

多指标定量分析及化学模式识别对不同产地千年健的质量评价研究

郑磊¹, 陈功勤¹, 刘猛^{2,3*}

1. 六安市第四人民医院 药剂科, 安徽 六安 237000

2. 皖西卫生职业学院附属医院(六安市第二人民医院)临床药学部, 安徽 六安 237008

3. 皖西学院生命与健康学院, 安徽 六安 237012

摘要:目的 对不同产地千年健 *Homalomena occulta* 中多指标含量进行检测比较, 为千年健质量评价提供依据。方法 采集 19 批不同产地千年健样品, 采用 HPLC 法, 以 CenturySIL C₁₈ BDS 柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm) 为分离色谱柱, 乙腈-0.3%磷酸为流动相梯度洗脱, 波长切换 (260、330、210 nm), 同步检测千年健中原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸 11 个成分的含量; 同时参照《中国药典》2025 年版方法测定芳樟醇含量, 并检查醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分。结合聚类分析 (hierarchical cluster analysis, HCA)、主成分分析 (principal component analysis, PCA)、因子分析 (factor analysis, FA)、偏最小二乘法-判别分析 (partial least squares-discriminant analysis, PLS-DA) 及灰色关联度分析 (grey relational analysis, GRA) 对不同产地千年健的质量进行综合评价与差异标志物筛选。结果 19 批千年健中各指标质量分数分别为原儿茶酸 0.251~0.903 mg/g、咖啡酸 0.171~0.294 mg/g、阿魏酸 0.041~0.101 mg/g、槲皮素 0.265~0.490 mg/g、芹菜素 0.144~0.250 mg/g、乔松素 0.046~0.088 mg/g、胡萝卜苷 0.237~0.509 mg/g、β-谷甾醇 0.394~1.153 mg/g、豆甾醇 0.102~0.218 mg/g、熊果酸 0.154~0.328 mg/g、桦木酸 0.071~0.116 mg/g、芳樟醇 3.022~5.079 mg/g、浸出物 19.5%~33.5%、总灰分 2.4%~6.5% 和酸不溶性灰分 0.5%~1.2%。化学模式识别分析表明, 不同产地千年健质量存在一定的差异性, 19 批样品聚为 3 组, 产地相近的样品为一组, 区分各样品的质量差异标志物为芳樟醇、槲皮素、熊果酸、β-谷甾醇和原儿茶酸。FA 与 GRA 法的质量评价结果一致, 广西产 S15~S19 样品质量较优。结论 通过分析比较不同产地千年健中多指标含量, 确定区分各样品的质量差异标志物, 为千年健的质量评价提供方法参考。

关键词: 千年健; 高效液相色谱法; 化学计量学; 灰色关联度分析法; 综合评价; 原儿茶酸; 咖啡酸; 阿魏酸; 槲皮素; 芹菜素; 乔松素; 胡萝卜苷; β-谷甾醇; 豆甾醇; 熊果酸; 桦木酸

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)11-4388-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.11.025

Quality evaluation of *Homalomena occulta* in different producing areas quantitative analysis and chemical pattern recognition

ZHENG Lei¹, CHEN Gongqin¹, LIU Meng^{2,3}

1. Department of Pharmacy, The Fourth People's Hospital of Liu'an, Liu'an 237000, China

2. Department of Clinical Pharmacy, Affiliated Hospital of West Anhui Health Vocational College (The Second people's Hospital of Liu'an City), Liu'an 237008, China

3. College of Life and Health, West Anhui University, Liu'an 237012, China

Abstract: Objective To detect and compare the contents of multiple indexes in *Homalomena occulta* from different producing areas, and to provide basis for quality evaluation of *H. occulta*. **Methods** In this study, 19 batches of *H. occulta* were collected. An HPLC method was performed on a CenturySIL C₁₈ BDS column (250 mm × 4.6 mm, 5 μm) with acetonitrile-0.3% phosphoric acid as the mobile phase under gradient elution and wavelength switching detection at 260, 330 and 210 nm to simultaneously determine the contents of 11 components (protocatechuic acid, caffeic acid, ferulic acid, quercetin, apigenin, pinocembrin, daucosterol, β-sitosterol,

收稿日期: 2026-02-16

基金项目: 安徽省高等学校科学研究项目 (2024AH051978)

作者简介: 郑磊 (1985—), 男, 安徽六安人, 主管药师, 研究方向为医院药学。Tel: (0564)3328309

*通信作者: 刘猛 (1986—), 男, 安徽六安人, 硕士, 副主任药师, 硕士研究生导师, 研究方向为中药制剂研究与开发、临床药学。

Tel: (0564)3309210 E-mail: pccp59@163.com

stigmasterol, ursolic acid, betulinic acid). The content of linalool was determined, and the alcohol-soluble extract, total ash and acid-insoluble ash were examined according to the 2025 edition of Chinese Pharmacopoeia. Hierarchical cluster analysis, principal component analysis (PCA), factor analysis (FA), partial least squares discriminant analysis (PLS-DA) and grey relational analysis (GRA) were comprehensively applied to evaluate the quality of *H. occulta* from different producing areas and to screen the quality difference markers. **Results** The contents of each index in 19 batches of *H. occulta* were protocatechuic acid 0.251—0.903 mg/g, caffeic acid 0.171—0.294 mg/g, ferulic acid 0.041—0.101 mg/g, quercetin 0.265—0.490 mg/g, apigenin 0.144—0.250 mg/g, pinocembrin 0.046—0.088 mg/g, daucosterol 0.237—0.509 mg/g, β -sitosterol 0.394—1.153 mg/g, stigmasterol 0.102—0.218 mg/g, ursolic acid 0.154—0.328 mg/g, betulinic acid 0.071—0.116 mg/g, linalool 3.022—5.079 mg/g, extract 19.5%—33.5%, total ash 2.4%—6.5% and acid-insoluble ash 0.5%—1.2%. Chemical pattern recognition analysis showed that there were some differences in the quality of *H. occulta* in different producing areas. The 19 batches of samples were divided into 3 groups, and the samples with similar origin were divided into one group. The quality difference markers of each sample were linalool, quercetin, ursolic acid, β -sitosterol and protocatechuic acid. The quality evaluation results of factor analysis and grey correlation analysis were consistent, which showed that the quality of S15—S19 samples from Guangxi was better. **Conclusion** By analyzing and comparing the contents of multiple indexes in *H. occulta* from different producing areas, the quality difference markers for distinguishing each sample were determined, which can provide a method reference for the quality evaluation of *H. occulta*.

