学院经济作物研究所胡学礼研究员鉴定均为正品。

2 方法与结果

2.1 HPLC 法测定羟基红花黄色素 A 与山柰酚含量

2.1.1 色谱条件

色谱柱:Shimadzu Wonda Sil C₁₈柱(150 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相:甲醇-乙腈-0.7%磷酸溶液(26:2:72, V/V/V, 羟基红花黄色素 A),甲醇-0.4%磷酸溶液(52:48, V/V, 山柰酚);流速:1.0 mL/min;检测波长:403 nm(羟基红花黄色素 A),367 nm(山柰酚);柱温:30 °C;进样量:10 μL。

2.1.2 溶液制备

对照品溶液:取羟基红花黄色素 A 对照品适量,精密称定,用 25% 甲醇制成质量浓度为 0.13 mg/mL 的对照品溶液 I。取山柰酚对照品适量,精密称定,用甲

醇制成质量浓度为 9 μg/mL 的对照品溶液 II。

供试品溶液:取红花药材粉末(过 60 目筛)0.4 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入 25% 甲醇 50 mL,浸泡 1 h,称定质量,超声处理(功率为 300 W,频率为 50 kHz)40 min,放冷,再称定质量,用 25% 甲醇补足减失的质量,摇匀,过滤,取续滤液,即得供试品溶液 I。取红花药材粉末(过 60 目筛)0.5 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,精密加入甲醇 25 mL,浸泡 1 h,称定质量,加热回流 30 min,放冷,再称定质量,用甲醇补足减失的质量,摇匀,过滤,精密量取滤液 15 mL,置平底烧瓶中,加 50% 盐酸溶液 5 mL,摇匀,水浴加热 30 min,冷却,转移至 25 mL 容量瓶中,用甲醇定容,摇匀,过滤,取续滤液,即得供试品溶液 II。

2.1.3 方法学考察

线性关系考察:分别吸取 2.1.2 项下对照品溶液 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0 mL, 分别置 10 mL 容量瓶中,用 25% 甲醇定容,摇匀,即得系列质量浓度的线性溶液,按 2.1.1 项下色谱条件进样测定,以各成分质量浓度为横坐标(X, μg/mL)、峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归,得回归方程分别为 $Y_{\text{羟}} = 613.054 X_{\text{羟}} + 5.386$ ($R^2 = 0.9998, n = 7$), $Y_{\text{山}} = 1566.20 X_{\text{山}} - 298.16$ ($R^2 = 0.9997, n = 7$)。结果表明,羟基红花黄色素 A、山柰酚的质量浓度分别在 6.5~78.0 μg/mL、0.45~5.40 μg/mL 范围内与峰面积线性关系良好。

精密度试验:取同一批样品(编号为 H31)适量,精密称定,平行 6 份,按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液,按 2.1.1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果羟基红花黄色素 A、山柰酚峰面积的 RSD 分别为 0.57%, 0.62% ($n = 6$),表明仪器精密度良好。

稳定性试验:取同一批样品(编号为 H31)适量,精密称定,按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液,分别于室温放置 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 h 时按 2.1.1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果羟基红花黄色素 A、山柰酚峰面积的 RSD 分别为 1.04%, 1.52% ($n = 7$),表明供试品溶液室温放置 24 h 内稳定性良好。

重复性试验:取同一批样品(编号为 H31)适量,精密称定,平行 6 份,按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液,按 2.1.1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算样品中羟基红花黄色素 A、山柰酚的含量。结果羟基红花黄色素 A、山柰酚的平均含量分别为 6.13, 0.56 mg, RSD 分别为 0.88%, 1.02% ($n = 6$),表明方法重复性良好。

加样回收试验:取已知含量的样品(编号为 H31)粉末(过 60 目筛)0.50 g,精密称定,平行 6 份,按 100% 比例分别加入羟基红花黄色素 A、山柰酚对照品各适量,按 2.1.2 项下方法制备供试品溶液,按 2.1.1 项下色谱条件进样测定,记录峰面积,并计算回收率。结果见表 2,

