

不同产地新疆沙旋覆花药材的质量控制研究[△]

赵婷婷*,郭君婷,蔡晓翠,叶斯木·塔拉甫别克,刘桂花[#](新疆维吾尔自治区药物研究院新疆维吾尔药重点实验室,乌鲁木齐 830011)

中图分类号 R917 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2026)12-1567-06
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2026.12.08



摘要 **目的** 控制不同产地新疆沙旋覆花药材的质量。**方法** 采用常规形态学、显微观察对药材进行性状鉴别及显微鉴别;采用薄层色谱法鉴别药材中的绿原酸;参照2025年版《中国药典》(四部)通则检测药材中水分、总灰分、酸不溶性灰分及浸出物含量;采用高效液相色谱法测定绿原酸、异槲皮苷、槲皮素含量。以水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物及绿原酸、异槲皮苷、槲皮素含量为评价指标,采用熵权-逼近理想解排序(TOPSIS)法综合评价18批药材的质量。**结果** 新疆沙旋覆花性状、显微特征明显,绿原酸的薄层色谱鉴别结果清晰;水分含量为6.20%~7.23%,总灰分含量为12.27%~15.80%,酸不溶性灰分含量为1.89%~2.57%,浸出物含量为21.24%~28.09%;绿原酸、异槲皮苷和槲皮素的含量分别为0.198 5~2.335 0、0.014 5~0.402 8、0.016 5~0.578 7 mg/g。18批样品的综合贴度为0.106~0.673。**结论** 所建质量控制方法稳定、可靠,可用于控制新疆沙旋覆花的质量;不同产地药材质量存在明显差异。
关键词 新疆沙旋覆花;薄层色谱鉴别;显微鉴别;含量测定;熵权-TOPSIS法

Study on quality control of *Inula salsoloides* from different producing areas in Xinjiang

ZHAO Tingting, GUO Juntao, CAI Xiaocui, Yesem Talpbek, LIU Guihua (Xinjiang Key Laboratory of Uyghur Medicine, Xinjiang Institute of Materia Medica, Urumqi 830011, China)

ABSTRACT **OBJECTIVE** To control the quality of *Inula salsoloides* from different producing areas in Xinjiang. **METHODS** The macroscopic and microscopic identification of medicinal materials was performed using conventional morphological and microscopic observation methods. Thin-layer chromatography (TLC) was applied for the qualitative identification of chlorogenic acid in the medicinal materials. In accordance with the General Principles in Volume IV of the 2025 edition of the *Chinese Pharmacopoeia*, the contents of water, total ash, acid-insoluble ash, and extractives of the samples were determined. High-performance liquid chromatography was used to measure the contents of chlorogenic acid, isoquercitrin, and quercetin. Taking water, total ash, acid-insoluble ash, extractives, and the contents of chlorogenic acid, isoquercitrin, and quercetin as evaluation indices, the entropy weight-TOPSIS method was adopted to comprehensively evaluate the quality of 18 batches of samples. **RESULTS** *I. salsoloides* from Xinjiang exhibited distinct macroscopic and microscopic characteristics, and the qualitative TLC identification results for chlorogenic acid were clear and reliable. The water content ranged from 6.20% to 7.23%, the total ash content from 12.27% to 15.80%, the acid-insoluble ash content from 1.89% to 2.57%, and the extractive contents from 21.24% to 28.09%. The contents of chlorogenic acid, isoquercitrin, and quercetin were 0.198 5 to 2.335 0 mg/g, 0.014 5 to 0.402 8 mg/g, and 0.016 5 to 0.578 7 mg/g, respectively. The comprehensive closeness degrees of 18 batches of samples were 0.106 to 0.673. **CONCLUSIONS** The established quality control method is stable and reliable, which can be applied to the quality control of *I. salsoloides*, there are significant differences in the quality of medicinal materials from different producing areas. **KEYWORDS** *Inula salsoloides* from Xinjiang; thin-layer chromatography identification; microscopic identification; content determination; entropy weight-TOPSIS method

新疆沙旋覆花为菊科旋覆花属植物沙旋覆花 *Inula salsoloides* (Turcz.) Oenb. 的全草,又名黄花蒿、蓼子朴,

△ 基金项目 新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目 (No. 2023D01A119);新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目 (No. KY2025080)

