

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240604003

基于 SPSS 分析结合灰色关联分析法 评价酒萸肉质量

韩生兰, 宋 霞, 刘亚蓉, 卜晨琛, 乔亚玲*

(青海省药品检验检测院, 国家药品监督管理局中药藏药质量控制重点实验室/
青海省中藏药现代化研究重点实验室, 西宁 810016)

摘 要: **目的** 通过 SPSS 分析结合灰色关联分析法评价 30 批酒萸肉的质量并进行比较。**方法** 测定 30 批酒萸肉的水分、总灰分、浸出物、莫诺苷、马钱苷的百分含量, 通过层次分析法进行指标权重的确定, 得到 5 个指标的权重为 0.05、0.05、0.10、0.40、0.40。采用 SPSS、Excel 2016 对各指标成分进行分析, 建立评价酒萸肉的灰色关联分析模型。**结果** 30 批酒萸肉水分为 4.7574%~15.5294%, 总灰分 4.2278%~7.8534%, 浸出物 51.1381%~71.9708%, 莫诺苷 0.6513%~1.5429%, 马钱苷 0.5271%~0.9638%。相对关联度最大为 0.6445 (Z9), 最小为 0.3627 (S5), 各批次酒萸肉样品的相对关联度具有差距, 相对关联度越大, 其质量越好, 根据相对关联度值将酒萸肉样品分为 4 个等级, 样品各等级占比分别为: 质量差, 33.3%(相对关联度: ≤ 0.4500); 质量一般, 26.7% (0.4500~0.5000); 质量良好, 23.3% (0.5000~0.5500); 质量优, 16.7% (>0.5500)。30 批酒萸肉中相对关联度大小顺序为: 浙江(0.5445)>河南(0.4597)>陕西(0.4546), 酒萸肉饮片质量优劣次序为浙江、河南、陕西。**结论** 各批次酒萸肉样品的品质具有差距, 该方法可为酒萸肉的等级划分和综合质量评价提供参考。

关键词: 灰色关联分析; SPSS; 酒萸肉; 质量评价

Evaluation of the quality of *Cornus officinalis* using SPSS analysis combined with grey relational analysis method

HAN Sheng-Lan, SONG Xia, LIU Ya-Rong, BU Chen-Chen, QIAO Ya-Ling*

(Qinghai Provincial Drug Inspection and Testing Institute, Key Laboratory of NMP for Quality Control of Traditional Chinese Medicine, Tibetan Medicine/Key Laboratory for Traditional Chinese Medicine and Tibetan Medicine in Qinghai Province, Xining 810016, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate and compare the quality of 30 batches of *Cornus officinalis* from different production areas using SPSS analysis combined with grey relational analysis. **Methods** Measure the percentage content of moisture, total ash, extract, mononucleoside, and loganin in 30 batches of *Cornus officinalis*. Determine the weights of the five indicators using the analytic hierarchy process, with weights of 0.05, 0.05, 0.10, 0.40, and 0.40. The components of each indicator using SPSS and Excel 2016 were analyzed, and a grey correlation analysis

基金项目: 2021 年度青海省“昆仑英才高端创新创业人才”计划项目(青人才字[2021]13 号)

Fund: Supported by the Qinghai Province 'Kunlun Talent High-end Innovation and Entrepreneurial Talents' Programme Project in 2021 (Qing Talent Word [2021] No.13)

*通信作者: 乔亚玲, 硕士, 主管药师, 主要研究方向为中药分析及质量控制。E-mail: 649483729@qq.com

*Corresponding author: QIAO Ya-Ling, Master, Competent Pharmacist, Qinghai Provincial Drug Inspection and Testing Institute, Xining 810016, China. E-mail: 649483729@qq.com

model for evaluating *Cornus officinalis* was established. **Results** The moisture content of 30 batches of *Cornus officinalis* was 4.7574%–15.5294%, the total ash content was 4.2278%–7.8534%, the extract was 51.1381%–71.9708%, the mononucleoside was 0.6513%–1.5429%, and the loganin was 0.5271%–0.9638%. The maximum relative correlation degree was 0.6445 (Z9), and the minimum as 0.3627 (S5). There were differences in the relative correlation degree of each batch of *Cornus officinalis* samples, and the higher the relative correlation degree, the better the quality. According to the relative correlation degree value, the *Cornus officinalis* samples were divided into 4 grades, and the proportion of each grade of the samples was: poor quality, 33.3% (relative correlation degree: ≤ 0.4500); the quality was average, 26.7% (0.4500–0.5000); good quality, 23.3% (0.5000–0.5500); excellent quality, 16.7% (>0.5500). The relative correlation degree among 30 batches of *Cornus officinalis* was Zhejiang (0.5445)>Henan (0.4597)>Shaanxi (0.4546), and the quality order of Jiuyu meat slices was Zhejiang, Henan, and Shaanxi. **Conclusion** This method indicates that there are differences in the quality of samples from different batches of *Cornus officinalis*, which can provide reference for the grading and comprehensive quality evaluation of *Cornus officinalis*.
KEY WORDS: grey correlation analysis; SPSS; *Cornus officinalis*; quality evaluation

0 引 言

山茱萸科(Cornaceae)植物山茱萸(*Cornus officinalis* Sieb.et Zucc.)主产于陕西、山西、河南等省,是我国传统的名贵滋补中药材^[1-2],是一些经典中药名方的主要药材,如六味地黄丸、杞菊地黄丸、左归丸等^[1-2],其药用部位为干燥成熟果肉。山茱萸饮片主要为山萸肉和酒萸肉。酒萸肉为净山萸肉用黄酒炖或蒸制所得,酒制是中药材炮制方法之一,经酒制使山茱萸药性缓和,滋补作用增强,突出其补肾涩精功效,因此酒萸肉常作为补益剂使用^[1-4]。

孙佳惠等^[5]采用熵权-逼近理想排序法(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)探究酒萸肉的干燥方法,比较出不同干燥方法处理后酒萸肉的性状差异信息。周苏娟等^[6]采用 TOPSIS 与灰色关联法评价不同批次炒茱萸子的质量并进行比较。目前,针对酒萸肉饮片多指标评价的研究较少,传统的药材质量评价方法以“辨状论质”为主,市场中药材常“以大者为佳”,其性状及内在成分的相关性还需进一步探讨^[5,7]。灰色关联度分析法是灰色理论的基本内容,是一种系统科学理论分析方法,灰色系统作为对模糊系统研究的有效手段,既包含已知信息,又包含未知信息的系统,通过计算关联系数、关联度以及根据关联度的大小对待评指标进行排序,根据多个因素间相互关联度的比较来确定影响大的主导因素^[8-9]。该方法更适合于含有复杂化学成分的中药材、中药饮片的质量评价,而且对样本数量和数据规律性的要求较低,易于掌握^[10-12]。

