基于多指标定量、化学计量学及加权TOPSIS分析的不同产地藤梨根质量差异评价

梁田[1a,2]，刘源[1a,2]，胡庆梅[3]，王田[1b,2]，赵敏[1a,2*]（1.商丘市第一人民医院，a.药学部，b.消化内科，河南 商丘 476100；2.徐州医科大学商丘临床学院，河南 商丘 476100；3.江西中医药大学药学院，江西 南昌 330004）

摘要：目的 建立同时测定藤梨根中儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸、β-谷甾醇、醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分含量的方法，探索化学计量学和加权TOPSIS模型在藤梨根质量评价中的应用。**方法** 采用HPLC法，以乙腈-0.2%磷酸为流动相，梯度洗脱；检测波长分别为280 nm和210 nm；对多指标含量结果进行PCA、OPLS-DA分析，同时建立加权TOPSIS模型，综合评价藤梨根的整体质量。**结果** 外标法方法学验证结果均符合中国药典要求。化学计量学分析结果显示18批藤梨根聚为3类，提示表儿茶素、β-谷甾醇、积雪草酸、熊果酸、槲皮素和儿茶素是影响藤梨根产品质量的主要潜在标志物。加权TOPSIS法的最优解的欧氏贴近度（C_i）为0.143 8～0.763 4，藤梨根存在一定批间差异。**结论** 多指标定量结合化学计量学及加权TOPSIS法的藤梨根质量评价方法高效准确，重复性和稳定性良好，可用于藤梨根的质量评价。

关键词：藤梨根；高效液相色谱法；化学计量学；加权TOPSIS法；质量差异评价

中图分类号：R917　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1674-229X（2026）02-00105-08

Doi：10.12048/j.issn.1674-229X.2026.02.004

Quality Difference Evaluation of Actinidiae chinensis radix based on Multi-index Quantification, Chemometrics and Weighted TOPSIS Model

LIANG Tian[1a,2], LIU Yuan[1a,2], HU Qingmei[3], WANG Tian[1b,2], ZHAO Min[1a,2*] (*1.a.Department of Pharmacy, b.Department of Digestive Medicine, The First People's Hospital of Shangqiu, Shangqiu, Henan* 476100, *China*; 2.*Shangqiu Clinical College of Xuzhou Medical University, Shangqiu, Henan* 476100, *China*; 3. *School of Pharmacy, Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang, Jiangxi* 330004, *China*)

ABSTRACT: OBJECTIVE To establish a method for the simultaneous determination of catechin, epicatechin, isoquercitrin, quercetin, madecassic acid, asiatic acid, corosolic acid, oleanolic acid, ursolic acid, β-sitosterol, ethanol-soluble extractive, total ash and acid-insoluble ash in *Actinidiae chinensis Radix* (*Radix Actinidiae Chinensis*, *Tengligen*), and explore the application of chemometrics and weighted TOPSIS in the quality evaluation of *Actinidiae chinensis radix*. **METHODS** An HPLC method was adopted with acetonitrile-0.2% phosphoric acid solution as the mobile phase under gradient elution. The detection wavelengths were set at 280 nm and 210 nm. Chemometric analysis (principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares-discriminant analysis (OPLS-DA)) was performed on the multi-index content results, and a weighted TOPSIS model was established to comprehensively evaluate the overall quality of *Actinidiae chinensis radix*. **RESULTS** The methodological validation results of the external standard method for HPLC simultaneous determination were consistent with the requirements of the Chinese Pharmacopoeia (ChP). The results of chemometrics analysis showed that 18 batches of *Actinidiae chinensis radix* were clustered into three categories, and epicatechin, β-sitosterol, asiatic acid, ursolic acid, quercetin and catechin were the main potential quality markers affecting the quality of *Actinidiae chinensis radix*. The Euclidean closeness degree (C_i) of the weighted TOPSIS method ranged from 0.143 8 to 0.763 4, indicating a certain degree of batch-to-batch variation in *Actinidiae chinensis radix*. **CONCLUSION** The multi-index quantitative evaluation method combined with chemometrics and weighted TOPSIS method of *Actinidiae chinensis radix* is efficient and accurate, with good repeatability and stability, which can be used for the quality evaluation of *Actinidiae chinensis radix*.