*** 第一作者** 高级实验师,硕士。研究方向:抗肿瘤、抗炎与免疫药物药理。E-mail: 852641178@qq.com

通信作者 研究员,硕士。研究方向:中药民族药新药研发与作用机制。E-mail: 19426059@qq.com

在新疆各地均有分布^[1],其野生资源较丰富,民间常用作抗肿瘤药^[2-3]。近年来,已有研究证实,新疆沙旋覆花的全草富含倍半萜内酯、黄酮类、三萜、挥发油等多种活性成分^[2-5],且具有显著的抗肿瘤药理活性^[6-7]。本课题组前期从新疆沙旋覆花中分离得到18个单体化合物,并发现新疆沙旋覆花相关提取物及组分对多种肿瘤细胞具有显著的抑制作用,且部分组分还可通过诱导细胞裂亡和凋亡发挥抗食管癌活性^[6-7]。

尽管新疆沙旋覆花的研究已积累了一定的化学成分和药效学数据,但其在《中国药典》中尚无专属质量标准,仅《中国中药资源大典》对其基原与性状有简单记述,缺乏显微鉴别、薄层色谱鉴别、水分、灰分及有效成分含量测定等核心质控项目。虽然有学者建立了沙旋覆花中绿原酸的含量测定方法^[8],但单一指标难以全面评价药材质量。同时,现有文献也尚未针对不同产地新疆沙旋覆花的物质基础差异开展系统的质控研究,目前尚无统一的限量控制指标与评价规范,难以有效解决药材基原混淆、品质参差不齐等问题。

针对上述不足,本研究以不同产地新疆沙旋覆花为研究对象,采用常规形态学、显微观察及薄层色谱法进行性状鉴别、显微鉴别与薄层色谱鉴别;参照2025年版《中国药典》(四部)通则测定水分、总灰分、酸不溶性灰分及浸出物含量;采用高效液相色谱(HPLC)法检测绿原酸、异槲皮苷、槲皮素的含量;运用熵权结合逼近理想解排序(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)法对不同产地新疆沙旋覆花进行质量综合评价,旨在为其质量控制提供参考。

1 材料

1.1 主要仪器

本研究所用主要仪器包括 Thermo U3000 型 HPLC 仪(美国 Thermo Fisher Scientific 公司),AB135-S 型电子分析天平(瑞士 Mettler Toledo 公司,感量 0.01 mg),FA2004N 型电子天平(常熟市天量仪器有限责任公司,感量 0.1 mg),101 型电热鼓风干燥箱、SXZ-4-10 型马弗炉(北京市永光明医疗仪器有限公司)。

1.2 药品与试剂

对照品:槲皮素(批号 100081-200907,纯度 96.5%)、绿原酸(批号 110753-202119,纯度 96.3%)均购于中国食品药品检定研究院;异槲皮苷(批号 X29O11Y128970,纯度≥98%)购于上海源叶生物科技有限公司。乙腈为色谱纯,其余试剂均为分析纯,水为纯净水。

1.3 药材

18 批新疆沙旋覆花药材由新疆维吾尔自治区药物研究院王果平研究员鉴定为菊科旋覆花属植物沙旋覆花 *I. salsoloides* (Turcz.) Ostenf. 的全草。沙旋覆花标本保存于新疆维吾尔自治区药物研究院。药材来源信息见表 1。

表 1 18 批新疆沙旋覆花药材来源信息

编号	产地	采集时间	编号	产地	采集时间
S1	乌鲁木齐市达坂城区	2024 年 8 月	S10	哈密市南部戈壁	2024 年 7 月
S2	乌鲁木齐市乌鲁木齐县	2024 年 8 月	S11	吐鲁番市托克逊县	2024 年 7 月
S3	乌鲁木齐市米东区	2024 年 8 月	S12	吐鲁番市鄯善县	2024 年 7 月
S4	昌吉州玛纳斯县	2024 年 8 月	S13	巴州和静县	2024 年 8 月
S5	昌吉州呼图壁县	2024 年 8 月	S14	巴州焉耆县	2024 年 8 月
S6	阿勒泰地区布尔津县	2024 年 9 月	S15	和田地区和田县	2024 年 8 月
S7	阿勒泰地区福海县	2024 年 9 月	S16	和田地区于田县	2024 年 8 月
S8	博州精河县	2024 年 9 月	S17	喀什地区莎车县	2024 年 8 月
S9	哈密市伊州区	2024 年 7 月	S18	喀什地区泽普县	2024 年 8 月

注:S1~S8来自北疆地区;S9~S12来自东疆地区;S13~S18来自南疆地区。

2 方法与结果

2.1 性状鉴别

本品整体呈多分枝状,根茎短,表面粗糙,具纵纹。茎细弱,直径较细(0.1~0.3 cm),多分枝,分枝角度开张,表面有细密纹理及小突起、呈浅褐色、质脆易断;叶细小,呈鳞片状或狭细形,稀疏分布,长 1~2 cm,宽度不足 0.2 cm,干燥蜷缩、质脆,部分脱落;花为头状花序,顶生枝梢、直径 0.5~1 cm,黄白色,花冠皱缩,花萼有小刺状结构;气微,味淡。结果见图 1。