本研究按照《中国药典》2020 年版一部对 30 批不同产地的酒萸肉的性状、马钱苷含量、莫诺苷含量、浸出物、总灰分、水分进行测定,将性状结果进行等级划分,以马钱苷、莫诺苷、浸出物、总灰分、水分的百分含量作为评价指标,建立评价酒萸肉饮片质量的灰色模式识别数据集,

得出酒萸肉的相对关联度,最后通过聚类分析和灰色关联分析对酒萸肉的道地性和质量进行评价^[13-15],以期为酒萸肉的等级划分和综合质量评价提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品来源

收集 30 批来自浙江、陕西、河南的酒萸肉,样品信息见表 1。

表 1 样品信息

Table 1 Sample information

检品编号	产地	检品编号	产地
Z1	浙江省杭州市淳安县	H6	河南省洛阳市栾川县
Z2	浙江省杭州市淳安县	H7	河南省洛阳市栾川县
Z3	浙江省杭州市淳安县	H8	河南省安阳市安阳县
Z4	浙江省金华市磐安县	H9	河南省安阳市安阳县
Z5	浙江省金华市磐安县	H10	河南省安阳市安阳县
Z6	浙江省金华市磐安县	S1	陕西省汉中市洋县
Z7	浙江省金华市磐安县	S2	陕西省汉中市洋县
Z8	浙江省杭州市临安县	S3	陕西省汉中市洋县
Z9	浙江省杭州市临安县	S4	陕西省汉中市洋县
Z10	浙江省杭州市临安县	S5	陕西省商洛市丹凤县
H1	河南省南阳市西峡县	S6	陕西省商洛市丹凤县
H2	河南省南阳市西峡县	S7	陕西省商洛市丹凤县
H3	河南省南阳市西峡县	S8	陕西省汉中市佛坪县
H4	河南省南阳市西峡县	S9	陕西省汉中市佛坪县
H5	河南省洛阳市栾川县	S10	陕西省汉中市佛坪县

1.2 仪器设备

Waters 2695 高效液相色谱仪[包括在线脱气机、四元泵、高性能自动进样器、柱温箱、二极管阵列检测器,沃

特世科技(上海)有限公司]; BSA224S-CW 型万分之一电子天平(瑞士赛多利斯公司); Milli-QA 超纯水仪[默克化工技术(上海)有限公司]; KQ5200B 型超声波清洗仪(江苏昆山市超声仪器有限公司); SX-4-11 型箱式电阻炉(天津市泰斯特仪器有限公司); 101A-1E 型电热鼓风干燥箱(杭州萧山永发电器有限公司沪南实验仪器厂); SZX16 体视显微镜(日本 Olympus 公司)。

1.3 试剂

莫诺苷(111998-202205, 纯度 98.4%)、马钱苷(111640-201808, 纯度 99.0%)(中国食品药品检定研究院); 乙腈(色谱纯, 德国默克公司); 磷酸、甲醇(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 水为超纯水。

1.4 方法

1.4.1 测定方法

性状、莫诺苷含量、马钱苷含量按照《中国药典》2020 年版一部 酒萸肉项下测定; 水分测定按照《中国药典》2020 年版四部 水分测定法(通则 0832 第二法烘干法); 浸出物按照《中国药典》2020 年版四部 水溶性浸出物测定法(通则 2201)项下的冷浸法测定; 总灰分测定按照《中国药典》2020 年版四部(通则 2302 总灰分测定法)。

1.4.2 权重的确定

综合评价是对多个指标进行总评价的科学方法, 不考虑指标权重的大小, 认为所有的参评指标的重要性相同, 但在大多数情况下是不符合实际的, 所以为了评价更合理, 在应用灰色关联分析时要结合指标的权重。权重确定的方法有很多, 如德尔菲专家法、层次分析法、熵值法等^[16-18], 目前应用比较广泛的是层次分析法。因此本研究通过对指标的重要性进行两两比较, 确定指标重要性评价矩阵。针对酒萸肉质量评价指标的重要性不同, 总灰分、酸不溶性灰分<浸出物<马钱苷含量、莫诺苷含量^[19-20]。由层次分析法进行定量定性分析, 对各指标进行权重确定, 水分、总灰分、浸出物、莫诺苷、马钱苷权重分别选取为 0.05、0.05、0.10、0.40、0.40。

1.4.3 数据处理

所有实验重复 3 次, 采用 Excel 2016 对数据进行统计分析, 利用 SPSS Statistics 25.0 软件进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 水分测定结果

按《中国药典》2020 年版通则 0832 水分测定法第二法, 测定 30 批酒萸肉的水分, 结果见表 2。结果显示, 30 批酒萸肉的含水量最低为 H6 (4.7574%), Z6 的含水量最高为 15.5294%, 均小于 16.0%, 表明收集的 30 批酒萸肉均符合《中国药典》2020 年版酒萸肉项下水分的限量要求(不得超过 16.0%)。平均含水量为 8.50%, 水分差异较大。

表 2 酒萸肉相关指标的检测结果
Table 2 Detection results of relevant indicators of *Cornus officinalis*

序号	水分/%	总灰分/%	浸出物/%	莫诺苷/%	马钱苷/%
H1	6.1480	4.3404	59.3558	1.0293	0.6076
H2	6.8500	5.4751	51.1381	1.1273	0.7779
H3	9.2506	4.9236	57.6423	1.0390	0.7303
H4	9.3476	5.0073	61.6217	1.0913	0.6755
H5	10.3842	4.8850	54.5293	1.2438	0.6409
H6	4.7574	7.8534	69.1381	0.8341	0.6877
H7	10.5556	4.7221	54.7775	0.8476	0.7326
H8	6.9621	4.9595	57.3211	1.0350	0.6569
H9	7.0596	4.8272	56.5105	0.9073	0.6806
H10	7.3661	5.1644	60.9518	0.9759	0.5665
Z1	10.4650	5.1516	64.0056	1.0594	0.7546
Z2	9.2551	6.1579	56.6018	1.2073	0.7625
Z3	7.1473	5.3703	61.5549	1.0728	0.8297
Z4	8.3124	4.8540	58.8530	1.0272	0.7550
Z5	8.4379	5.9548	57.3992	1.5429	0.9465
Z6	15.5294	5.1756	53.5262	1.1652	0.8042
Z7	8.9333	5.4317	56.0749	1.1635	0.7520
Z8	7.7796	5.8918	61.6384	1.3535	0.9413
Z9	5.4725	5.8829	60.6368	1.4802	0.9638
Z10	11.7310	5.4464	59.8505	1.1270	0.8305
S1	5.2120	5.8606	61.2295	0.8938	0.6464
S2	5.3718	5.6212	55.8569	0.8763	0.6400
S3	10.5819	5.8413	60.7351	1.4420	0.8752
S4	10.3888	4.4777	64.6002	1.3323	0.8288
S5	7.1835	4.6492	54.7525	0.7527	0.5271
S6	7.9740	5.2736	52.1198	1.1964	0.7623
S7	11.0904	4.2278	51.6431	0.7460	0.6063
S8	5.1424	4.6789	71.9708	0.6513	0.5944
S9	10.9185	4.5716	61.8392	0.7528	0.6280
S10	9.3686	5.3555	52.3143	1.2706	0.5968