表1 57批红花药材样品信息

Tab. 1 Information of 57 batches of Carthami Flos

编号	产地	海拔(m)	编号	产地	海拔(m)	编号	产地	海拔(m)
H1	云南省保山市昌宁县珠街镇	1310	H20	云南省大理白族自治州弥渡县德苴乡小黑村	1580	H39	云南省腾冲市蒲川乡布彦村	1516
H2	云南省保山市隆阳区蒲缥乡	1360	H21	云南省大理白族自治州南涧县南涧镇团山村	1600	H40	云南省腾冲市平达乡	1598
H3	云南省保山市隆阳区水寨乡洼子田村	1450	H22	云南省大理白族自治州漾濞县富恒乡	1650	H41	云南省昆明市寻甸县	1650
H4	云南省保山市龙陵县	1560	H23	云南省大理白族自治州南涧县乐秋乡东升村	1660	H42	云南省昆明市富民县	1750
H5	云南省保山市隆阳区板桥镇那家湾村	1675	H24	云南省大理白族自治州漾濞县瓦厂乡黑马村	1665	H43	云南省昆明市市区	1890
H6	云南省保山市隆阳区瓦房乡瓦房村	1800	H25	云南省大理白族自治州弥渡县红岩镇清水村	1680	H44	云南省普洱市景谷县	1500
H7	云南省保山市隆阳区瓦马乡瓦马村	1830	H26	云南省大理白族自治州巍山县牛街镇	1710	H45	云南省普洱市思茅区云仙乡黄竹林村	1530
H8	云南省保山市隆阳区瓦马乡汶上村	1850	H27	云南省大理白族自治州南华县沙桥镇	1820	H46	云南省普洱市镇沅县	1700
H9	云南省大理白族自治州漾濞县瓦厂乡瓦泥午村	1350	H28	云南省大理白族自治州漾濞县瓦厂乡瓦厂村	1865	H47	云南省临沧市镇康县凤尾镇凤尾村	1230
H10	云南省大理白族自治州南涧县南涧镇东涌村	1360	H29	云南省大理白族自治州南华县城	1875	H48	云南省临沧市永德县大山乡大山村	1360
H11	云南省大理白族自治州祥云县鹿鸣乡	1400	H30	云南省大理白族自治州洱源县牛街镇	1900	H49	云南省临沧市云县爱华镇	1560
H12	云南省大理白族自治州南涧县南涧镇四家村	1410	H31	云南省大理白族自治州南涧县乐秋乡麻栗村	1950	H50	云南省丽江市永胜县片角镇热河村	1200
H13	云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇白云村	1440	H32	云南省大理白族自治州南涧县南涧镇五柳村	1965	H51	云南省丽江永胜县程海镇	1550
H14	云南省大理白族自治州漾濞县瓦厂乡瓦厂村	1480	H33	云南省大理白族自治州弥渡县密祉乡	2000	H52	四川省简阳市	550
H15	云南省大理白族自治州鹤庆县龙开口镇后山村	1490	H34	云南省大理白族自治州南涧县小湾东镇新龙村	2200	H53	四川省绵阳市平川县锣乐村	900
H16	云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇苴力村	1500	H35	云南省腾冲市蒲川乡依彩村	1190	H54	新疆维吾尔自治区伊宁市伊犁州农科所	620
H17	云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇水田村	1530	H36	云南省腾冲市团田乡燕寺村	1368	H55	新疆维吾尔自治区伊宁市奶牛场七连	650
H18	云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇先锋村	1550	H37	云南省腾冲市蒲川乡布彦村	1360	H56	新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州察布查尔锡伯自治县海努克乡	700
H19	云南省大理白族自治州南涧县南涧镇	1565	H38	云南省腾冲市蒲川乡依彩村	1400	H57	新疆维吾尔自治区伊犁哈萨克自治州霍城县	750

表2 加样回收试验结果(n=6)

Tab. 2 Results of the recovery test (n=6)