2.2 显微鉴别

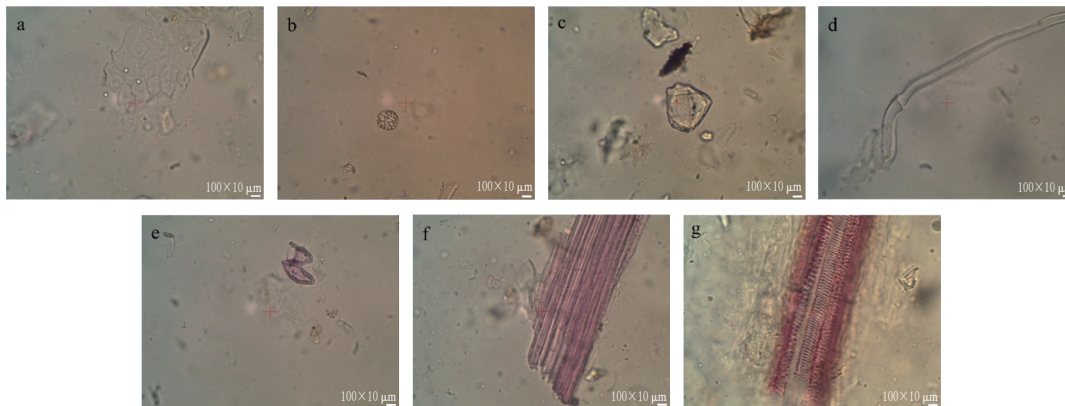
取药材约 0.1 g,过 100 目筛,置于载玻片中央,加 1~2 滴水合氯醛溶液透化,盖上盖玻片,于显微镜下观察。结果(图 2)显示,本品粉末呈淡绿色,可见不规则形叶表皮细胞,其气孔类型为不定式;花粉粒类球形,表面具细密的刺状纹饰,直径 25~35 μm;方晶半透明,直径 10~20 μm,棱角分明;非腺毛细长,形稍弯曲,直径 8~12 μm;导管主要为具缘纹孔导管,少量为螺纹导管;石细胞类圆形,直径 25~40 μm,细胞壁木化,有明显的层纹和纹孔;纤维多成束存在,少数散在,呈细长梭形。

2.3 薄层色谱鉴别

取药材粉末 5 g,置于锥形瓶中,加甲醇 100 mL,超声提取 40 min,摇匀,滤过,取滤液蒸干,备用。取上述滤液蒸干物适量,置于试管中,加甲醇 2 mL 溶解,即得供试品溶液。取绿原酸对照品 1 mg,置于试管中,加甲醇 2 mL 溶解,即得质量浓度为 0.5 mg/mL 的对照品溶液。依照 2025 年版《中国药典》(四部)通则“0502”薄层色谱法^[9]进行检测:取上述供试品溶液、对照品溶液各 10 μL,点样于已活化的同一硅胶 G 薄层板上。以乙酸



图 1 新疆沙旋覆花药材的形态特征图



a:叶表皮细胞及气孔;b:花粉粒;c:方晶;d:非腺毛;e:石细胞;f:纤维;g:具缘纹孔导管。

图2 新疆沙旋覆花药材粉末的显微特征图

丁酯-甲酸-水(6:4:2, $V/V/V$, 上层)为展开剂,待展开至合适位置,取出薄层板,自然晾干,喷10%三氯化铝溶液进行显色,于105℃恒温箱加热至清晰显色。取出薄层板,置于紫外光灯($\lambda=365\text{ nm}$)下观察。结果(图3)显示,绿原酸对照品色谱在供试品中清晰显示,供试品中绿原酸色谱与对照品呈现出颜色一致的荧光斑点。

2.4 水分、总灰分、酸不溶性灰分和浸出物的测定

参照2025年版《中国药典》(四部)通则,分别对水分[“0832”水分测定法第二法(烘干法)]^[9]、总灰分、酸不溶性灰分(“2302”灰分测定法)^[9]、浸出物(“2201”浸出物测定法-50%乙醇冷浸)^[9]进行测定。结果(表2)显示,18批药材的水分含量为6.20%~7.23%,限度为不超过7.20%;总灰分含量为12.27%~15.80%,限度为不超过16.61%;酸不溶性灰分含量为1.89%~2.57%,限度为不超过2.60%;浸出物含量为21.24%~28.09%,限度为不少于21.78%(限度=均值 $\pm 2\times$ 标准差)。