Key words: *Homalomena occulta* (Lour.) Schott; HPLC; chemometrics; grey relational analysis; comprehensive evaluation; protocatechuic acid; caffeic acid; ferulic acid; quercetin; apigenin; pinocembrin; daucosterol; β -sitosterol; stigmasterol; ursolic acid; betulinic acid

千年健为天南星科植物千年健 *Homalomena occulta* (Lour.) Schott 的干燥根茎^[1], 主产于广西和云南, 贵州、广东和海南也有分布^[2], 具有行祛风湿、壮筋骨之功效, 用于风寒湿痹、腰膝冷痛、拘挛麻木、筋骨痿软。千年健现行质量标准为《中国药典》2025年版一部, 要求对水分、总灰分和浸出物进行检查, 同时采用气相色谱法对芳樟醇进行含量测定。但千年健化学成分种类丰富, 挥发油为其主要药理活性成分, 还含有生物碱、酚类、黄酮类、甾体类、三萜类等成分^[3-7]。其中, 酚酸类成分(如原儿茶酸、咖啡酸等)具有抗氧化、抗炎作用; 黄酮类成分(如槲皮素、芹菜素等)具有抗菌、抗病毒活性; 甾体类成分(如 β -谷甾醇等)有抗炎、免疫调节等功效。目前千年健的质量控制研究主要集中于指纹图谱^[8-9]及少数成分的定量分析^[10-11], 缺乏基于多指标成分的综合质量评价。

化学模式识别^[12-13]利用统计分析的方法从复杂的化学数据中提取有用信息, 能从海量、高维的谱图或变量中, 发现传统方法难以识别的隐藏模式和规律, 且具有稳定可量化的结果, 避免传统“肉眼观察”或经验判断带来的主观性和人为偏差, 以提升结论的可靠性与科学性。其中聚类分析(hierarchical cluster analysis, HCA)、主成分分析(principal component analysis, PCA)、偏最小二乘法-判别分析(partial least squares-discriminant analysis,

PLS-DA)、因子分析(factor analysis, FA)为其常见的分析方法, 在中药质量评价的应用越来越多。比如吴瑞等^[12]采用指纹图谱结合化学模式识别评价不同品种梅花的质量及抗氧化活性; 高艳艳等^[14]采用高效液相色谱法指纹图谱结合化学模式识别的地骨皮饮片质量。灰色关联度分析(grey relational analysis, GRA)主要用于衡量各因素之间发展趋势, 寻找评价指标间的相似性或差异性, 计算简便, 结果直观, 越来越多地用于评价中药质量, 比如张正等^[15]采用于化学计量学与灰色关联度——逼近理想解排序法模型评价知母药材的质量; 宋思蒙等^[16]基于熵权法的灰色关联法-TOPSIS法对不同产地远志的品质进行评价。本研究采集19批千年健样品, 参考《中国药典》2025年版一部, 对芳樟醇含量进行测定, 并检查浸出物、总灰分和酸不溶性灰分, 同时利用HPLC法检测千年健样品中原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、 β -谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸含量, 通过化学模式识别和GRA对含量数据进行统计分析, 构建不同产地千年健质量差异评价模型, 对不同产地的千年健进行分组和品质进行排序, 旨在千年健的道地差异研究及质量评价提供方法参考。

1 材料

1.1 试药

对照品乔松素(批号111829-202404)、阿魏酸

(批号 110773-202316)、熊果酸(批号 110742-202424), 质量分数均 $\geq 99.3\%$; 咖啡酸(批号 110885-202504)、芳樟醇(批号 111503-202004)、槲皮素(批号 100081-202411)、芹菜素(批号 111901-202205)质量分数均 $\geq 98.4\%$, 原儿茶酸(批号 110809-202207, 质量分数 97.5%)和 β -谷甾醇(批号 110851-201909, 质量分数 92.7%), 以上对照品均购自中国食品药品检定研究院; 胡萝卜苷(批号为 CFS202202)、豆甾醇(批号为 CFS202301)、桦木酸(批号为 CFS201501)购自武汉天植生物技术有限公司, 质量分数均 $\geq 98.0\%$; 乙腈、甲醇为色谱纯, 磷酸为分析纯; 19批千年健药材采集后, 除去杂质和外皮、洗净、润透、切片、干燥, 经皖西卫生职业学院附属医院刘猛副主任药师鉴定, 均为天南星科植物千年健 *H. occulta* (Lour.) Schott 的干燥根茎。采集地具体信息见表 1。

1.2 仪器

Agilent GC 7890A 型气相色谱仪(美国安捷伦科技公司); BS300S 型分析天平(北京赛多利斯仪器系统有限公司); Agilent 1200 型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司); SB-1000YDTD 型超声波清洗器(宁波新芝生物科技股份有限公司)。

表 2 19 批千年健中芳樟醇、总灰分和酸不溶性灰分 ($n=3$)

Table 2 Linalool, total ash and acid-insoluble ash in 19 bathes of *H. occulta* ($n=3$)

编号	芳樟醇/(mg·g ⁻¹)	醇溶性浸出物/%	总灰分/%	酸不溶性灰分/%	编号	芳樟醇/(mg·g ⁻¹)	醇溶性浸出物/%	总灰分/%	酸不溶性灰分/%
S1	3.876	22.6	4.6	0.7	S11	3.185	21.1	3.4	0.5
S2	4.132	26.0	5.8	0.8	S12	3.332	21.9	2.6	0.6
S3	4.498	29.6	5.1	0.8	S13	3.086	20.3	2.4	0.6
S4	4.597	25.5	5.3	0.8	S14	3.022	19.5	2.8	0.6
S5	3.940	26.0	4.3	0.7	S15	4.666	31.4	5.2	1.1
S6	4.029	27.6	3.0	0.9	S16	4.874	30.7	5.4	1.0
S7	3.960	26.0	3.6	0.8	S17	4.969	33.5	5.7	1.1
S8	3.825	25.2	4.1	0.8	S18	5.066	32.4	6.5	1.2
S9	4.236	27.5	3.5	0.9	S19	5.079	29.1	6.0	1.0
S10	3.345	21.4	3.2	0.6					

2.2 HPLC 多指标成分定量

2.2.1 色谱条件 色谱柱 CenturySIL C₁₈ BDS 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μ m); 梯度波长切换: 0~18 min 在 260 nm 波长处检测原儿茶酸、咖啡酸和阿魏酸; 18~29 min 在 330 nm 波长处检测槲皮素、芹菜素和乔松素; 29~65 min 在 210 nm 波长处检测胡萝卜苷、 β -谷甾醇、豆甾醇、熊果酸和桦木酸; 乙腈(A)-0.3%磷酸溶液(B)为流动相梯度洗脱(0~6 min, 10.0% A; 6~18 min, 10.0%~28.0% A; 18~

表 1 不同产地千年健采集信息

Table 1 Collection information of *Homalomena occulta* in different producing areas

编号	产地	采集时间	编号	产地	采集时间
S1	贵州都匀县	2025-10	S11	广东阳山县	2025-11
S2	贵州安龙县	2025-10	S12	广东封开县	2025-10
S3	贵州三都县	2025-11	S13	广东蕉岭县	2025-11
S4	贵州荔波县	2025-11	S14	广东翁源县	2025-10
S5	云南勐海县	2025-10	S15	广西平南县	2025-11
S6	云南屏边县	2025-10	S16	广西苍梧县	2025-11
S7	云南河口县	2025-10	S17	广西东兴市	2025-11
S8	云南马关县	2025-11	S18	广西金秀县	2025-10
S9	云南勐腊县	2025-11	S19	广西那坡县	2025-10
S10	广东龙门县	2025-11			