成分	样品含量(mg)	加入量(mg)	测得量(mg)	回收率(%)	\bar{X} (%)	RSD(%)
羟基红花	6.1912	6.0	12.1907	99.99	100.23	1.07
	6.1862	6.0	12.2195	100.56		
	6.1961	6.0	12.2083	100.20		
	6.1936	6.0	12.3201	102.11		
	6.1973	6.0	12.1712	99.57		
山柰酚	6.1899	6.0	12.1264	98.94	99.46	1.35
	0.5633	0.5	1.0695	101.24		
	0.5628	0.5	1.0531	98.06		
	0.5637	0.5	1.0687	101.00		
	0.5635	0.5	1.0554	98.38		
0.5639	0.5	1.0589	99.00			
0.5632	0.5	1.0586	99.08			

表明方法准确度良好。

2.1.4 样品含量测定

取57批样品(编号为H1-H57)各适量,精密称定,分别按2.1.2项下方法制备供试品溶液,按2.1.1项下色谱条件进样测定,记录峰面积,按外标法计算含量。结果不同产地红花药材样品中羟基红花黄色素A、山柰酚的含量存在差异,其中羟基红花黄色素A、山柰酚含量最高的样品分别为H17(云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇水田村)、H34(云南省大理白族自治州南涧县小湾东镇新龙村)。详见表3。2020年版《中国药典(一

部)》规定^[3],红花含羟基红花黄色素A、山柰酚分别不得少于1.0%,0.050%,可见,除样品H6(云南省保山市隆阳区瓦房乡瓦房村)和样品H8(云南省保山市隆阳区瓦马乡汶上村)外,其余样品均符合要求。

2.2 UV-Vis法测定总黄酮含量^[15]

2.2.1 溶液制备

对照品溶液:取芦丁对照品适量,精密称定,置10 mL容量瓶中,加50%甲醇溶解并定容,摇匀,即得质量浓度为0.5 mg/mL的对照品溶液。

供试品溶液:取红花药材粉末(过60目筛)200 mg,精密称定,加50%甲醇10 mL,60℃超声提取1.5 h,再离心(3 000 r/min)30 min,取上清液,0.45 μm微孔滤膜过滤,收集初滤液。精密吸取初滤液0.2 mL,置10 mL容量瓶中,加50%甲醇定容,摇匀,即得。

2.2.2 线性关系考察

分别精密量取2.2.1项下对照品溶液0.1,0.3,0.5,0.7,0.9,1.2 mL,分别置10 mL容量瓶中,加50%甲醇定容,摇匀,即得系列质量浓度的线性溶液,以50%甲醇为空白对照,于265.8 nm波长处测定各溶液的吸光度,以芦丁质量浓度为横坐标(X, mg/mL)、吸光度为纵坐标(Y)进行线性回归,得回归方程 $Y_{芦} = 31.6500 X_{芦} + 0.0151$ ($R^2 = 0.9997, n = 6$)。结果表明,芦丁的质量浓度在5.0~60.0 μg/mL范围内与吸光度线性关系良好。

2.2.3 样品含量测定

以50%甲醇为空白溶液,于265.8 nm波长处测定

表3 红花药材样品含量测定结果(%)

Tab. 3 Results of the content determination of hydroxysafflor yellow A, kaempferol and total flavonoids in Carthami Flos samples (%)