2.5 绿原酸、槲皮素和异槲皮苷的含量测定

2.5.1 对照品贮备液的制备

分别精密称取绿原酸对照品12.05 mg、异槲皮苷对照品9.20 mg、槲皮素对照品12.08 mg,加甲醇溶解,制得上述3种成分质量浓度分别为464.166、360.640、466.288 $\mu\text{g/mL}$ 的单一对照品贮备液。

2.5.2 供试品溶液的制备

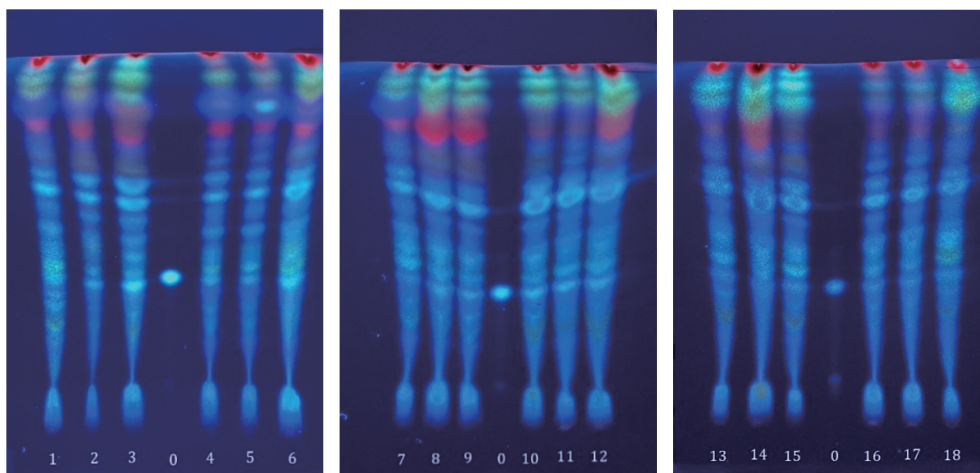
精密称取药材细粉5.0 g,置于具塞锥形瓶中,加甲醇50 mL,称定质量,超声处理60 min,冷却至室温,再次称重,用甲醇补充缺失的质量,过滤,取滤液,即得供试品溶液。

2.5.3 色谱条件

以Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (250 mm $\times$ 4.6 mm, 5 μm)为色谱柱;以乙腈-0.4%磷酸溶液为流动相进行梯度洗脱(0~15 min, 10%A; 15~40 min, 15%A; 40~105 min, 18%A; 105~110 min, 40%A; 110~120 min, 10%A);检测波长为326 nm;流速为1.0 mL/min;柱温为35℃;进样量为10 μL 。在该色谱条件下,供试品色谱图中,各成分色谱峰的保留时间与对照品一致,分离度良好,出峰顺序清晰,保留时间稳定。结果见图4。

2.5.4 线性关系考察

取“2.5.1”项下各单一对照品贮备液适量,加甲醇逐级稀释,制得6个不同质量浓度的系列对照品溶液(绿原酸稀释2.5~80倍,异槲皮苷、槲皮素稀释5~160倍)。按“2.5.3”项下色谱条件进样测定,以各成分质量浓度为横坐标(x)、峰面积为纵坐标(y)进行线性回归。结果见表3。

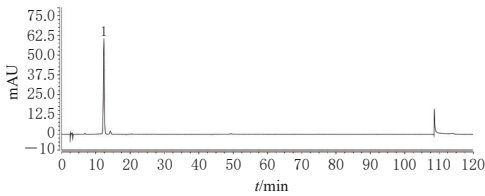


0:绿原酸对照品;1~18:编号S1~S18的新疆沙旋覆花。

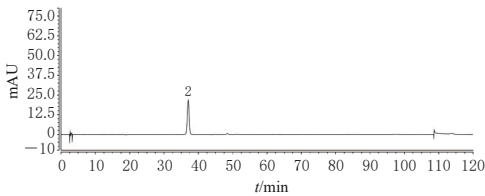
图3 新疆沙旋覆花中绿原酸的薄层色谱图

表2 18批药材水分、总灰分、酸不溶性灰分及浸出物的测定结果(%)