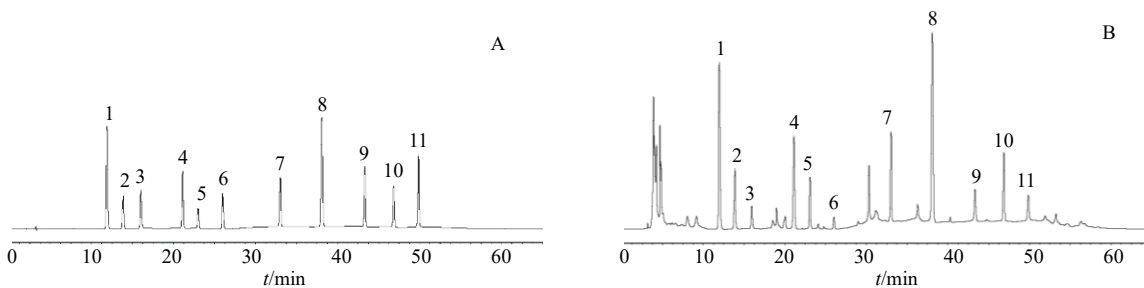
2 方法与结果

2.1 芳樟醇含量及醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分检查

取 19 批千年健(编号 S1~S19)药材细粉(过二号筛)约 2.0 g, 按《中国药典》2025 年版一部千年健项下方法制备供试品溶液, 并依法测定芳樟醇含量。取千年健样品适量, 以稀乙醇作溶剂, 根据《中国药典》2025 年版四部(通则 2201)^[18]检查醇溶性浸出物; 根据通则 2302^[18]检查总灰分和酸不溶性灰分。结果见表 2。

29 min, 28%~55.0% A; 29~53 min, 55.0%~86.0% A; 53~65 min, 86.0%~10.0% A); 进样量 10 μ L, 柱温 30 $^{\circ}$ C, 体积流量 1.0 mL/min。

2.2.2 系统适用性试验 取混合对照品溶液及供试品溶液(S1), 按上述色谱条件进样测定。结果显示, 各指标成分与相邻成分间分离效果良好, 供试品与对照品中 11 个成分的保留时间基本一致, 理论板数按各成分计均大于 5 500, 拖尾因子在 0.95~1.05(图 1), 表明系统适用性良好。



1-原儿茶酸; 2-咖啡酸; 3-阿魏酸; 4-槲皮素; 5-芹菜素; 6-乔松素; 7-胡萝卜苷; 8-β-谷甾醇; 9-豆甾醇; 10-熊果酸; 11-桦木酸。
1-protocatechuic acid; 2-caffeic acid; 3-ferulic acid; 4-quercetin; 5-apigenin; 6-pinocebrin; 7-daucosterol; 8-β-sitosterol; 9-stigmasterol; 10-ursolic acid; 11-betulinic acid.

图1 混合对照品 (A) 与千年健样品 (B) 的色谱图

Fig. 1 Chromatographic diagrams of mixed reference substance (A) and *H. occulta* sample (B)

2.2.3 对照品溶液的制备 精密称取原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸对照品，经80%甲醇溶解，制成含原儿茶酸0.212 mg/mL、咖啡酸0.076 mg/mL、阿魏酸0.028 mg/mL、槲皮素0.160 mg/mL、芹菜素0.072 mg/mL、乔松素0.024 mg/mL、胡萝卜苷0.118 mg/mL、β-谷甾醇0.270 mg/mL、豆甾醇0.052 mg/mL、熊果酸0.090 mg/mL、桦木酸0.036 mg/mL的贮备液，精密吸取该贮备液，用80%甲醇定量稀释20倍，即得含原儿茶酸10.60 μg/mL、咖啡酸3.80 μg/mL、阿魏酸1.40 μg/mL、槲皮素8.00 μg/mL、芹菜素3.60 μg/mL、乔松素1.20 μg/mL、胡萝卜苷5.90 μg/mL、β-谷甾醇13.50 μg/mL、豆甾醇2.60 μg/mL、熊果酸4.50 μg/mL、桦

木酸1.80 μg/mL的混合对照品溶液。

2.2.4 供试品溶液的制备 取千年健药材粉末约0.4 g，精密称定，加入约20 mL 80%甲醇，超声提取45 min，滤过，滤渣用80%甲醇洗涤，合并滤液并定容至25 mL，摇匀，滤过，续滤液即为供试品溶液。

2.2.5 线性关系考察 精密量取“2.2.3”项下贮备液适量，分别用80%甲醇稀释4、10、20、40、100和200倍，充分摇匀后，分别按照“2.2.1”项条件测定，以原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸的峰面积为横坐标(X)，以各成分质量浓度为纵坐标(Y)作线性回归方程，结果11个化合物均具有良好的线性关系，见表3。

表3 11个化合物的标准曲线

Table 3 Standard curves of 11 compounds

化合物	回归方程	r	线性范围/(μg·mL ⁻¹)
原儿茶酸	$Y=4.7628 \times 10^6 X + 791.3$	0.999 1	1.06~53.00
咖啡酸	$Y=2.9117 \times 10^6 X - 1183.2$	0.999 7	0.38~19.00
阿魏酸	$Y=1.2814 \times 10^6 X + 436.9$	0.999 2	0.14~7.00
槲皮素	$Y=3.4091 \times 10^6 X + 1053.2$	0.999 5	0.80~40.00
芹菜素	$Y=2.3352 \times 10^6 X + 1708.4$	0.999 6	0.36~18.00
乔松素	$Y=8.1367 \times 10^5 X - 1026.7$	0.999 2	0.12~6.00
胡萝卜苷	$Y=4.2084 \times 10^6 X + 779.1$	0.999 4	0.59~29.50
β-谷甾醇	$Y=4.5519 \times 10^6 X + 806.8$	0.999 9	1.35~67.50
豆甾醇	$Y=1.9681 \times 10^6 X + 1381.5$	0.999 6	0.26~13.00
熊果酸	$Y=3.7076 \times 10^6 X + 447.6$	0.999 7	0.45~22.50
桦木酸	$Y=1.6018 \times 10^6 X + 650.2$	0.999 3	0.18~9.00

2.2.6 精密度试验 取千年健(S1)样品，按照“2.2.4”项下方法制备供试品溶液，重复进样6次，记录原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸峰面积并计算RSD。各成分峰面积的RSD

依次为1.06%、1.29%、1.57%、1.11%、1.32%、1.64%、1.16%、0.94%、1.45%、1.28%、1.43%。

2.2.7 重复性试验 取千年健(S1)样品6份，分别按照“2.2.4”项下方法制备供试品溶液，进样，记录原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、

乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸峰面积，并计算各成分质量分数及RSD。结果11个成分质量分数RSD依次为1.24%、1.48%、1.73%、1.31%、1.59%、1.81%、1.39%、1.15%、1.54%、1.42%、1.62%。表明该方法重复性良好。

2.2.8 稳定性试验 取千年健(S1)样品，按照“2.2.4”项下方法制备供试品溶液，分别在0、2、4、8、12、20、24h进样检测，计算原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸峰面积的RSD依次为1.63%、1.74%、1.81%、1.59%、1.52%、1.96%、1.70%、1.74%、1.58%、1.68%、1.85%。结果表明本方法在24h内具有良好的稳定性。

2.2.9 加样回收率试验 取已测定含量的千年健(S1)样品0.2g，精密称定，以高、中、低(120%、100%、80%)加入混合对照品溶液(原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸质量浓度