2.2 总灰分测定结果

按《中国药典》2020 年版通则 2302 灰分测定法, 测定 30 批酒萸肉的总灰分, 结果见表 2。结果显示, 本次 30 批酒萸肉的总灰分最低为 S7 (4.2278%), 最高为 H6 (7.8534%), 收集的 28 批酒萸肉均符合《中国药典》2020 年版酒萸肉项下总灰分的限量要求(不得超过 6.0%), 2 批(H6、Z2)不符合限度要求。

2.3 浸出物测定结果

按《中国药典》2020 年版通则 2201 浸出物冷浸法, 测定 30 批酒萸肉浸出物, 结果见表 2。结果显示, 本次 30 批

酒萸肉的浸出物最低为 H2 (51.1381%), 最高为 S8 (71.9708%), 符合《中国药典》2020 年版酒萸肉项下浸出物的限量要求(不得少于 50.0%)。

2.4 莫诺苷和马钱苷含量测定结果

按《中国药典》2020 年版通则 0512 高效液相色谱法进行测定, 结果见表 2, 莫诺苷、马钱苷混合对照品的色谱图见图 1, 酒萸肉样品溶液色谱图见图 2, 本次 30 批酒萸肉的莫诺苷含量最低为 S8 (0.6513%), 最高为 Z5 (1.5429%); 马钱苷含量最低为 S5 (0.5271%), 最高为 Z9 (0.9638%)。莫诺苷和马钱苷的总含量最低为 S8 (1.2457%), 最高为 Z5 (2.4894%), 符合《中国药典》2020 年版酒萸肉项下含量的限量要求(莫诺苷和马钱苷的总量不得少于 1.2%)。

2.5 灰色关联度分析

2.5.1 确定因素

本研究确定利用灰色关联分析酒萸肉质量的可量化因素为总灰分含量(%)、水分含量(%)、浸出物含量(%)、莫诺苷含量(%)、马钱苷含量(%)。

2.5.2 参考序列选择

设有 m 个样品, 每个样品有 n 项评价指标, 由此组成

评价单元序列 $\{X_{ak}\} (a=1, 2, 3, \dots, m; k=1, 2, 3, \dots, n; \text{本研究 } m=30, n=5)$ 。

用灰色关联度作为评价测度时, 应对参考序列进行选择, 一般应选择最优参考序列和最差参考序列^[21-22]。从质量评价的角度来看, 水分、总灰分两个指标越低越好, 浸出物、莫诺苷、马钱苷 3 个指标越高越好, 为了统一评价标准, 采用将低优指标高优化的方法, 即将水分、总灰分两个指标进行取倒数转换, 评价指标统一后, 设最优参考序列为 $\{X_{sk}\} (k=1, 2, 3, \dots, n)$, 最差参考序列为 $\{X_{tk}\} (k=1, 2, 3, \dots, n)$, 其中最优参考序列的各项指标是 m 个样品对应指标的最大值, 最差参考序列的各项指标是 m 个样品对应指标的最小值^[23-24]。

2.5.3 原始数据规格化处理

由于各化学评价指标量纲不一致, 需要将原始数据标准化, 即用各数列的值(包括参考数列)除以各数列对应的平均值, 得到无量纲化的新数列^[25-26], 见表 3。计算如公式(1):