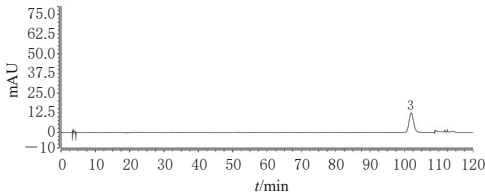
编号	水分	总灰分	酸不溶性灰分	浸出物
S1	6.20	12.43	1.96	21.24
S2	6.41	12.27	1.89	21.53
S3	6.34	14.05	2.20	27.72
S4	6.34	14.83	2.43	28.09
S5	7.23	15.36	2.57	24.57
S6	6.93	15.24	2.53	25.90
S7	7.04	14.03	1.94	27.86
S8	6.70	14.90	2.13	25.03
S9	6.56	14.23	2.39	24.73
S10	6.47	14.48	2.18	25.13
S11	6.38	14.76	2.22	25.72
S12	6.63	14.03	2.06	24.85
S13	7.01	14.85	2.01	25.66
S14	6.90	15.80	2.29	25.51
S15	6.48	15.10	2.17	26.62
S16	6.65	15.72	2.13	27.34
S17	6.32	15.35	2.30	25.64
S18	6.51	15.58	2.32	25.46



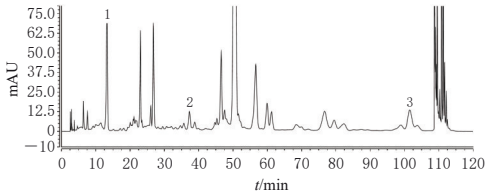
A. 绿原酸对照品溶液



B. 异槲皮苷对照品溶液



C. 槲皮素对照品溶液



D. 供试品溶液(编号S16)

1:绿原酸;2:异槲皮苷;3:槲皮素。

图4 供试品溶液和绿原酸、异槲皮苷和槲皮素对照品溶液的HPLC图

表3 绿原酸等3种待测成分的回归方程与线性范围

待测成分	回归方程	<i>r</i>	线性范围/($\mu\text{g/mL}$)
绿原酸	$y=0.5007x+1.1964$	0.9994	5.8114~185.6664
异槲皮苷	$y=0.2517x+0.0745$	0.9995	2.2504~72.1280
槲皮素	$y=0.3316x-0.1362$	0.9999	2.9096~93.2576

2.5.5 精密度试验

取“2.5.4”项下各对照品溶液(绿原酸46.4166 $\mu\text{g/mL}$ 、异槲皮苷36.0640 $\mu\text{g/mL}$ 、槲皮素46.6288 $\mu\text{g/mL}$),按“2.5.3”项下色谱条件连续进样6次,记录峰面积。结果显示,绿原酸、异槲皮苷、槲皮素峰面积的RSD分别为0.11%、0.23%、0.20%($n=6$),表明仪器精密度良好。

2.5.6 稳定性试验

取“2.5.2”项下供试品溶液(编号S16),分别于室温下0、2、4、6、8、10、12 h时按“2.5.3”项下色谱条件进样测定,记录峰面积。结果显示,绿原酸、异槲皮苷、槲皮素峰面积的RSD分别为0.72%、1.03%、0.56%($n=7$),表明供试品溶液在室温下12 h内稳定性良好。

2.5.7 重复性试验

取样品(编号S16),按“2.5.2”项下方法制备供试品溶液,共6份,按“2.5.3”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并采用外标法计算含量。结果显示,绿原酸、异槲皮苷、槲皮素含量的RSD分别为0.15%、0.76%、0.21%($n=6$),表明该方法重复性良好。

2.5.8 加样回收率试验

精密称取已知含量的样品2.5 g,共6份,分别置于100 mL具塞锥形瓶中,加入绿原酸对照品溶液(371.718 $\mu\text{g/mL}$)4 mL、异槲皮苷对照品溶液(144.256 $\mu\text{g/mL}$)4 mL和槲皮素对照品溶液(373.262 $\mu\text{g/mL}$)3 mL,按“2.5.2”项下方法制备供试品溶液,按“2.5.3”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并计算加样回收率。结果显示,绿原酸、异槲皮苷、槲皮素的加样回收率分别为99.19%~99.89%、98.65%~100.64%、99.15%~101.31%,RSD分别为0.24%、0.66%、0.77%($n=6$)。

2.5.9 样品含量测定

取18批样品适量,按“2.5.2”项下方法制备供试品溶液,按“2.5.3”项下色谱条件进样测定,记录峰面积并采用外标法计算含量,每批样品测2次。结果显示,绿原酸、异槲皮苷、槲皮素的平均含量分别为0.8151、0.1098、0.1160 mg/g。北疆产区(S1~S8)、东疆产区(S9~S12)、南疆产区(S13~S18)中绿原酸的平均含量分别为0.9823、0.4129、0.8605 mg/g,异槲皮苷分别为0.1276、0.0378、0.1341 mg/g,槲皮素分别为0.1777、0.0317、0.0899 mg/g。结果见表4。