分别为0.112、0.041、0.013、0.084、0.036、0.012、0.063、0.127、0.029、0.054、0.019mg/mL)，按照“2.2.4”项下方法制得供试品溶液(各平行3份)，进样，计算原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸的平均加样回收率分别为98.60%、99.05%、97.78%、97.54%、99.78%、97.47%、100.05%、99.66%、98.45%、99.94%、98.41%，RSD分别为1.56%、1.14%、1.16%、1.25%、0.86%、0.93%、1.09%、0.86%、1.55%、0.60%、0.64%，结果表明所建立的方法准确性良好。

2.2.10 含量测定 取19批千年健(S1~S19)，按照“2.2.4”项下方法制备供试品溶液，进行色谱分析，利用线性关系曲线计算以上11个成分的质量分数，结果见表4。19批千年健中11个成分质量分数变化较大，质量分数最大值与最小值的倍比均超过1.7，其中原儿茶酸质量分数最大值与最小值的倍比达3.6，可能是各产地气候、降水、土质差异大造成的。

表4 不同产地与批号的千年健含量测定结果 (n=3)

Table 4 Contents of *H. occulta* from different origins and batches (n=3)

样品编号	质量分数/(mg·g ⁻¹)										
	原儿茶酸	咖啡酸	阿魏酸	槲皮素	芹菜素	乔松素	胡萝卜苷	β-谷甾醇	豆甾醇	熊果酸	桦木酸
S1	0.542	0.216	0.072	0.412	0.185	0.059	0.308	0.619	0.137	0.261	0.094
S2	0.578	0.243	0.077	0.411	0.144	0.070	0.295	0.592	0.150	0.268	0.116
S3	0.599	0.245	0.083	0.390	0.165	0.072	0.341	0.612	0.155	0.247	0.110
S4	0.643	0.220	0.082	0.423	0.177	0.068	0.237	0.643	0.171	0.279	0.111
S5	0.439	0.189	0.075	0.413	0.167	0.063	0.451	0.843	0.175	0.283	0.098
S6	0.408	0.227	0.101	0.447	0.190	0.060	0.471	0.683	0.140	0.328	0.114
S7	0.514	0.209	0.083	0.470	0.177	0.067	0.415	0.820	0.163	0.297	0.093
S8	0.601	0.221	0.089	0.490	0.181	0.069	0.393	0.735	0.152	0.321	0.103
S9	0.484	0.203	0.086	0.437	0.190	0.071	0.434	0.781	0.157	0.328	0.109
S10	0.526	0.209	0.069	0.358	0.150	0.072	0.314	0.526	0.102	0.214	0.087
S11	0.293	0.184	0.059	0.447	0.157	0.084	0.500	0.480	0.125	0.187	0.099
S12	0.313	0.189	0.063	0.400	0.161	0.082	0.426	0.498	0.140	0.184	0.071
S13	0.282	0.171	0.045	0.376	0.152	0.088	0.509	0.394	0.129	0.201	0.092
S14	0.251	0.178	0.041	0.361	0.146	0.086	0.446	0.435	0.119	0.154	0.090
S15	0.829	0.277	0.066	0.342	0.234	0.050	0.301	1.069	0.176	0.286	0.087
S16	0.808	0.294	0.080	0.323	0.244	0.053	0.258	1.109	0.218	0.220	0.085
S17	0.771	0.265	0.056	0.304	0.229	0.049	0.372	1.030	0.185	0.306	0.082
S18	0.874	0.288	0.069	0.280	0.250	0.046	0.279	1.153	0.212	0.253	0.079
S19	0.903	0.281	0.054	0.265	0.239	0.056	0.251	0.990	0.197	0.298	0.076

2.3 质量评价体系的建立

2.3.1 HCA 以芳樟醇、浸出物、总灰分和酸不溶性灰分及11个指标成分含量检测数据为变量，以批次为列，质量分数为行，利用SPSS 26.0软件，首先执行KMO测度和Bartlett球形度检验^[19]，结果显示KMO为0.650；Bartlett球形度检验近似卡方为385.942，自由度为105，P<0.05。再采用组间联接

的方法，以平方欧氏距离为测度^[20]，进行HCA，聚类图和碎石图分别见图2、3。结果欧氏距离为10时，19批千年健聚为3类：第1类为S1~S9，源于贵州和云南，第2类为S15~S19，源于广西，第3类为S10~S14源于广东。图3中前2个主成分下降幅度较大，从第3个主成分开始曲线变平缓，表明前2个主成分包含较多的原始数据信息。

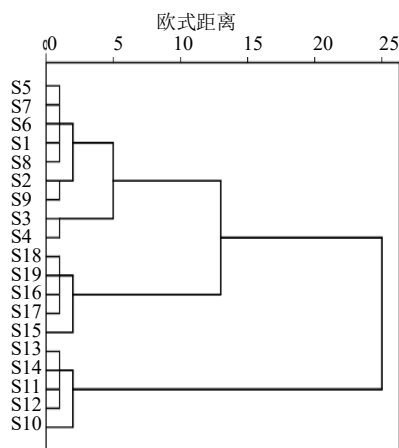


图2 19批千年健 HCA 图

Fig. 2 HCA map of 19 batches of *H. occulta*

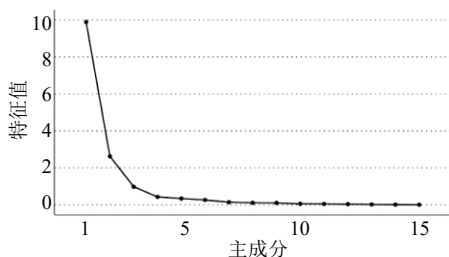


图3 19批千年健碎石图

Fig. 3 Scree plot of 19 batches of *H. occulta*

2.3.2 PCA 以芳樟醇、醇溶性浸出物、总灰分、酸不溶性灰分、原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇、豆甾醇、熊果酸和桦木酸的含量数据为变量，利用 SPSS 26.0 软件的降维方式提取主成分，结果前 2 个主成分的特

征值为 9.893 和 2.620，均 > 1^[17]，累积方差贡献率为 83.424%，表明这 2 个主成分能有效反映样品间的主要变异信息^[21]（表 5）。其中第 1 主成分的贡献率为 65.956%，反映了芳樟醇、醇溶性浸出物、总灰分、酸不溶性灰分、原儿茶酸、咖啡酸、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、β-谷甾醇和豆甾醇的信息，第 2 主成分的贡献率为 17.469%，主要反映阿魏酸、槲皮素、熊果酸和桦木酸的信息（表 6）。应用 SIMCA 14.1 软件对上述数据构建 PCA 模型，19 批千年健样品 PCA 得分图见图 4，样品分类情况与 HCA 一致。

表 5 19 批千年健中主成分方差分析

Table 5 Analysis of variance of principal components in 19 batches of *H. occulta*

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	9.893	65.956	65.956
2	2.620	17.469	83.424
3	0.975	6.497	89.922
4	0.424	2.827	92.749
5	0.335	2.230	94.979
6	0.260	1.736	96.715
7	0.136	0.906	97.621
8	0.104	0.691	98.312
9	0.098	0.655	98.967
10	0.052	0.348	99.315
11	0.045	0.301	99.617
12	0.032	0.216	99.832
13	0.017	0.110	99.943
14	0.007	0.048	99.990
15	0.001	0.010	100.000