$$Y_{ik} = X_{ik} / X_k \quad (1)$$

式中, Y_{ik} 为无量纲化处理后的数据; X_{ik} 为原始数据; X_k 为第 n 个样品第 k 个指标的均值。

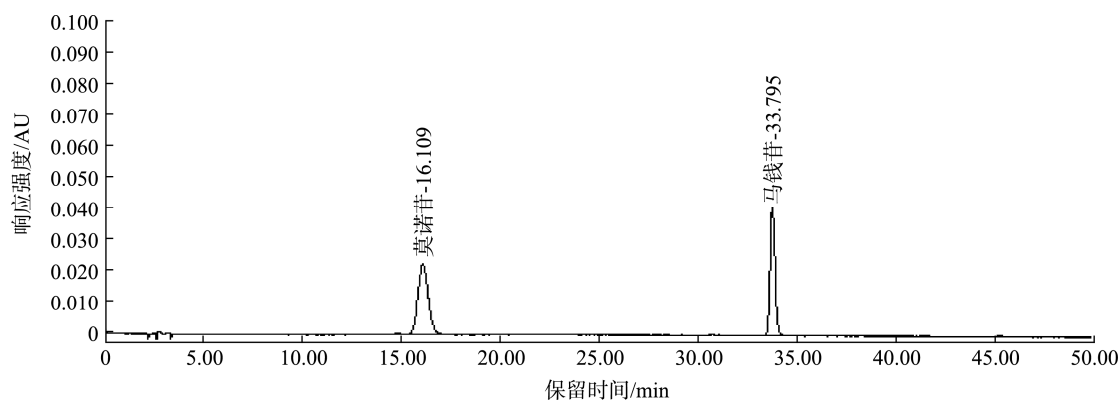


图1 莫诺苷、马钱苷混合对照品的色谱图

Fig.1 Chromatograms of mixed reference substance of mononucleoside and loganin

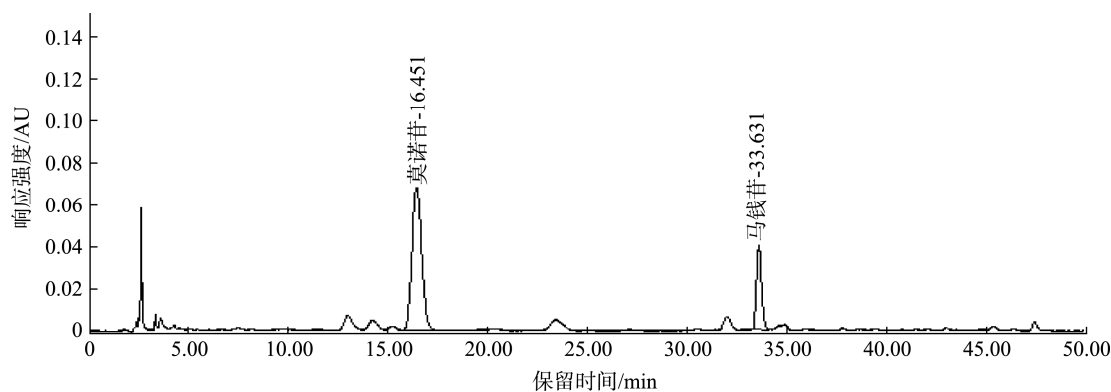


图2 供试品溶液的色谱图

Fig.2 Chromatograms of the test solution

表 3 酒萸肉原始数据规格化					
Table 3 Normalization of raw data for <i>Cornus officinalis</i>					
序号	水分/%	总灰分/%	浸出物/%	莫诺苷/%	马钱苷/%
H1	1.3149	1.1839	1.0238	0.9926	0.8525
H2	1.1802	0.9386	0.8821	1.0871	1.0915
H3	0.8739	1.0437	0.9943	1.0019	1.0247
H4	0.8648	1.0263	1.0629	1.0524	0.9478
H5	0.7785	1.0519	0.9406	1.1994	0.8993
H6	1.6993	0.6543	1.1926	0.8043	0.9649
H7	0.7659	1.0882	0.9449	0.8174	1.0279
H8	1.1612	1.0361	0.9887	0.9981	0.9217
H9	1.1451	1.0645	0.9748	0.8749	0.9550
H10	1.0975	0.9950	1.0514	0.9411	0.7949
Z1	0.7725	0.9975	1.1040	1.0216	1.0588
Z2	0.8735	0.8345	0.9763	1.1642	1.0699
Z3	1.1311	0.9569	1.0618	1.0345	1.1642
Z4	0.9725	1.0587	1.0152	0.9905	1.0594
Z5	0.9581	0.8630	0.9901	1.4878	1.3280
Z6	0.5206	0.9929	0.9233	1.1236	1.1284
Z7	0.9049	0.9461	0.9673	1.1220	1.0551
Z8	1.0391	0.8722	1.0632	1.3052	1.3208
Z9	1.4772	0.8735	1.0459	1.4274	1.3523
Z10	0.6889	0.9435	1.0324	1.0868	1.1653
S1	1.5511	0.8768	1.0562	0.8619	0.9070
S2	1.5049	0.9142	0.9635	0.8450	0.8980
S3	0.7640	0.8797	1.0476	1.3905	1.2280
S4	0.7782	1.1476	1.1143	1.2848	1.1629
S5	1.1254	1.1053	0.9444	0.7258	0.7396
S6	1.0138	0.9744	0.8990	1.1537	1.0696
S7	0.7289	1.2155	0.8908	0.7194	0.8507
S8	1.5720	1.0983	1.2414	0.6281	0.8340
S9	0.7404	1.1241	1.0667	0.7259	0.8812
S10	0.8629	0.9595	0.9024	1.2253	0.8374
最优参考序列	1.6993	1.2155	1.2414	1.4878	1.3523
最差参考序列	0.5206	0.6543	0.8821	0.6281	0.7396

2.5.4 计算绝对差值

根据表规格化的数值, 进一步求出样品与评价指标的绝对差值, 按公式(2)计算得出最优参考序列, 公式(3)计算得出最差参考序列, 公式(4)得出二级最大差值, 二级最大差值是指在各序列中找出的最大差值基础上寻求所有序列中的最大差。同理公式(5)计算出相对于最差序列的二级最小差值^[27-28]。各序列与最优参考序列的绝对差值计算结果见表 4, 各序列与最差参考序列的绝对差值见表 5。

						$\Delta_{oi}(k)= Y_{ik}-Y_{sk} $	(2)
						$\Delta_{oi}(k)= Y_{ik}-Y_{tk} $	(3)
						$\Delta(\max)= Y_{ik}-Y_{sk} $	(4)
						$\Delta(\min)= Y_{ik}-Y_{tk} $	(5)
表 4 酒萸肉样品各序列与最优参考序列的绝对差值							
Table 4 Absolute difference between the sequences of <i>Cornus officinalis</i> sample and the optimal reference sequence							
序号	水分/%	总灰分/%	浸出物/%	莫诺苷/%	马钱苷/%		
H1	0.3844	0.0316	0.2176	0.4952	0.4998		
H2	0.5191	0.2769	0.3593	0.4007	0.2608		
H3	0.8254	0.1718	0.2471	0.4859	0.3276		
H4	0.8345	0.1892	0.1785	0.4354	0.4045		
H5	0.9208	0.1636	0.3008	0.2884	0.453		
H6	0.0000	0.5612	0.0488	0.6835	0.3874		
H7	0.9334	0.1273	0.2965	0.6704	0.3244		
H8	0.5381	0.1794	0.2527	0.4897	0.4306		
H9	0.5542	0.1510	0.2666	0.6129	0.3973		
H10	0.6018	0.2205	0.1900	0.5467	0.5574		
Z1	0.9268	0.2180	0.1374	0.4662	0.2935		
Z2	0.8258	0.3810	0.2651	0.3236	0.2824		
Z3	0.5682	0.2586	0.1796	0.4533	0.1881		
Z4	0.7268	0.1568	0.2262	0.4973	0.2929		
Z5	0.7412	0.3525	0.2513	0.0000	0.0243		
Z6	1.1787	0.2226	0.3181	0.3642	0.2239		
Z7	0.7944	0.2694	0.2741	0.3658	0.2972		
Z8	0.6602	0.3433	0.1782	0.1826	0.0315		
Z9	0.2221	0.342	0.1955	0.0604	0.0000		
Z10	1.0104	0.2720	0.2090	0.4010	0.1870		
S1	0.1482	0.3387	0.1852	0.6259	0.4453		
S2	0.1944	0.3013	0.2779	0.6428	0.4543		
S3	0.9353	0.3358	0.1938	0.0973	0.1243		
S4	0.9211	0.0679	0.1271	0.2030	0.1894		
S5	0.5739	0.1102	0.2970	0.7620	0.6127		
S6	0.6855	0.2411	0.3424	0.3341	0.2827		
S7	0.9704	0.0000	0.3506	0.7684	0.5016		
S8	0.1273	0.1172	0.0000	0.8597	0.5183		
S9	0.9589	0.0914	0.1747	0.7619	0.4711		
S10	0.8364	0.2560	0.3390	0.2625	0.5149		

2.5.5 计算关联系数 ζ_{oi} 与关联度 γ_i

由表 4 可知, 各序列与最优参考序列的 $\Delta_{\min}=0.0000$, $\Delta_{\max}=1.1787$, ρ 为分辨系数, 取值 0~1, 通常取值 0.5, 通过公式(2)、(6)、(7)计算各评价单元序列相对于最优参考序列的关联系数 ζ_{oi} 与关联度 γ_i , 结果见表 6, 与最优参考序列的关联度越大, 评价单元质量越好, 关联度最大为 0.9077 (Z5), 关联度最小为 0.5045 (S5); 由表 5 可知, 与最

表 5 酒茺肉样品各序列与最差参考序列的绝对差值
Table 5 Absolute difference between the sequences of *Cornus officinalis* samples and the worst reference sequence