表4 18批样品中绿原酸、异槲皮苷、槲皮素的含量测定结果($n=2$,mg/g)

编号	绿原酸	异槲皮苷	槲皮素	编号	绿原酸	异槲皮苷	槲皮素
S1	0.3263	0.0474	0.0818	S10	0.8235	0.1002	0.0582
S2	1.2028	0.1393	0.5787	S11	0.2919	0.0145	0.0266
S3	1.4792	0.0591	0.3408	S12	0.2966	0.0165	0.0203
S4	1.2167	0.3845	0.0372	S13	0.7970	0.0555	0.0631
S5	2.3350	0.2163	0.3145	S14	0.4197	0.0389	0.0473
S6	0.2969	0.0917	0.0170	S15	0.9866	0.1320	0.1237
S7	0.1985	0.0419	0.0348	S16	0.8902	0.0821	0.1114
S8	0.8026	0.0408	0.0165	S17	1.0506	0.4028	0.1546
S9	0.2395	0.0198	0.0218	S18	1.0186	0.0935	0.0395

2.6 熵权-TOPSIS 法分析及不同产地药材的质量评价

2.6.1 评价指标体系构建

采用相关文献^[10-12]的方法进行熵权-TOPSIS 法分析。以 18 批药材的水分、总灰分、酸不溶性灰分、浸出物和绿原酸、异槲皮苷、槲皮素的含量测定结果为指标,构建质量综合评价体系:成本型指标包括水分、总灰分、酸不溶性灰分,反映药材杂质与水分控制水平;效益型指标包括浸出物和绿原酸、异槲皮苷、槲皮素含量,反映药材有效成分含量水平。

2.6.2 数据归一化处理

为消除不同指标间量纲差异对评价结果的影响,采用极差标准化法对原始数据进行归一化处理,效益型指

标的标准化公式为: $x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$;成本型指标

的标准化公式为: $x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)}$ 。式中, x_{ij} 为第

i 个样品第 j 项指标的原始测定值; $\max(x_j)$ 、 $\min(x_j)$ 分别为第 j 项指标在所有样品中的最大值与最小值; x'_{ij} 为标准化后的值,取值范围为 $[0, 1]$,数值越接近 1 代表该指标表现越优。

2.6.3 熵权法确定各指标的权重

为避免主观赋权偏差,采用熵权法基于指标数据的离散程度进行客观赋权,计算步骤如下——(1)计算指

标比重(P_{ij}): $P_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}}$; (2) 计算信息熵(e_j): $e_j =$

$-k \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}$,其中 $k = \frac{1}{\ln m}$; (3) 计算差异系数(g_j): $g_j =$

$1 - e_j$; (4) 计算最终权重(ω_j): $\omega_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}$ 。式中, m 为样

品总数(本研究 $m=18$), n 为指标总数(本研究 $n=7$); e_j 反映指标数据的离散程度,其值越小,表示指标离散程度越大,对评价的贡献度越高; g_j 表示指标的区分能力, ω_j 为第 j 项指标的最终权重,反映指标对综合评价的贡献度,满足 $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ 。结果(表 5)显示,槲皮素的 ω_j 最高(32.183 3%),其次为异槲皮苷(22.941 2%)、总灰分(16.809 7%),三者合计 ω_j 达 71.934 2%,是影响药材综合质量的核心指标;浸出物的 ω_j 仅为 0.142 0%,对样品质量排序的影响相对有限。从指标类型来看,效益型指标(活性成分)总权重为 66.440 0%,远高于成本型指标(杂质与水分)的 33.418 0%,表明活性成分含量是区分药材质量优劣的关键维度,总灰分等指标对质量评价亦有重要贡献。

2.6.4 TOPSIS 法综合评价药材质量

基于标准化数据与熵权法权重,采用 TOPSIS 法对 18 批样品进行综合质量排序,步骤如下——(1)构建加权标准化矩阵: $Y_{ij} = x'_{ij} - w_{j0}$ 。(2)确定正负理想解:正理想解(Y^+)为各指标加权标准化值的最大值,代表最优方案;负理想解(Y^-)为各指标加权标准化值的最小值,代表最劣方案。(3)计算欧氏距离:正理想解距离(D_i^+) =

表 5 各评价指标的 ω_j

评价指标	e_j	g_j	$\omega_j/\%$
水分	0.953 5	0.046 5	7.482 8
总灰分	0.895 5	0.104 5	16.809 7
酸不溶性灰分	0.943 3	0.056 7	9.125 5
浸出物	0.999 1	0.000 9	0.142 0
绿原酸	0.929 7	0.070 3	11.315 5
异槲皮苷	0.857 4	0.142 6	22.941 2
槲皮素	0.800 0	0.200 0	32.183 3