表 6 主成分载荷表及主成分得分系数矩阵

Table 6 Principal component loading table and principal component score coefficient matrix

成分	因子载荷		成分得分系数	
	主成分1	主成分2	主成分1	主成分2
芳樟醇	0.968	0.121	0.098	0.046
醇溶性浸出物	0.928	0.171	0.094	0.065
总灰分	0.871	-0.001	0.088	0.000
酸不溶性灰分	0.946	0.079	0.096	0.030
原儿茶酸	0.961	-0.048	0.097	-0.018
咖啡酸	0.948	-0.061	0.096	-0.023
阿魏酸	0.198	0.893	0.020	0.341
槲皮素	-0.601	0.725	-0.061	0.277
芹菜素	0.915	-0.152	0.092	-0.058
乔松素	-0.929	-0.102	-0.094	-0.039
胡萝卜苷	-0.712	0.094	-0.072	0.036
β-谷甾醇	0.938	-0.007	0.095	-0.003
豆甾醇	0.895	-0.030	0.091	-0.011
熊果酸	0.518	0.709	0.052	0.271
桦木酸	-0.252	0.833	-0.025	0.318

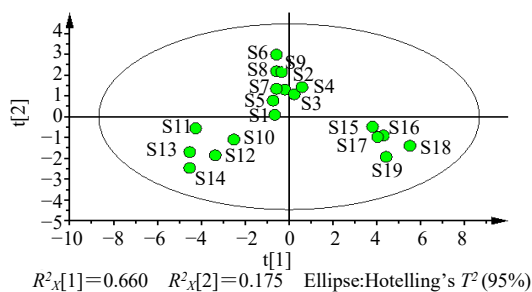


图 4 19批千年健 PCA 得分图

Fig. 4 PCA scores plot for 19 batches of *H. occulta*

2.3.3 FA 因 19 批千年健中各指标含量差异较大，且单位不统一，按公式 1 对表 2 和表 4 数据进行标准化处理，再结合 PCA 中 2 个主成分的得分得分系数，按公式 (2) ~ (4) 计算各主成分得分、权重、综合得分^[22] (表 7)，并按照主成分综合得分高低对样品进行排序。结果源于广西的 S15~S19 质量较优，其中显示 S18 的综合得分最高，质量最优。

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{SD_j} \quad (1)$$

X_{ij} 为含量原始数据， \bar{X}_j 为 19 批千年健第 j 个成分的含量均值， SD_j 为 19 批千年健第 j 个成分含量的标准差。

表 7 19 批千年健主成分得分及排序

Table 7 Principal component scores and ranking of 19 batches of *H. occulta*

编号	F_{11}	F_{12}	F_i	排序
S1	-0.210	0.049	-0.156	14
S2	-0.057	0.822	0.127	11
S3	0.086	0.664	0.207	8
S4	0.182	0.876	0.327	6
S5	-0.235	0.475	-0.087	13
S6	-0.187	1.877	0.244	7
S7	-0.187	0.817	0.023	12
S8	-0.178	1.359	0.143	10
S9	-0.109	1.334	0.193	9
S10	-0.796	-0.703	-0.777	15
S11	-1.353	-0.361	-1.146	17
S12	-1.061	-1.181	-1.086	16
S13	-1.437	-1.086	-1.364	18
S14	-1.430	-1.562	-1.458	19
S15	1.207	-0.322	0.887	3
S16	1.372	-0.559	0.968	2
S17	1.276	-0.632	0.877	4
S18	1.746	-0.884	1.196	1
S19	1.399	-1.225	0.851	5

$$F_{ij} = Y_{i1} \times x_1 + Y_{i2} \times x_2 + \dots + Y_{ij} \times x_j \quad (2)$$

Y_{ij} 为标准化后数据， x_j 为成分得分系数

$$W_j = \frac{C_j}{C_z} \quad (3)$$

W_i 为第 j 个主成分相对权重， C_j 为第 j 个主成分方差贡献率， C_z 为累积方差贡献率

$$F_i = F_{i1} \times W_{11} + F_{i2} \times W_{12} \quad (4)$$

2.3.4 PLS-DA 为进一步分析 19 批千年健样品组间差异，寻找差异标志物，继续运行 SIMCA 14.1 软件进行 PLS-DA，结果累积解释能力参数 R^2_X 为 0.900， R^2_Y 为 0.891，预测能力参数 Q^2 为 0.851，均大于 0.5^[21]，表明此模型为优质模型，PLS-DA 模型得分图 (图 5) 提示 19 批千年健聚类更显著。利用变量重要性投影 (variable importance projection, VIP) 值评估各指标对分类和质量差异的贡献，VIP 值越大，对产品分类和质量差异贡献越大。以 $VIP > 1$ 为筛选标准，筛选出 5 个关键差异性成分，包括芳樟醇、槲皮素、熊果酸、 β -谷甾醇和原儿茶酸 (图 6)，它们的 VIP 值分别为 2.031 9、1.736 7、1.427 7、1.225 5 和 1.087 7，这 5 个成分在不同产地千年健中质量差异较为显著，是引起不同产地千年健之间质量差异的主要变量。为验证 PLS-DA 模型是否过度拟合，对其模型进行 200 次置换检验，得置换检验图 (图 7)，结果最右侧的 R^2 和 Q^2 值远高于左侧 R^2 和 Q^2 值，表明 PLS-DA 模型不存在过度拟合^[23]，模型有效可靠。

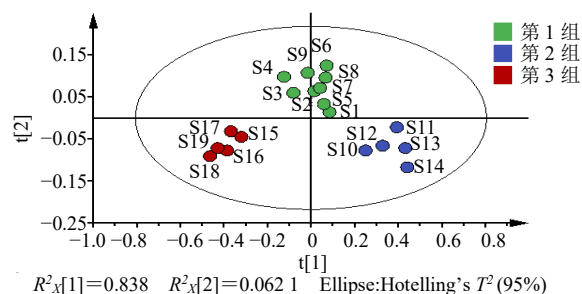
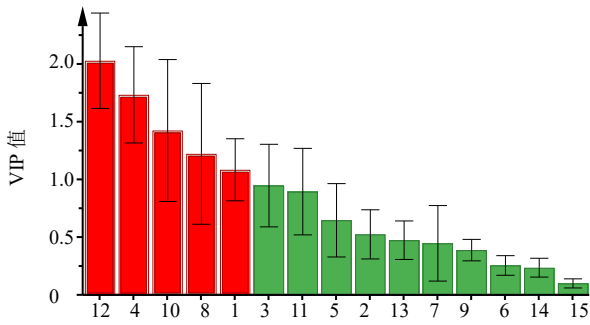


图 5 19 批千年健样品 PLS-DA 模型得分图

Fig. 5 Score chart of PLS-DA model for 19 batches of *H. occulta*

2.4 GRA

2.4.1 含量数据的均值化处理 19 批千年健中 15 个指标含量的原始数据采用公式 $Y_{ij} = Z_{ij} / Z_{vj}$ (Z_{ij} 为 15 个评价指标含量数据， Z_{vj} 为每一指标含量检测结果的均值) 进行均值化处理，见表 8。



1-原儿茶酸; 2-咖啡酸; 3-阿魏酸; 4-槲皮素; 5-芹菜素; 6-乔松素; 7-胡萝卜苷; 8-β-谷甾醇; 9-豆甾醇; 10-熊果酸; 11-桦木酸; 12-芳樟醇; 13-醇溶性浸出物; 14-总灰分; 15-酸不溶性灰分。
1-protocatechuic acid; 2-caffeic acid; 3-ferulic acid; 4-quercetin; 5-apigenin; 6-pinocembrin; 7-daucosterol; 8-β-sitosterol; 9-stigmasterol; 10-ursolic acid; 11-betulinic acid; 12-linalool; 13-alcohol-soluble extract; 14-total ash; 15-acid-insoluble ash.