序号	水分/%	总灰分/%	浸出物/%	莫诺昔/%	马钱苷/%
H1	0.7943	0.5296	0.1417	0.3645	0.1129
H2	0.6596	0.2843	0.0000	0.459	0.3519
H3	0.3533	0.3894	0.1122	0.3738	0.2851
H4	0.3442	0.3720	0.1808	0.4243	0.2082
H5	0.2579	0.3976	0.0585	0.5713	0.1597
H6	1.1787	0.0000	0.3105	0.1762	0.2253
H7	0.2453	0.4339	0.0628	0.1893	0.2883
H8	0.6406	0.3818	0.1066	0.3700	0.1821
H9	0.6245	0.4102	0.0927	0.2468	0.2154
H10	0.5769	0.3407	0.1693	0.3130	0.0553
Z1	0.2519	0.3432	0.2219	0.3935	0.3192
Z2	0.3529	0.1802	0.0942	0.5361	0.3303
Z3	0.6105	0.3026	0.1797	0.4064	0.4246
Z4	0.4519	0.4044	0.1331	0.3624	0.3198
Z5	0.4375	0.2087	0.1080	0.8597	0.5884
Z6	0.0000	0.3386	0.0412	0.4955	0.3888
Z7	0.3843	0.2918	0.0852	0.4939	0.3155
Z8	0.5185	0.2179	0.1811	0.6771	0.5812
Z9	0.9566	0.2192	0.1638	0.7993	0.6127
Z10	0.1683	0.2892	0.1503	0.4587	0.4257
S1	1.0305	0.2225	0.1741	0.2338	0.1674
S2	0.9843	0.2599	0.0814	0.2169	0.1584
S3	0.2434	0.2254	0.1655	0.7624	0.4884
S4	0.2576	0.4933	0.2322	0.6567	0.4233
S5	0.6048	0.451	0.0623	0.0977	0.0000
S6	0.4932	0.3201	0.0169	0.5256	0.3300
S7	0.2083	0.5612	0.0087	0.0913	0.1111
S8	1.0514	0.444	0.3593	0.0000	0.0944
S9	0.2198	0.4698	0.1846	0.0978	0.1416
S10	0.3423	0.3052	0.0203	0.5972	0.0978

差参考序列 $\Delta_{\min}=0.0000$, $\Delta_{\max}=1.1787$, ρ 为分辨系数, 取值 0~1, 通常取值 0.5, 通过公式(3)、(6)、(7)计算各评价单元序列相对于最差参考序列的关联系数 ξ_{oi} 与关联度, 结果见表 7, 与最差参考序列的关联度越大, 评价单元质量越差, 关联度最大为 0.8866 (S5), 关联度最小为 0.4996 (Z9)。计算公式为式(6)、(7):

$$\xi_{oi} = \frac{\Delta(\min) + \rho\Delta(\max)}{\Delta_{oi}(k) + \rho\Delta(\max)} \tag{6}$$

$$\gamma_i = \sum_{k=1} W \xi_{oi} \tag{7}$$

其中, ξ_{oi} 表示关联系数, γ_i 表示关联度。

表 6 评价单元序列相对于最优参考序列的关联系数与关联度
Table 6 Correlation coefficient and degree of the evaluation unit sequence relative to the optimal reference sequence

序号	水分/%	总灰分/%	浸出物/%	莫诺昔/%	马钱苷/%	关联度
H1	0.0303	0.0475	0.0730	0.2174	0.2164	0.5846
H2	0.0266	0.0340	0.0621	0.2381	0.2773	0.6381
H3	0.0208	0.0387	0.0705	0.2192	0.2571	0.6063
H4	0.0207	0.0378	0.0768	0.2300	0.2372	0.6025
H5	0.0195	0.0391	0.0662	0.2686	0.2262	0.6196
H6	0.0500	0.0256	0.0924	0.1852	0.2414	0.5945
H7	0.0194	0.0411	0.0665	0.1871	0.2580	0.5721
H8	0.0261	0.0383	0.0700	0.2185	0.2311	0.5841
H9	0.0258	0.0398	0.0689	0.1961	0.2389	0.5694
H10	0.0247	0.0364	0.0756	0.2075	0.2056	0.5498
Z1	0.0194	0.0365	0.0811	0.2233	0.2670	0.6274
Z2	0.0208	0.0304	0.0690	0.2582	0.2704	0.6488
Z3	0.0255	0.0348	0.0766	0.2261	0.3032	0.6662
Z4	0.0224	0.0395	0.0723	0.2169	0.2672	0.6183
Z5	0.0221	0.0313	0.0701	0.4000	0.3842	0.9077
Z6	0.0167	0.0363	0.0649	0.2472	0.2899	0.6550
Z7	0.0213	0.0343	0.0683	0.2468	0.2659	0.6366
Z8	0.0236	0.0316	0.0768	0.3054	0.3797	0.8170
Z9	0.0363	0.0316	0.0751	0.3628	0.4000	0.9059
Z10	0.0184	0.0342	0.0738	0.2380	0.3037	0.6681
S1	0.0400	0.0318	0.0761	0.1940	0.2278	0.5696
S2	0.0376	0.0331	0.0680	0.1913	0.2259	0.5558
S3	0.0193	0.0319	0.0753	0.3433	0.3303	0.8001
S4	0.0195	0.0448	0.0823	0.2975	0.3027	0.7468
S5	0.0253	0.0421	0.0665	0.1744	0.1961	0.5045
S6	0.0231	0.0355	0.0633	0.2553	0.2703	0.6475
S7	0.0189	0.0500	0.0627	0.1736	0.2161	0.5213
S8	0.0411	0.0417	0.1000	0.1627	0.2128	0.5583
S9	0.0190	0.0433	0.0771	0.1745	0.2223	0.5362
S10	0.0207	0.0349	0.0635	0.2767	0.2135	0.6092

2.5.6 定义并计算相对关联度
关联系数是比较序列与参考序列在各点的关联程度值, 因此数值不止 1 个, 而信息过于分散不便于整体比较, 因此将各点的关联系数集中为其平均值, 作为比较数列和参考数列间的关联程度的量化表示^[29-30]。与最优参考序列的关联度越大, 评价单元质量越好, 与最差参考序列的关联度越大, 评价单元质量越差, 因此定义相对关联度 R_i 为每个酒茺肉样品的最优关联度除以该样品最差关联度与最优关联度的和, 结果见表 8, 相对关联度最大为 0.6445 (Z9), 最小为 0.3627 (S5)。

表 7 评价单元序列相对于最差参考序列的关联系数与关联度
Table 7 Correlation coefficient and degree between the evaluation unit sequence and the worst reference sequence