$\sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_j^+)^2}$, 负理想解距离(D_i^-) = $\sqrt{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - Y_j^-)^2}$ 。

(4) 计算综合贴近度(C_i): $C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$, 式中, C_i 取值范

围为 $[0, 1]$, 数值越接近 1, 表明样品综合质量越优; 数值越接近 0, 表明样品质量越劣。根据 C_i 值的大小对样品质量进行排序。结果(表 6)显示, 18 批样品的 C_i 为 0.106~0.673, 质量差异显著, 其中 S2 样品的 C_i 为 0.673, 综合质量最优; S5(C_i 为 0.556)、S3(C_i 为 0.550) 次之, 质量较好。北疆产区(S1~S8)、东疆产区(S9~S12)、南疆产区(S13~S18)的平均 C_i 分别为 0.402、0.255、0.283。

表 6 18 批样品的综合质量排序结果

编号	D_i^+	D_i^-	C_i	排序
S1	0.290	0.197	0.404	4
S2	0.143	0.294	0.673	1
S3	0.175	0.214	0.550	3
S4	0.258	0.165	0.390	5
S5	0.211	0.265	0.556	2
S6	0.348	0.041	0.106	18
S7	0.327	0.121	0.270	12
S8	0.296	0.107	0.266	14
S9	0.332	0.093	0.218	16
S10	0.274	0.124	0.311	8
S11	0.330	0.093	0.220	15
S12	0.319	0.118	0.269	13
S13	0.288	0.114	0.283	9
S14	0.342	0.053	0.134	17
S15	0.262	0.130	0.332	7
S16	0.290	0.112	0.280	11
S17	0.254	0.159	0.386	6
S18	0.293	0.114	0.280	10

3 讨论

3.1 薄层色谱鉴别条件的考察

本研究在对药材中绿原酸进行薄层色谱鉴别时, 初始选用乙酸丁酯-甲酸-水(7:2.5:2.5, $V/V/V$, 上层)为展开剂, 结果出现比移值过低(<0.3)、展开效果不佳等问题。通过对展开剂比例进行优化, 最终确定以乙酸丁酯-甲酸-水(6:4:2, $V/V/V$, 上层)作为展开剂, 此时比移值达到适宜范围(0.3~0.7), 展开效果理想, 可满足鉴别需求。

3.2 浸出物提取方法及溶剂的考察

本研究分别考察了冷浸法与热浸法两种提取方式, 以及不同溶剂(水、30% 乙醇、50% 乙醇、70% 乙醇、95% 乙醇)对浸出物含量的影响。结果显示, 以 50% 乙醇为溶剂、采用冷浸法提取时, 浸出物含量最高。

3.3 含量测定评价指标的确定

绿原酸、异槲皮苷、槲皮素是新疆沙旋覆花的主要活性成分。其中,槲皮素具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化等活性,可通过调控B细胞淋巴瘤2(B cell lymphoma 2, Bcl-2)/Bcl-2相关X蛋白,抑制食管癌细胞增殖^[13-14];异槲皮苷具有广谱抗肿瘤作用,可通过多条通路诱导肿瘤细胞凋亡,抑制其增殖^[15];绿原酸可通过Notch1及干扰素调节因子1通路,抑制食管癌细胞侵袭、转移并阻断肿瘤免疫逃逸^[16-17]。因此,本研究选择上述3种成分作为含量测定的评价指标。

3.4 样品前处理与色谱条件优化

参照2025年版《中国药典》及相关文献^[18],本研究对供试品是否水解、不同提取溶剂(50%甲醇、70%甲醇及甲醇)、超声提取时间(15~60 min)及检测波长(326、360 nm)进行考察。结果显示,水解处理易造成绿原酸、异槲皮苷降解流失,会增加杂质干扰,降低色谱峰的分离效果,故供试品选择不经水解处理。以50%甲醇为提取溶剂时,槲皮素提取率偏低;甲醇对各成分提取效果更佳,提取杂质干扰少,色谱峰分离度更优,更符合定量分析要求。超声15~45 min时各成分溶出不完全,含量偏低,延长至60 min时各成分提取量趋于稳定。326 nm波长处各成分的紫外响应更强、检测灵敏度更高,基线平稳、杂质干扰小。综合成分提取率、色谱峰分离度、峰形及基线干扰等因素,最终确定最优条件为供试品溶液不水解,甲醇超声提取60 min,检测波长326 nm。