图 6 PLS-DA 中各成分 VIP 图
Fig. 6 VIP plot of each component in PLS-DA

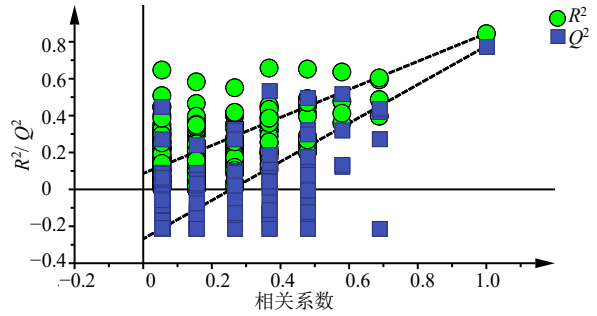


图 7 PLS-DA 置换检测结果图
Fig. 7 Permutation test plot of PLS-DA

2.4.2 关联系数的计算 以均值化后各指标的最大值为最优参考序列，最小值为最差参考序列^[24]。计算各评价单元与最优、最差参考序列关联系数 $C_{j(b)}^i$ 和 $C_{j(s)}^i$ 。各评价单元与最优参考序列关联系数见表 9。

2.4.3 样品质量优劣排序 计算被评价对象与最优参考序列的关联度 (R_{ib})、与最差参考序列的关

表 8 19 批千年健中各样本数列无量纲化处理结果

Table 8 Dimensionless processing results of 19 batches of *H. occulta* samples

编号	Y_{ij}														
	原儿茶酸	咖啡酸	阿魏酸	槲皮素	芹菜素	乔松素	胡萝卜苷	β-谷甾醇	豆甾醇	熊果酸	桦木酸	芳樟醇	醇溶性浸出物	总灰分	酸不溶性灰分
S1	0.966 3	0.952 4	1.012 7	1.065 1	0.993 6	0.885 9	0.835 8	0.839 3	0.866 5	1.008 9	0.994 7	0.947 6	0.863 6	1.059 9	0.853 7
S2	1.030 5	1.071 4	1.083 0	1.062 6	0.773 4	1.051 1	0.800 5	0.802 7	0.948 8	1.035 9	1.227 5	1.010 2	0.993 5	1.336 4	0.975 6
S3	1.067 9	1.080 2	1.167 4	1.008 3	0.886 1	1.081 1	0.925 4	0.829 8	0.980 4	0.954 8	1.164 0	1.099 6	1.131 1	1.175 1	0.975 6
S4	1.146 4	0.970 0	1.153 3	1.093 6	0.950 6	1.021 0	0.643 1	0.871 9	1.081 6	1.078 5	1.174 6	1.123 9	0.974 4	1.221 2	0.975 6
S5	0.782 7	0.833 3	1.054 9	1.067 7	0.896 9	0.945 9	1.223 9	1.143 1	1.106 9	1.093 9	1.037 0	0.963 2	0.993 5	0.990 8	0.853 7
S6	0.727 4	1.000 9	1.420 5	1.155 6	1.020 4	0.900 9	1.278 2	0.926 1	0.885 5	1.267 9	1.206 3	0.985 0	1.054 6	0.691 2	1.097 6
S7	0.916 4	0.921 5	1.167 4	1.215 1	0.950 6	1.006 0	1.126 2	1.111 9	1.031 0	1.148 0	0.984 1	0.968 1	0.993 5	0.829 5	0.975 6
S8	1.071 5	0.974 4	1.251 8	1.266 8	0.972 1	1.036 0	1.066 5	0.996 6	0.961 4	1.240 8	1.089 9	0.935 1	0.962 9	0.944 7	0.975 6
S9	0.862 9	0.895 1	1.209 6	1.129 8	1.020 4	1.066 1	1.177 7	1.059 0	0.993 0	1.267 9	1.153 4	1.035 6	1.050 8	0.806 5	1.097 6
S10	0.937 8	0.921 5	0.970 5	0.925 5	0.805 6	1.081 1	0.852 1	0.713 2	0.645 2	0.827 2	0.920 6	0.817 8	0.817 7	0.737 3	0.731 7
S11	0.522 4	0.811 3	0.829 8	1.155 6	0.843 2	1.261 3	1.356 9	0.650 8	0.790 6	0.722 8	1.047 6	0.778 7	0.806 3	0.783 4	0.609 8
S12	0.558 0	0.833 3	0.886 1	1.034 1	0.864 7	1.231 2	1.156 0	0.675 3	0.885 5	0.711 2	0.751 3	0.814 6	0.836 8	0.599 1	0.731 7
S13	0.502 8	0.754 0	0.632 9	0.972 1	0.816 3	1.321 3	1.381 3	0.534 2	0.815 9	0.777 0	0.973 5	0.754 4	0.775 7	0.553 0	0.731 7
S14	0.447 5	0.784 8	0.576 7	0.933 3	0.784 1	1.291 3	1.210 3	0.589 8	0.752 7	0.595 3	0.952 4	0.738 8	0.745 1	0.645 2	0.731 7
S15	1.478 0	1.221 3	0.928 3	0.884 2	1.256 7	0.750 8	0.816 8	1.449 5	1.113 2	1.105 5	0.920 6	1.140 7	1.199 8	1.198 2	1.341 5
S16	1.440 5	1.296 3	1.125 2	0.835 1	1.310 4	0.795 8	0.700 1	1.503 7	1.378 9	0.850 4	0.899 5	1.191 6	1.173 1	1.244 2	1.219 5
S17	1.374 6	1.168 4	0.787 6	0.785 9	1.229 9	0.735 7	1.009 5	1.396 6	1.170 1	1.182 8	0.867 7	1.214 8	1.280 1	1.313 4	1.341 5
S18	1.558 2	1.269 8	0.970 5	0.723 9	1.342 6	0.690 7	0.757 1	1.563 4	1.340 9	0.978 0	0.836 0	1.238 5	1.238 1	1.497 7	1.463 4
S19	1.609 9	1.239 0	0.759 5	0.685 1	1.283 6	0.840 8	0.681 1	1.342 4	1.246 0	1.151 9	0.804 2	1.241 7	1.112 0	1.382 5	1.219 5

联度 (R_{is})、被评价对象的相对关联度 (R_i)^[25]。根据关联度分析原理，相对关联度 (R_i) 越大，表明样品质

量越优。根据相对关联度大小对 19 批样品质量优劣排序，结果见表 10。结果显示，S15~S19 品质相对较好。

表 9 各评价单元与最优参考序列关联系数
Table 9 Correlation coefficients of each evaluation unit and optimal reference sequence