序号	水分 /%	总灰分 /%	浸出物 /%	莫诺昔 /%	马钱苷 /%	关联度
H1	0.0213	0.0263	0.0806	0.2471	0.3357	0.7111
H2	0.0236	0.0337	0.1000	0.2249	0.2505	0.6326
H3	0.0313	0.0301	0.0840	0.2448	0.2696	0.6597
H4	0.0316	0.0307	0.0765	0.2326	0.2956	0.6669
H5	0.0348	0.0299	0.0910	0.2031	0.3147	0.6734
H6	0.0167	0.0500	0.0655	0.3079	0.2894	0.7295
H7	0.0353	0.0288	0.0904	0.3028	0.2686	0.7258
H8	0.0240	0.0303	0.0847	0.2457	0.3056	0.6903
H9	0.0243	0.0295	0.0864	0.2819	0.2929	0.7150
H10	0.0253	0.0317	0.0777	0.2613	0.3657	0.7616
Z1	0.0350	0.0316	0.0726	0.2399	0.2595	0.6386
Z2	0.0313	0.0383	0.0862	0.2095	0.2563	0.6216
Z3	0.0246	0.0330	0.0766	0.2367	0.2325	0.6035
Z4	0.0283	0.0297	0.0816	0.2477	0.2593	0.6465
Z5	0.0287	0.0369	0.0845	0.1627	0.2002	0.5130
Z6	0.0500	0.0318	0.0935	0.2173	0.2410	0.6335
Z7	0.0303	0.0334	0.0874	0.2176	0.2605	0.6292
Z8	0.0266	0.0365	0.0765	0.1861	0.2014	0.5271
Z9	0.0191	0.0364	0.0783	0.1698	0.1961	0.4996
Z10	0.0389	0.0335	0.0797	0.2249	0.2322	0.6093
S1	0.0182	0.0363	0.0772	0.2864	0.3115	0.7296
S2	0.0187	0.0347	0.0879	0.2924	0.3153	0.7489
S3	0.0354	0.0362	0.0781	0.1744	0.2187	0.5428
S4	0.0348	0.0272	0.0717	0.1892	0.2328	0.5557
S5	0.0247	0.0283	0.0904	0.3431	0.4000	0.8866
S6	0.0272	0.0324	0.0972	0.2114	0.2564	0.6247
S7	0.0369	0.0256	0.0985	0.3463	0.3366	0.8440
S8	0.0180	0.0285	0.0621	0.4000	0.3448	0.8534
S9	0.0364	0.0278	0.0761	0.3431	0.3225	0.8060
S10	0.0316	0.0329	0.0967	0.1987	0.3431	0.7030

2.6 质量等级标准的建立

2.6.1 性状等级建立

本研究建立了酒萸肉的性状等级划分方法, 按照酒萸肉样品的大小、直径、外皮及颜色、质地等传统评价药材质量优劣的方法进行等级划分, 将酒萸肉分为 2 个等级。1 级表面黑色, 皱缩, 有光泽, 质滋润柔软, 个大, 无杂质, 微有酒香气。2 级无光泽, 多碎片, 多果梗, 多果核, 有的粘结成块, 表面紫红色。对 30 批酒萸肉进行性状等级分析, 一级品有 17 批(H1、H2、H3、H4、H5、H6、H7、H8、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z8、Z9、S6、S10), 二级品有 13 批(H9、H10、Z1、Z7、Z10、S5、S8、S4、S7、S1、S2、S3、S9)(图 3)。

表 8 酒萸肉样品相对关联度及质量排序
Table 8 Relative correlation and quality ranking of *Cornus officinalis* samples

序号	相对关联度	质量排序	序号	相对关联度	质量排序
H1	0.4512	20	Z6	0.5083	10
H2	0.5022	12	Z7	0.5029	11
H3	0.4789	16	Z8	0.6078	3
H4	0.4747	17	Z9	0.6445	1
H5	0.4792	15	Z10	0.5230	7
H6	0.4490	21	S1	0.4384	24
H7	0.4408	23	S2	0.4260	25
H8	0.4583	19	S3	0.5958	4
H9	0.4433	22	S4	0.5734	5
H10	0.4193	26	S5	0.3627	30
Z1	0.4956	13	S6	0.5089	9
Z2	0.5107	8	S7	0.3818	29
Z3	0.5247	6	S8	0.3955	28
Z4	0.4888	14	S9	0.3995	27
Z5	0.6389	2	S10	0.4643	18

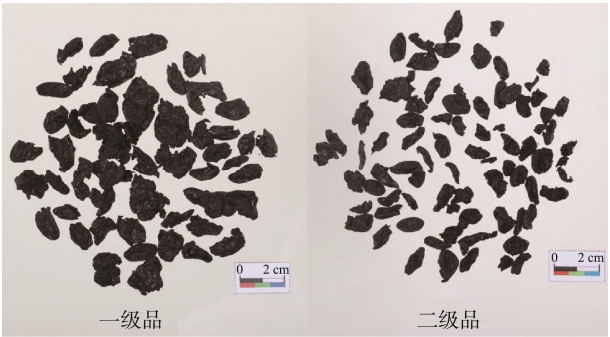


图3 酒萸肉两个等级图片

Fig.3 Picture of 2 levels of *Cornus officinalis*

2.6.2 聚类分析

通过 SPSS 25.0 软件统计数据分析对酒萸肉的相对关联度、性状等级进行 K-均值聚类分析, 最终类中心值见表 9, 聚类分析分为二级, 河南、浙江的酒萸肉聚集较为明显^[31-32]。以中位数联结为聚类方法、欧氏距离平方法为测量距离方法, 进行系统聚类。30 份酒萸肉中 1 级有 17 个(H3、H5、H4、Z4、S10、H8、H1、H6、H7、S6、Z6、Z2、H2、Z3、Z9、Z5、Z8), 2 级有 13 个(H9、S1、H10、S2、S8、S9、S7、S5、Z1、Z7、Z10、S4、S3), 具体见表 9 和图 4。

表 9 K-均值聚类最终类中心(n=30)
Table 9 K-means clustering final class center (n=30)

项目	序号	
	1	2
相对关联度	0.4582	0.5077
性状等级	2	1

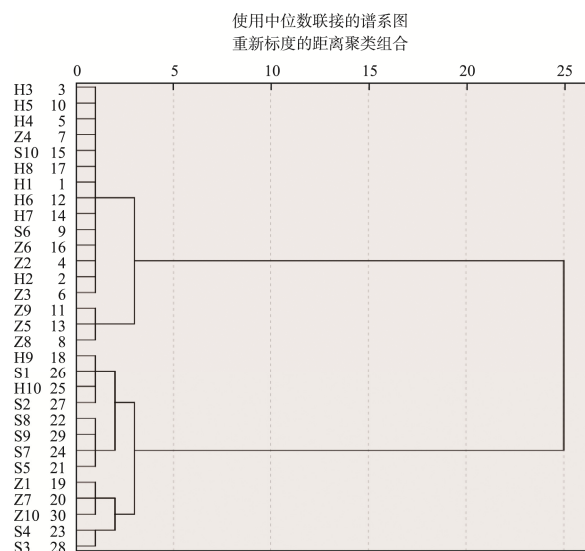


图4 酒萸肉聚类分析树状关系图

Fig.4 Cluster analysis of *Cornus officinalis* and its tree like relationship diagram