3.5 药材质量的综合评价结果分析

熵权法赋权结果显示,槲皮素、异槲皮苷、绿原酸含量的权重合计达66.440 0%,是评价药材质量的核心指标,其含量高低直接决定药材综合品质。槲皮素、异槲皮苷的权重较高,究其原因,二者是新疆沙旋覆花抗肿瘤药效的核心物质基础,且在不同产地样品中含量波动大、离散度高,对样品质量具有良好区分能力,故被赋予较高权重。浸出物权重极低,原因为:一方面各批次样品的浸出物含量整体趋于一致,离散度小、区分能力弱;另一方面浸出物仅反映可溶性物质总量,无成分特异性,难以体现特征活性成分差异,对药效导向的质量评价贡献有限,也客观体现了熵权法赋权的合理性与客观性。熵权-TOPSIS法综合评价结果显示,北疆产区(S1~S8)新疆沙旋覆花中绿原酸、槲皮素平均含量及平均C_i高于东疆(S9~S12)、南疆产区(S13~S18),异槲皮苷平均含量则与南疆产区(S13~S18)相近,且优于东疆产区(S9~S12)。

综上所述,本研究所建质量控制方法稳定、可靠,可用于新疆沙旋覆花的质量控制;不同产地药材质量存在明显差异。

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:75卷[M]. 北京:科学出版社,1979:278-279.
- [2] 范丽丽, 安熙强, 程江南, 等. 沙旋覆花低极性部位GC-MS分析[J]. 中医药导报, 2016, 22(6): 50-53.
- [3] 赵婷婷, 高瑞娟, 郭君婷, 等. 沙旋覆花石油醚部位洗脱组分的体外抗肿瘤活性研究[J]. 化学与生物工程, 2024, 41(9): 23-27, 33.
- [4] 白璐. 沙旋复花中化学成分的研究[D]. 西安:西北大学, 2016.
- [5] 覃江江. 四种旋覆花属药用植物中新型倍半萜的发现及生物活性研究[D]. 上海:上海交通大学, 2011.
- [6] 安熙强, 张涛, 范丽丽, 等. 泽兰内酯作为制备抗肝癌和结肠癌药物中的应用:CN106619611B[P]. 2020-01-10.
- [7] 安熙强, 张涛, 程江南, 等. 卵南美菊素作为制备抗肺癌、肝癌和结肠癌药物中的应用:CN107050015B[P]. 2019-08-27.
- [8] 张晓晔. HPLC法测定蒙药材沙旋覆花中绿原酸的含量[J]. 中国民族医药杂志, 2016, 22(11): 54-55.
- [9] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:四部[M]. 2025年版. 北京:中国医药科技出版社, 2025: 101, 164, 307, 309.
- [10] 冯敬骞, 李姜言, 宋剑锋, 等. 不同产地衢枳壳药材质量的熵权TOPSIS法综合评价[J]. 中国药房, 2021, 32(11): 1312-1318.
- [11] 张蕊, 冯晓川, 徐延昭, 等. 不同产地伸筋草的质量评价[J]. 中国药房, 2024, 35(22): 2732-2738.
- [12] 高雨秋, 郑帅, 于雪, 等. 化学计量学结合加权TOPSIS模型评价不同产地野鸦椿质量[J]. 中国药房, 2025, 36(14): 1755-1759.
- [13] 李聪, 胡强, 张燕翔, 等. 槲皮素的药理学活性研究进展[J]. 湖北中医杂志, 2018, 40(6): 63-66.
- [14] 廖应英. 槲皮素对人食管癌Eca109细胞增殖与凋亡的影响及其机制探讨[D]. 武汉:湖北中医药大学, 2015.
- [15] 刘晓庆, 高丹, 吴芊慧, 等. 异槲皮素的药理作用研究进展[J]. 中国兽药杂志, 2024, 58(10): 82-89.
- [16] 詹芸, 李瑞, 李晓琳, 等. 绿原酸通过IFN- γ 信号通路抑制食管癌细胞中PD-L1的表达[J]. 药学报, 2021, 56(6): 1599-1605.
- [17] 詹芸, 李瑞, 蒋建东, 等. 绿原酸通过下调Notch1的表达抑制食管癌细胞的克隆形成和侵袭转移[J]. 中国医药生物技术, 2021, 16(3): 201-208.
- [18] 王梦蝶, 卓越, 邹丽娜, 等. 基于HPLC指纹图谱及多成分定量的金钱草质量评价[J]. 中草药, 2025, 56(3): 998-1007.

(收稿日期:2026-04-08 修回日期:2026-06-01)

(本文责编:陈 宏)