编号	羟基红花黄色素A	山柰酚	总黄酮	编号	羟基红花黄色素A	山柰酚	总黄酮	编号	羟基红花黄色素A	山柰酚	总黄酮
H1	2.50	0.063	7.90	H20	2.30	0.087	8.46	H39	2.30	0.066	7.90
H2	2.20	0.067	7.70	H21	2.10	0.090	6.96	H40	1.90	0.050	7.49
H3	2.30	0.062	7.50	H22	2.40	0.067	7.60	H41	2.40	0.070	8.00
H4	2.10	0.066	8.50	H23	2.00	0.068	7.01	H42	2.30	0.069	7.60
H5	2.20	0.079	8.10	H24	2.40	0.070	6.80	H43	2.40	0.072	7.70
H6	0.90	0.026	4.10	H25	2.00	0.066	8.40	H44	2.20	0.083	7.70
H7	2.10	0.151	9.37	H26	2.30	0.072	7.57	H45	2.10	0.075	8.59
H8	0.80	0.095	5.20	H27	2.40	0.061	8.60	H46	2.50	0.066	7.40
H9	2.20	0.067	7.00	H28	1.80	0.056	7.90	H47	2.20	0.061	7.90
H10	2.20	0.078	6.74	H29	2.20	0.084	8.50	H48	2.30	0.067	7.60
H11	2.30	0.066	7.70	H30	2.00	0.062	8.70	H49	2.00	0.063	8.40
H12	2.20	0.064	9.36	H31	2.30	0.077	7.00	H50	2.00	0.065	7.15
H13	2.30	0.067	8.12	H32	2.50	0.076	8.50	H51	2.30	0.077	7.00
H14	2.10	0.063	7.60	H33	2.50	0.073	8.10	H52	2.00	0.068	7.99
H15	2.20	0.058	7.80	H34	2.40	0.239	10.05	H53	1.70	0.054	8.28
H16	2.20	0.070	7.10	H35	2.00	0.050	7.70	H54	1.80	0.081	7.30
H17	2.60	0.086	9.36	H36	1.70	0.146	8.54	H55	1.90	0.083	7.20
H18	2.20	0.065	7.60	H37	1.90	0.055	7.78	H56	1.80	0.058	6.82
H19	2.20	0.064	9.36	H38	2.30	0.084	7.90	H57	2.20	0.053	7.50

供试品溶液的吸光度,根据2.2.2项下线性回归方程计算供试品溶液中芦丁质量浓度(mg/mL),再按如下公式计算样品中总黄酮含量。总黄酮含量(%) = $[(C \times V_1 \times V_2) / (M \times (1 - S) \times 1000 \times V_{\text{样}})] \times 100\%$ 。式中,C为芦丁质量浓度;V₁为初滤液定容体积;V₂为样品提取定容体积;M为称样量;S为测得样品含水量,V_样为吸取样品体积。结果不同产地红花样品中总黄酮含量存在差异,含量最高样品(编号为H34)中总黄酮含量是含量最低样品(编号为H6)的2.45倍。详见表3。

2.3 重金属、有害元素与禁用农药残留量测定

参照2020年版《中国药典(四部)》通则2321 Pb, Cd, AS, Hg, Cu测定法^{[16]234-236},采用原子吸收分光光度法测定样品中重金属(Pb, Cd, Hg, Cu)及有害元素(As)含量。参照2020年版《中国药典(四部)》通则2341 农药残留量测定法^{[16]275-279},采用气相色谱串联质谱(GC-MS/MS)法,测定样品中33种禁用农药含量。2020年版《中国药典(四部)》9302 中药有害残留物限量制定指导原则^{[16]522}规定,药材及饮片(植物类)中Pb ≤ 5.0 mg/kg, Cd ≤ 1.0 mg/kg, As ≤ 2.0 mg/kg, Hg ≤ 0.2 mg/kg, Cu ≤ 20.0 mg/kg。选取15批(编号分别为H1, H2, H9, H15, H20, H23, H26, H31, H37, H45, H48, H49, H50, H53, H56)具有代表性的样品,委托云南天正检测技术有限公司完成检测。结果15批样品中均未检出33种禁用农药;除样品H26(云南省大理白族自治州巍山县牛街镇)中Hg元素含量超标(>0.2 mg/kg)外,其余14批样品的重

表4 样品中重金属、有害元素含量与33种禁用农药残留量测定结果(mg/kg)

Tab. 4 Results of the content determination of heavy metal, harmful element and prohibited pesticide residue in samples (mg/kg)