3 讨论

本研究建立的灰色关联度模型以相对关联度为测度, 相对关联度 R_i 介于 0~1 之间, R_i 越大, 表明其质量越好, 从酒萸肉饮片的实例计算可见, 酒萸肉饮片相对关联度介于 0.3627~0.6445 之间, 说明各批次酒萸肉样品的相对关联度有差异。根据 R_i 值的不同将酒萸肉分为 4 个等级, 其 R_i 值在 0.4500 以下为质量差, 在 0.4500~0.5000 为质量一般, 在 0.5000~0.5500 为质量良好, 0.5500 以上的为质量优。30 批酒萸肉的相对关联度在 0.4500 以下的为 10 批, 0.4500~0.5000 的为 8 批, 0.5000~0.5500 的 7 批, 0.5500 以上的 5 批, 样品各等级占比分别为: 质量差, 33.3%; 质量一般, 26.7%; 质量良好, 23.3%; 质量优, 16.7%。按不同产地酒萸肉质量的优劣进行排序, 产地浙江 10 批, 平均相对关联度 0.5445; 河南 10 批, 平均相对关联度 0.4597; 陕西 10 批, 平均相对关联度 0.4546。相对关联度: 浙江 (0.5445) > 河南 (0.4597) > 陕西 (0.4546), 酒萸肉饮片质量优劣次序为浙江、河南、陕西。

4 结论

本研究结合灰色关联分析方法和传统性状等级分级对 30 批酒萸肉进行质量评价, 以关联度为测度来综合评价不同产地酒萸肉饮片的质量, 利用 SPSS Statistics 25.0 软件对相对关联度和性状等级进行聚类分析。研究结果表明, 此方法适宜对多组分多指标的样品质量进行综合评价, 为饮片道地性评价及等级标准的划分提供了参考, 具有重要的理论意义和应用价值。

参考文献

- [1] 刘华亮, 袁珂, 陈年者, 等. 山茱萸炮制前后的 HPLC 指纹图谱研究[J]. 中国药房, 2012, 23(3): 234-237.
LIU HL, YUAN K, CHEN NZ, *et al.* Study on HPLC fingerprints of *Cornus officinalis* before and after processing [J]. China Pharm, 2012, 23(3): 234-237.
- [2] 宋霞, 刘亚蓉, 张国英, 等. 山萸肉表面泛霜和发霉的鉴别[J]. 中成药, 2020, 42(12): 3221-3227.
SONG X, LIU YR, ZHANG GY, *et al.* Identification of white frost and mold on the surface of *Cornus officinalis* [J]. Chin Tradit Pat Med, 2020, 42(12): 3221-3227.
- [3] 乔灏祯, 叶贤胜, 赫军, 等. 山茱萸中一个新的环烯醚萜苷类化合物[J]. 中国药理学杂志, 2017, 52(14): 1212-1216.
QIAO HY, YE XS, HE J, *et al.* A new Iridoid glucoside from the ripe fruits of *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc [J]. J Chin Pharm, 2017, 52(14): 1212-1216.
- [4] KAZIMIERSKI M, REGULA J, MOLSKA M. Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) characteristics, nutritional and pro-health properties [J]. Acta Sci Pol Technol Aliment, 2019, 18: 5-12.
- [5] 孙佳惠, 范天慈, 窦志英, 等. 多指标结合熵权-TOPSIS 法探究酒萸肉的干燥方法[J]. 中药材, 2023, 46(11): 2708-2714.
SUN JH, FAN TC, DOU ZY, *et al.* Study on drying methods of wine steamed *Corni fructus* by multi-index combined with entropy weight-TOPSIS [J]. J Chin Med Mater, 2023, 46(11): 2708-2714.
- [6] 周苏娟, 麦小梅, 赵斌, 等. TOPSIS 与灰色关联分析在不同产地炒茺蔚子质量评价中的应用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(15): 40-43.
ZHOU SJ, MAI XM, ZHAO B, *et al.* TOPSIS and grey correlation analysis on quality of stir-baked *Leonuri fructus* from different producing areas [J]. Chin J Exp Tradit Med Formul, 2015, 21(15): 40-43.
- [7] 朱会丽, 杨静, 马欢, 等. 不同品种山药氨基酸组成成分分析及综合评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(3): 293-300.
ZHU HL, YANG J, MA H, *et al.* Composition analysis and comprehensive evaluation of amino acids in different varieties of Chinese yams [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(3): 293-300.
- [8] 李海燕, 王慧然, 那丽莎, 等. 基于主成分分析、正交偏最小二乘判别分析及加权逼近理想解排序-灰色关联度融合模型评价不同产地珠子参质量[J]. 中草药, 2024, 55(9): 3116-3126.
LI HY, WANG HR, NA LS, *et al.* Quality evaluation of *Panax majoris rhizoma* from different producing areas by PCA, OPLS-DA and weighted TOPSIS-GRA fusion model [J]. Chin Tradit Herb Drug, 2024, 55(9): 3116-3126.
- [9] 井亚江, 黄建萍, 王七龙, 等. 基于熵权 TOPSIS 法和灰色关联度分析筛选桔梗最佳采收期[J]. 中国现代应用药学, 2024, 41(9): 1229-1237.
JING YJ, HUANG JP, WANG QL, *et al.* Study on the optimal harvesting period of *Platycodonis radix* by grey correlation method and TOPSIS method based on entropy weight method [J]. Chin J Mod Appl Pharm, 2024, 41(9): 1229-1237.
- [10] 李硕, 李敏, 李成义, 等. 基于灰色关联分析方法评价当归不同栽培品种(品系)种子质量[J]. 中国现代中药, 2015, 17(8): 821-826, 835.
LI S, LI M, LI CY, *et al.* Study on quality evaluation of different varieties (strains) seeds of *Angelica sinensis* by grey incidence degree method [J]. Mod Chin Med, 2015, 17(8): 821-826, 835.
- [11] 关树光, 韩曦英, 宋美薇, 等. 吉林省不同产地关黄柏药材质量的灰色关联度法综合评价[J]. 药物分析杂志, 2018, 38(7): 1275-1279.
GUAN SG, HAN XY, SONG MW, *et al.* Comprehensive evaluation of the quality of *Phellodendri amurensis* cortex from different habitats of Jilin Province based on grey relation analysis [J]. Chin J Pharm Anal, 2018, 38(7): 1275-1279.
- [12] 邹晨鑫, 彭毅丹, 刘亦欣, 等. 连翘种子品质检验及质量分级标准研