样品编号	$C_{j(b)}^i$														
	原儿茶酸	咖啡酸	阿魏酸	槲皮素	芹菜素	乔松素	胡萝卜苷	β -谷甾醇	豆甾醇	熊果酸	桦木酸	芳樟醇	醇溶性浸出物	总灰分	酸不溶性灰分
S1	0.474 5	0.440 90.508	50.590	50.449	20.420	0.403 6	0.415 4	0.417 20.564	90.505	60.460	9	0.391 1	0.519 0	0.411 8	
S2	0.500 8	0.546 60.555	60.587	50.333	30.538	5 0.388 6	0.403 5	0.460 30.591	81.000	00.520	7	0.482 8	0.745 4	0.466 7	
S3	0.517 5	0.556 50.625	00.529	40.384	00.567	6 0.447 4	0.412 3	0.479 30.517	90.789	50.638	9	0.642 3	0.594 2	0.466 7	
S4	0.556 3	0.453 80.612	20.626	80.420	60.512	2 0.333 3	0.426 7	0.552 40.639	70.818	20.681	0	0.466 7	0.630 8	0.466 7	
S5	0.412 7	0.369 30.535	70.593	60.389	70.456	5 0.701 0	0.550 4	0.574 20.659	00.555	50.474	5	0.482 8	0.482 4	0.411 8	
S6	0.397 1	0.478 61.000	00.723	40.469	00.428	6 0.781 7	0.446 7	0.426 41.000	00.918	20.494	8	0.542 6	0.369 4	0.538 5	
S7	0.456 0	0.419 80.625	00.849	10.420	60.500	0 0.591 3	0.532 7	0.513 30.737	20.494	50.478	9	0.482 8	0.414 1	0.466 7	
S8	0.519 1	0.457 20.714	41.000	00.434	40.525	0 0.539 7	0.475 9	0.467 70.925	40.633	80.450	6	0.457 5	0.460 7	0.466 7	
S9	0.437 6	0.403 30.666	70.679	80.469	00.552	7 0.644 5	0.505 0	0.487 31.000	00.762	70.549	6	0.538 4	0.406 0	0.538 5	
S10	0.463 7	0.419 80.483	90.460	10.346	40.567	6 0.410 9	0.377 1	0.333 30.432	80.436	90.372	3	0.366 5	0.383 2	0.368 4	
S11	0.348 3	0.358 60.416	70.723	40.363	00.840	1 0.938 0	0.360 6	0.384 10.381	60.569	60.351	9	0.360 9	0.398 1	0.333 3	
S12	0.355 9	0.369 30.441	20.555	50.373	20.777	8 0.621 0	0.366 9	0.426 40.376	60.333	30.370	6	0.376 3	0.344 5	0.368 4	
S13	0.344 3	0.333 30.348	80.496	70.351	01.000	0 1.000 0	0.333 3	0.394 50.406	60.483	80.340	4	0.346 5	0.333 3	0.368 4	
S14	0.333 3	0.346 50.333	30.465	80.337	60.913	1 0.683 4	0.345 8	0.369 40.333	30.464	00.333	3	0.333 3	0.356 5	0.368 4	
S15	0.815 0	0.783 30.461	50.431	90.768	20.355	9 0.395 4	0.818 8	0.580 00.674	40.436	90.713	4	0.769 1	0.612 0	0.777 8	
S16	0.774 3	1.000 00.588	30.402	50.898	40.375	0 0.351 4	0.896 0	1.000 00.446	10.420	60.833	9	0.714 3	0.650 8	0.636 4	
S17	0.711 8	0.679 50.400	00.376	90.716	30.350	0 0.498 2	0.755 2	0.637 30.798	10.398	20.903	4	1.000 0	0.719 3	0.777 8	
S18	0.918 3	0.911 00.483	90.348	81.000	00.333	3 0.371 6	1.000 0	0.906 10.537	00.378	20.987	4	0.864 3	1.000 0	1.000 0	
S19	1.000 0	0.825 50.389	60.333	30.828	30.396	2 0.345 2	0.699 6	0.734 10.743	50.360	01.000	0	0.614 1	0.803 9	0.636 4	

表 10 19 批千年健相对关联度与质量的排序

Table 10 Ranking of relative correlation degree and quality of 19 batches of *H. occulta*

编号	R_{ib}	R_{is}	R_i	排序	编号	R_{ib}	R_{is}	R_i	排序
S1	0.464 9	0.561 5	0.452 9	14	S11	0.475 2	0.684 6	0.409 7	15
S2	0.541 5	0.526 8	0.506 9	12	S12	0.430 5	0.701 6	0.380 3	16
S3	0.544 6	0.490 3	0.526 2	9	S13	0.458 7	0.753 3	0.378 5	18
S4	0.546 5	0.511 4	0.516 6	10	S14	0.421 1	0.798 2	0.345 4	19
S5	0.509 9	0.527 2	0.491 7	13	S15	0.626 2	0.472 3	0.570 1	4
S6	0.601 0	0.498 3	0.546 7	6	S16	0.665 9	0.478 9	0.581 7	2
S7	0.532 1	0.503 0	0.514 1	11	S17	0.648 1	0.480 2	0.574 4	3
S8	0.568 5	0.486 7	0.538 8	8	S18	0.736 0	0.494 8	0.598 0	1
S9	0.576 1	0.479 5	0.545 8	7	S19	0.647 3	0.521 6	0.553 8	5
S10	0.414 9	0.678 1	0.379 6	17					

3 讨论

本研究在前期分别考察了超声和加热回流的提取方式、提取溶剂(60%~90%甲醇)和提取时间(30、45、60 min),以原儿茶酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、 β -谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸的含量为依据,确定 80% 甲醇超声提取 45 min 为千年健供试品制备的方法。通过紫外扫描法对比分析以上 11 个对照品溶液的紫外图谱,采用梯度波长切换法检测:0~18 min 在 260 nm 波长处检测原儿茶酸、咖啡酸和阿魏酸;

18~30 min 在 330 nm 波长处检测槲皮素、芹菜素和乔松素;30~65 min 在 210 nm 波长处检测胡萝卜苷、 β -谷甾醇、豆甾醇、熊果酸和桦木酸。试验还考察了水及不同体积分数磷酸溶液(0.05%~0.3%)-乙腈为流动相时,11 个成分的分离效果,结果发现,采用乙腈-0.3%磷酸溶液时,供试品色谱图基线平稳,各成分与相邻色谱峰分离良好。