编号	Pb	Cd	As	Hg	Cu	33种禁用农药	编号	Pb	Cd	As	Hg	Cu	33种禁用农药
H1	0.136	0.071	0.095	-	7.908	-	H37	0.747	0.184	-	-	12.099	-
H2	0.348	0.183	0.089	-	12.344	-	H45	0.184	0.054	0.091	-	3.781	-
H9	0.240	0.142	0.076	-	9.491	-	H48	-	0.049	-	-	10.632	-
H15	0.380	0.115	0.151	-	10.823	-	H49	1.752	0.162	0.271	-	7.855	-
H20	0.228	0.096	0.128	-	9.539	-	H50	0.630	0.111	0.213	-	10.370	-
H23	0.307	0.136	0.128	-	11.022	-	H53	-	0.292	-	0.195	13.845	-
H26	0.172	0.083	0.255	0.396	11.106	-	H56	0.326	0.030	0.446	-	10.153	-
H31	0.464	0.084	0.211	-	9.531	-							

注:- 为未检出。

Note: - refers to not detected.

金属及有害元素含量均符合2020年版《中国药典(四部)》标准^{[18]522}。详见表4。

2.4 PCA 评价质量

将检出的3种活性成分的含量测定结果导入SPSS 27.0统计学软件进行PCA。共提取出2个主成分,累计方差贡献率达88.20%。其中,第1主成分的贡献率为58.50%,载荷较高的成分为总黄酮(特征向量值为0.90)和羟基红花黄色素A(特征向量值为0.75),表明该主成分主要与总黄酮及羟基红花黄色素A含量相关,且二者均呈高度正相关;第2主成分的方差贡献率为

29.70%, 载荷较高的为山柰酚(特征向量值为0.75)和羟基红花黄色素A(特征向量值为-0.58), 表明该主成分主要与山柰酚和羟基红花黄色素A相关, 其中山柰酚呈高度正相关, 羟基红花黄色素A呈高度负相关。故可认为羟基红花黄色素A是评价红花药材品质的主要特征成分, 总黄酮、山柰酚次之。详见表5。

表5 红花药材样品中3个成分的主成分分析结果

Tab. 5 Results of the principal component analysis of three components in *Carthami Flos* samples

指标	主成分	
	第1主成分	第2主成分
羟基红花黄色素A	0.75	-0.58
山柰酚	0.62	0.75
总黄酮	0.90	-0.04
特征值	1.76	0.89
方差贡献率	58.50	29.70
累计方差贡献率	58.50	88.20

3 讨论

产地差异是影响中药材品质的重要因素之一^[17]。红花作为栽培历史悠久的药食同源植物资源, 富含多种活性成分, 其中羟基红花黄色素A、山柰酚及总黄酮为其主要活性成分。已有研究表明, 不同产地红花药材中羟基红花黄色素A、山柰酚、总黄酮等成分含量存在较大差异^[18]。2020年版《中国药典(一部)》将羟基红花黄色素A和山柰酚列为评价红花药材质量的指标性成分^[19]。本研究中测定了不同产地的红花药材样品中上述3种成分的含量, 结果不同产地红花药材中羟基红花黄色素A、山柰酚、总黄酮含量均存在明显差异, 其含量范围分别为0.80%~2.60%, 0.026%~0.239%, 4.10%~10.05%。从产地分布来看, 羟基红花黄色素A含量以云南省大理白族自治州弥渡县苴力镇田水村最高(编号为H17); 山柰酚、总黄酮含量均以云南省大理白族自治州南涧县小湾东镇新龙村最高(编号为H34)。上述差异可能与不同地区的土壤、光照、降水、气候等环境因素及采收习惯不同有关^[20]。

近年来, 中药材重金属超标及农药残留问题日益受到关注。本研究中在57批红花药材样品中选取了15个代表性产地的样品, 分别对其中Pb, Cd, As, Hg, Cu 5种元素含量及33种禁用农药残留量进行测定。结果不同产地红花药材中重金属、有害元素含量差异较大, 其中产自云南省大理白族自治州巍山县牛街镇的样品(编号为H26)Hg含量超出2020年版《中国药典(四部)》限值^[18]522, 其余样品中Pb, Cd, AS, Hg, Cu含量均符合相关规定; 且15批样品中均未检出33种禁用农药。