- 究[J]. 中南药学, 2024, 22(2): 399–403.
- ZOU CX, PENG YD, LIU YX, *et al.* Quality test and quality grading standard for *Forsythia suspensa* seeds [J]. Cent South Pharm, 2020, 42(12): 3221–3227.
- [13] 于艳奇, 杨明源, 吕春茂, 等. 基于主成分及聚类分析的板栗品质综合评价[J]. 食品工业科技, 2024, 21(12): 1–19.
- YU YQ, YANG MY, LV CM, *et al.* Comprehensive evaluation of chestnut quality based on principal component and cluster analysis [J]. Sci Technol Food Ind, 2024, 21(12): 1–19.
- [14] 乔亚玲, 宋霞, 刘亚蓉, 等. 基于 UPLC 指纹图谱与抗氧化谱效关系的枸杞子质量标志物研究[J]. 中国现代中药, 2024, 26(3): 471–478.
- QIAO YL, SONG X, LIU YR, *et al.* Quality markers of *Lycii fructus* based on UPLC fingerprint and antioxidant spectrum-effect relationship [J]. Mod Chin Med, 2024, 26(3): 471–478.
- [15] 徐浩, 吴之易, 王圣隆, 等. 论道地药材的成因及发展现状[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(4): 1793–1797.
- XU H, WU ZY, WANG SL, *et al.* Discussion on the origin and development status of genuine regional drug [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2021, 36(4): 1793–1797.
- [16] 刘付松, 李尧尧, 聂绪强, 等. 基于感官特征结合灰色关联度法评价积雪草质量[J]. 中国新药杂志, 2021, 30(20): 1881–1889.
- LIU FS, LI YY, NIE XQ, *et al.* Quality evaluation of *Centella asiatica* based on sensory characteristics and gray relational analysis [J]. Chin J New Drug, 2021, 30(20): 1881–1889.
- [17] 肖日传, 匡艳辉, 张传平, 等. 基于熵权法和灰色关联度法的人参质量综合评价[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(7): 4243–4248.
- XIAO RC, KUANG YH, ZHANG CP, *et al.* Comprehensive quality evaluation of *Panax ginseng* by entropy weight and grey incidence degree method [J]. China J Tradit Chin Med Pharm, 2021, 36(7): 4243–4248.
- [18] 杨青, 余永亮, 许兰杰, 等. 山茱萸化学成分研究进展[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(21): 25–27.
- YANG Q, YU YL, XU LJ, *et al.* Research progress on chemical constituents of *Cornus officinalis* [J]. J Anhui Agric Sci, 2022, 50(21): 25–27.
- [19] YOUNAS M. Multi-objective optimization for sustainable turning Ti6Al4V alloy using grey relational analysis (GRA) based on analytic hierarchy process (AHP) [J]. Int J Adv Manuf Technol, 2019, 105: 1175–1188.
- [20] MARTINOVIĆ A, CAVOSKI I. The exploitation of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) cultivars and genotypes from Montenegro as a source of natural bioactive compounds [J]. Food Chem, 2020, 318: 126549.
- [21] 王艳平, 崔永蕾, 黄丽, 等. 基于灰色关联度法的枸杞子质量评价[J]. 中国现代中药, 2020, 22(11): 1851–1856, 1862.
- WANG YP, CUI YL, HUANG L, *et al.* Quality evaluation of *Lycii fructus* based on grey incidence degree method [J]. Mod Chin Med, 2020, 22(11): 1851–1856, 1862.
- [22] 李硕, 李成义, 李敏, 等. 基于灰色关联分析方法评价商品甘草药材质量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(1): 89–94.
- LI S, LI CY, LI M, *et al.* Quality evaluation of *Glycyrrhizae radix et rhizoma* by grey incidence degree method [J]. Chin J Exp Tradit Med Formulae, 2015, 21(1): 89–94.
- [23] 孙振阳, 张景珍, 王思雨, 等. 基于灰色关联度法评价西红花饮片质量[J]. 中成药, 2019, 41(10): 2430–2434.
- SUN ZY, ZHANG JZ, WANG SY, *et al.* Quality evaluation of *Crocus sativus* decoction pieces based on grey relational analysis [J]. Chin Tradit Pat Med, 2019, 41(10): 2430–2434.
- [24] 张志成, 侯开虎, 陈兴侯, 等. 基于 GECA 的成品烟叶内在化学成分聚类分析[J]. 价值工程, 2018, 37(2): 186–190.
- ZHANG ZC, HOU KH, CHEN XH, *et al.* Cluster analysis of chemical components in finished tobacco leaves based on gray entropy correlation analysis [J]. Value Eng, 2018, 37(2): 186–190.
- [25] 薛倩倩, 尹显梅, 张开元, 等. 灰色关联度法分析产地扩散对木香道地性的影响[J]. 华西药学杂志, 2016, 31(3): 278–280.
- XUE QQ, YIN XM, ZHANG KY, *et al.* Geoherbism effect of the producing area diffusion of *Aucklandia lappa* by Grey incidence degree method [J]. West China J Pharm Sci, 2016, 31(3): 278–280.
- [26] 王奕霏, 卢慧蕴, 丰心月, 等. 太子参化学成分及生物活性研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(7): 122–132.
- WANG YF, LU HY, FENG XY, *et al.* Research progress on chemical constituents and biological activities of *Pseudostellaria heterophylla* [J]. J Food Saf Qual, 2024, 15(7): 122–132.
- [27] 李少泓, 夏鹏飞, 马肖, 等. 基于灰色关联分析方法评价当归药材质量[J]. 中药材, 2012, 35(11): 1742–1746.
- LI SH, XIA PF, MA X, *et al.* Study on quality evaluation of *Angelica sinensis* by Grey incidence degree method [J]. J Chin Med Mater, 2012, 35(11): 1742–1746.
- [28] 王聪聪, 李峰, 张美玲, 等. 山东不同产地全蝎药材质量灰色关联度分析法综合评价[J]. 辽宁中医药大学学报, 2016, 18(10): 42–45.
- WANG CC, LI F, ZHANG ML, *et al.* Comprehensive evaluation about of grey correlation degree analysis method [J]. J Liaoning Univ Tradit Chin Med, 2016, 18(10): 42–45.
- [29] 刘艳妮, 李慧敏, 徐融, 等. 不同产地山茱萸中 4 种活性成分含量的 HPLC 分析[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(2): 108–110.
- LIU YN, LI HM, XU R, *et al.* Content analysis of four active components in *Cornus officinalis* from different locations by HPLC [J]. J Plant Res Environ, 2013, 22(2): 108–110.
- [30] 闫倩倩, 王建成, 张文艳. 基于多指标成分定量联合化学计量学、加权 TOPSIS 与灰色关联度融合模型评价不同产地缬草药材质量[J]. 药物评价研究, 2024(6): 1305–1315.
- YAN QQ, WANG JC, ZHANG WY. Evaluation of quality of *Valeriana officinalis* from different origins based on multi indicator component quantitative combined chemometrics, weighted TOPSIS, and grey relational degree fusion model [J]. Drug Eval Res, 2024(6): 1305–1315.
- [31] 林钦贤, 梁伟龙, 王斌, 等. 基于灰色关联分析法评价广藿香药材质量[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(2): 213–218, 263.
- LIN QX, LIANG WL, WANG B, *et al.* Quality Evaluation of *Pogostemon cablin* by grey correlation degree analysis method [J]. J Anhui Agric Sci, 2020, 48(2): 213–218, 263.
- [32] 张睿. 灰色关联分析与主成分分析综合评价不同产地柴胡质量[J]. 中国药师, 2017, 20(8): 1356–1359.
- ZHANG R. Quality evaluation of *Radix bupleuri fructus* from different habitats by grey correlation analysis and principal components analysis [J]. China Pharm, 2017, 20(8): 1356–1359.

(责任编辑: 于梦娇 蔡世佳)

作者简介

韩生兰, 硕士, 主管药师, 主要研究方向为中药分析及质量控制。
E-mail: 592506358@qq.com

乔亚玲, 硕士, 主管药师, 主要研究方向为中药分析及质量控制。
E-mail: 649483729@qq.com