本试验以 19 批千年健为研究对象,首先采用《中国药典》2025 年版方法检测了浸出物、总灰分、酸不溶性灰分和芳樟醇含量,进而建立了原儿茶

酸、咖啡酸、阿魏酸、槲皮素、芹菜素、乔松素、胡萝卜苷、 β -谷甾醇、豆甾醇、熊果酸、桦木酸的 HPLC 方法学考察及含量测定, 基于含量数据, 采用化学模式识别与 GRA 法构建了不同产地千年健质量评价模型, 结果方法学验证均符合现行中国药典要求, 19 批千年健样品质量差异较大, 含量分别为原儿茶酸 0.251~0.903 mg/g、咖啡酸 0.171~0.294 mg/g、阿魏酸 0.041~0.101 mg/g、槲皮素 0.265~0.490 mg/g、芹菜素 0.144~0.250 mg/g、乔松素 0.046~0.088 mg/g、胡萝卜苷 0.237~0.509 mg/g、 β -谷甾醇 0.394~1.153 mg/g、豆甾醇 0.102~0.218 mg/g、熊果酸 0.154~0.328 mg/g、桦木酸 0.071~0.116 mg/g、芳樟醇 3.022~5.079 mg/g、醇溶性浸出物 19.5%~33.5%、总灰分 2.4%~6.5%和酸不溶性灰分 0.5%~1.2%, 含量最大值与最小值的倍比均超过 1.7, 以原儿茶酸差异最大, 含量最大值与最小值的倍比达 3.6, 可能是各产地气候、降水、土质差异大造成的。化学模式识别分析结果显示 19 批不同产地千年健呈明显的分类趋势, HCA 与 PCA 均显示样品聚焦为 3 组, 呈现一定的产区差异。与何丹等^[8]HPLC 指纹图谱研究及蒋丽娟等^[10]单一成分定量分析不同, 本研究通过增加指标成分数量, 并联合化学模式识别与 GRA 分析, 构建的模型能更全面、客观地反映不同产地千年健的质量差异。PLS-DA 筛选出引起千年健样品分类和质量差异的主要标志物为芳樟醇、槲皮素、熊果酸、 β -谷甾醇和原儿茶酸, 为后续进一步丰富千年健质量标准提供参考。FA 和 GRA 分析结果一致显示, 广西产地的千年健整体质量较好, 为千年健的道地性研究指明了方向。

此外, 本研究尚存在一定局限性。首先, 虽然采集了 4 个省份共 19 批样品, 但部分产区的样品批次数量不均衡, 未来研究应进一步增加样品量, 特别是扩大广西、云南等主产区的样本量, 以增强结论的代表性。其次, 本研究主要基于化学成分进行评价, 未能与药效学指标进行关联分析。后续可开展谱效关系研究, 以筛选出更能体现千年健功效的质量评价指标。本研究基于 19 批千年健的多指标定量, 建立了化学模式识别、GRA 法的不同产地千年健质量评价模型, 为千年健的质量控制研究提供技术方法和基础数据, 为千年健道地性研究和质量评价提供有力的数据参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2025: 36-37.
- [2] 韩沙, 黄光泰, 梁世麒, 等. 千年健的研究进展以及质量标志物的预测分析 [J]. 陕西中医药大学学报, 2024, 47(2): 144-150.
- [3] 张珍珍, 李晋奇, 曾明辉. 千年健化学成分及其药理作用研究进展 [J]. 成都中医药大学学报, 2021, 44(4): 98-108.
- [4] Yang J L, Zhao Y M, Shi Y P. Sesquiterpenoids from the rhizomes of *Homalomena occulta* [J]. *Nat Prod Bioprospect*, 2016, 6(4): 211-216.
- [5] Zeng L B, Zhang Z R, Luo Z H, et al. Antioxidant activity and chemical constituents of essential oil and extracts of *Rhizoma Homalomenae* [J]. *Food Chem*, 2011, 125(2): 456-463.
- [6] 杨仁勇, 王云涛, 王梦然, 等. 千年健萜类化学成分及其细胞毒活性研究 [J]. 中草药, 2021, 52(11): 3167-3173.
- [7] Singh G, Kapoor I P S, Singh O P, et al. Studies on essential oils, part 28: Chemical composition, antifungal and insecticidal activities of rhizome volatile oil of *Homalomena aromatica* Schott [J]. *Flavour Fragr J*, 2000, 15(4): 278-280.
- [8] 何丹, 张舒涵, 王佳凤, 等. 千年健 HPLC 指纹图谱研究 [J]. 中草药, 2018, 49(5): 1165-1168.
- [9] 茅银燕, 岳显可. 基于主成分分析的不同产地千年健 GC 指纹图谱研究 [J]. 实用药物与临床, 2017, 20(8): 933-936.
- [10] 蒋丽娟, 韦佳先, 周平秀, 等. 定量核磁共振氢谱法同时测定千年健中芳樟醇、原儿茶酸的含量 [J]. 药物分析杂志, 2024, 44(6): 946-951.
- [11] 何丹. 千年健质量标准、药效物质及作用机理研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2018.
- [12] 吴瑞, 程庆兵, 金凤华, 等. 基于指纹图谱结合化学模式识别评价不同品种梅花的质量及抗氧化活性 [J]. 中草药, 2026, 57(2): 652-664.
- [13] 赵山, 全新朵, 王晓波, 等. 多指标定量、化学模式识别结合加权 TOPSIS 与灰色关联度融合模型的木芙蓉叶质量评价 [J]. 中国中医药信息杂志, 2025, 32(3): 129-135.
- [14] 高艳艳, 陈晓鹤, 苏磊, 等. 高效液相色谱法指纹图谱结合化学模式识别的地骨皮饮片质量研究 [J]. 世界中医药, 2023, 18(5): 593-599.
- [15] 张正, 王洪东, 喻璐喆, 等. 基于化学计量学与灰色关联度-逼近理想解排序法模型的知母药材质量评价方法 [J]. 安徽中医药大学学报, 2024, 43(5): 91-98.
- [16] 宋思蒙, 刘文婷, 龚莉, 等. 基于熵权法的灰色关联法-TOPSIS 法对不同产地远志的品质评价 [J]. 现代中药

- 研究与实践, 2025, 39(5): 6-11.
- [17] 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.
- [18] 中国药典 [S]. 四部. 2025: 307.
- [19] 张宝生, 井晓庆, 王星元. 基于因子分析和 Logistic 回归的食品安全风险热度预测 [J]. 科技和产业, 2025, 25(19): 305-311.
- [20] 秦苹, 陆颖颖, 张文明, 等. 基于 HPLC 多成分定量测定结合化学模式识别及 TOPSIS 分析的葛根芩连片质量评价 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2026, 32(6): 217-224.
- [21] 张艺蕾, 杨冰月, 赵璠, 等. 基于指纹图谱及化学模式识别法结合多指标含量测定对不同直径远志根各部位的质量评价 [J]. 中草药, 2026, 57(3): 1091-1100.
- [22] 杨馨, 徐念智, 符文凤, 等. 基于高效液相色谱指纹图谱结合化学计量法分析广西鹅掌柴质量 [J]. 医药导报, 2024, 43(2): 267-273.
- [23] 徐荣荣, 李蕊, 张楚涵, 等. 基于 UPLC 指纹图谱及多成分含量测定结合化学计量学评价不同产地连翘质量 [J]. 中草药, 2025, 56(17): 6362-6369.
- [24] 巴小翠, 孙俊英, 陈玉洁, 等. 基于化学计量学, 灰色关联度, 一测多评多组分定量分析的童康片质量控制研究 [J]. 中国现代中药, 2024, 26(6): 1075-1084.
- [25] 范耀耀, 罗宇琴, 李国卫, 等. 基于灰色关联度分析与 TOPSIS 模型的不同产地射干标准汤剂质量评价 [J]. 中药材, 2022, 45(3): 659-663.

[责任编辑 时圣明]