综上所述, 不同产地红花药材中羟基红花黄色素A、山柰酚、总黄酮的含量存在差异, 且整体重金属、有害元素及农药残留的安全风险均较低。本研究中所建立的质量评价方法可用于评价不同产地红花药材的质

量, 为其质量研究提供参考。但本研究中尚未对不同海拔的红花药材含量测定结果进行分析, 且仅选取15个代表性产地的样品进行重金属、有害元素及农药残留量测定, 后续研究将针对上述局限性进一步开展研究。

参考文献

- [1] 任超翔, 吴沂芸, 唐小慧, 等. 红花的起源与产地变迁[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(11): 2219-2222.
- [2] 林寒, 李刚, 刘虹, 等. 中国红花种质资源的种类与分布[J]. 生物资源, 2018, 40(4): 314-320.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 159-160.
- [4] LI F, HE ZS, YE Y. Flavonoids from *Carthamus tinctorius* [J]. Chinese J Chem, 2002, 20(7): 699-702.
- [5] 刘宁, 刘媛, 潘蕾, 等. 红花的研究进展[J]. 中国医药导刊, 2017, 19(5): 527.
- [6] 刘世军, 唐志书, 崔春利, 等. 中药红花化学成分的研究进展[J]. 河南中医, 2017, 37(1): 168-171.
- [7] SAKAMURA S, TERAYAMA Y, KAWAKATSU S, et al. Conjugated serotonin and phenolic constituents in saf flower seed (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. Agric Biol Chem, 1980, 44(12): 2951-2954.
- [8] 扈晓佳, 殷莎, 袁婷婷, 等. 红花的化学成分及其药理活性研究进展[J]. 药学实践杂志, 2013, 31(3): 161-168.
- [9] 何贝轩, 薛英茹, 涂燕华, 等. CtCHS4 响应茉莉酸甲酯诱导促进了红花醌式查尔酮类化合物的积累[J]. 药学报, 2018, 53(4): 636-645.
- [10] JACQUES R. Isotopic multiplets in the carbon-13 NMR spectra of aniline derivatives and nucleosides with partially deuterated amino groups: effect of intra- and intermolecular hydrogen bonding[J]. J Am Chem Soc, 1987, 109(2): 316-321.
- [11] 李馨蕊, 刘娟, 彭成, 等. 红花化学成分及药理活性研究进展[J]. 成都中医药大学学报, 2021, 44(1): 102-112.
- [12] 孔令瑞, 曹晚霞. 红花的化学成分及其药理活性研究进展[J]. 知识库, 2017(23): 195.
- [13] 毋玲玲, 宿翠翠, 魏玉杰. 甘肃地方红花种质资源主要经济性状综合评价[J]. 中国现代中药, 2022, 24(1): 106-114.
- [14] 王沛琦, 胡尊红, 刘旭云, 等. 不同密度、肥料和品种对红花主要农艺性状及品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2023(3): 169-178.
- [15] 邢晓轲, 黄斐. 紫外分光光度法测定新疆红花中总黄酮含量[J]. 长沙航空职业技术学院学报, 2015, 15(3): 56-59.
- [16] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(四部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [17] 谢明霞, 朱正清, 陈思, 等. 不同产地甘草中核苷和碱基类成分分析与评价[J]. 天然产物研究与开发, 2024, 36(1): 78-85.
- [18] 郭继娜, 刘圣红. 不同产地红花主要成分比较研究[J]. 特产研究, 2022, 44(4): 116-120.
- [19] 曹婷婷. 红花药材质量评价及其生产规范研究[D]. 北京: 北京协和医学院, 2019.
- [20] 孙宇宏, 肖功胜, 孙宝平, 等. 新疆红花药用资源调研及质量品质评价[J]. 中国药业, 2019, 28(9): 13-17.

(收稿日期: 2024-10-21; 修回日期: 2025-12-31)