KEYWORDS: *Actinidiae chinensis radix*; high performance liquid chromatography (HPLC); chemometrics; weighted TOPSIS method; multi-index quality evaluation

基金项目：河南省医学科技攻关计划联合共建和软科学项目（LHGJ20240819）

作者简介：梁田，主管药师，研究方向：药物质量评价及医院药学　　*通信作者：赵敏，副主任药师，研究方向：药学，E-mail：kggape@163.com

藤梨根为猕猴桃科植物中华猕猴桃*Actinidiae chinensis* Planch.的干燥根[1]。主要分布于我国华北、西北等地，陕西省广泛栽培[2,3]。藤梨根所含化学成分包括三萜类、黄酮类、甾体类等，其中三萜类化合物是其主要化学成分[4-6]，具有祛风利湿、活血散结、清热解毒的功效。主要用于风湿痹痛、跌打损伤、痈疖肿痛等[7]。现代药理学研究表明，藤梨根具有明显的抗肿瘤、抗癌、保肝、降血脂、免疫调节、抗氧化、抗病毒等作用[8-11]。藤梨根目前执行地方标准，标准相对简单，与其质量控制相关的文献报道也仅对藤梨根中1~2个成分进行了定量，不同产地藤梨根质量差异尚未得到充分阐明。化学计量学[12-15]可通过降维的方式处理多指标含量数据，使复杂问题简单化，利于提示中药材复杂成分间隐藏的规律。TOPSIS法[16,17]是解决有限方案中较多目标决策分析的方法，可与化学计量学相结合，利用各评价指标的VIP值为权重，使评价结果更科学合理。本研究利用HPLC法检测18批藤梨根中儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇含量，按照山东省中药材标准[7]收录的藤梨根质量标准检测醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分含量，再利用化学计量学及加权TOPSIS法表征不同产地藤梨根的整体质量及质量差异性，以期为藤梨根的质量控制提供参考。

1 材料

1.1 试药

对照品表儿茶素、熊果酸、槲皮素、儿茶素、异槲皮苷、齐墩果酸和β-谷甾醇（中国食品药品检定研究院，批号：110878-201703、110742-202424、100081-202411、110877-202306、111809-202205、110709-202109、110851-201909，含量：99.7%、99.7%、98.7%、96.6%、96.3%、95.8%、92.7%）；羟基积雪草酸、积雪草酸和科罗索酸（成都普瑞法科技开发有限公司，批号：PRF10022242、PRF8070721、PRF8092102，含量：99.9%、99.0%、98.5%）；藤梨根药材经鉴定为猕猴桃科植物中华猕猴桃*Actinidiae chinensis* Planch.的干燥根，样品信息见表1；乙腈和磷酸（美国Tedia公司，色谱纯），甲醇为分析纯，水为纯净水。

1.2 仪器

分析天平（QUINTIX型，北京赛多利斯科学仪器公司）；高效液相色谱仪（1260 Infinity Ⅱ型，美国Agilengt Technologies公司）。

2 方法与结果

2.1 对照品溶液的制备

精密称取10个对照品，用60%甲醇溶解制成每1 mL含儿茶素0.492 mg、表儿茶素0.970 mg、异槲皮苷0.376 mg、槲皮素0.430 mg、羟基积雪草酸0.054 mg、积雪草酸0.532 mg、科罗索酸0.028 mg、齐墩果酸0.140 mg、熊果酸0.292 mg和β-谷甾醇0.076 mg的混合对照品贮备液，精密吸取混合对照品贮备液1.0 mL，置20 mL量瓶中，用60%甲醇定容，即得（溶液含儿茶素24.60 μg·mL^{-1}、表儿茶素48.50 μg·mL^{-1}、异槲皮苷18.80 μg·mL^{-1}、槲皮素21.50 μg·mL^{-1}、羟基积雪草酸2.70 μg·mL^{-1}、积雪草酸26.60 μg·mL^{-1}、科罗索酸1.40 μg·mL^{-1}、齐墩果酸7.00 μg·mL^{-1}、熊果酸14.60 μg·mL^{-1}、β-谷甾醇3.80 μg·mL^{-1}）。

2.2 供试品溶液的制备

取藤梨根粉末约0.5 g，精密称定，精密加60%甲醇25 mL，称重，加热回流提取30 min，放冷，擦干，再称重，用60%甲醇补重，过滤，即得。

表1 样品信息

编号	产地	采挖时间	编号	产地	采挖时间
S1	河南罗山县	2024年10月	S10	陕西眉县	2024年10月
S2	河南光山县	2024年10月	S11	陕西凤县	2024年10月
S3	河南淅川县	2024年11月	S12	甘肃徽县	2024年11月
S4	湖北广水市	2024年11月	S13	甘肃康县	2024年11月
S5	湖北房县	2024年11月	S14	四川峨边县	2024年10月
S6	湖南新化县	2024年10月	S15	四川康定市	2024年10月
S7	湖南宜章县	2024年10月	S16	贵州独山县	2024年11月
S8	陕西丹凤县	2024年10月	S17	贵州罗甸县	2024年11月
S9	陕西石泉县	2024年10月	S18	贵州平塘县	2024年11月

2.3 色谱条件

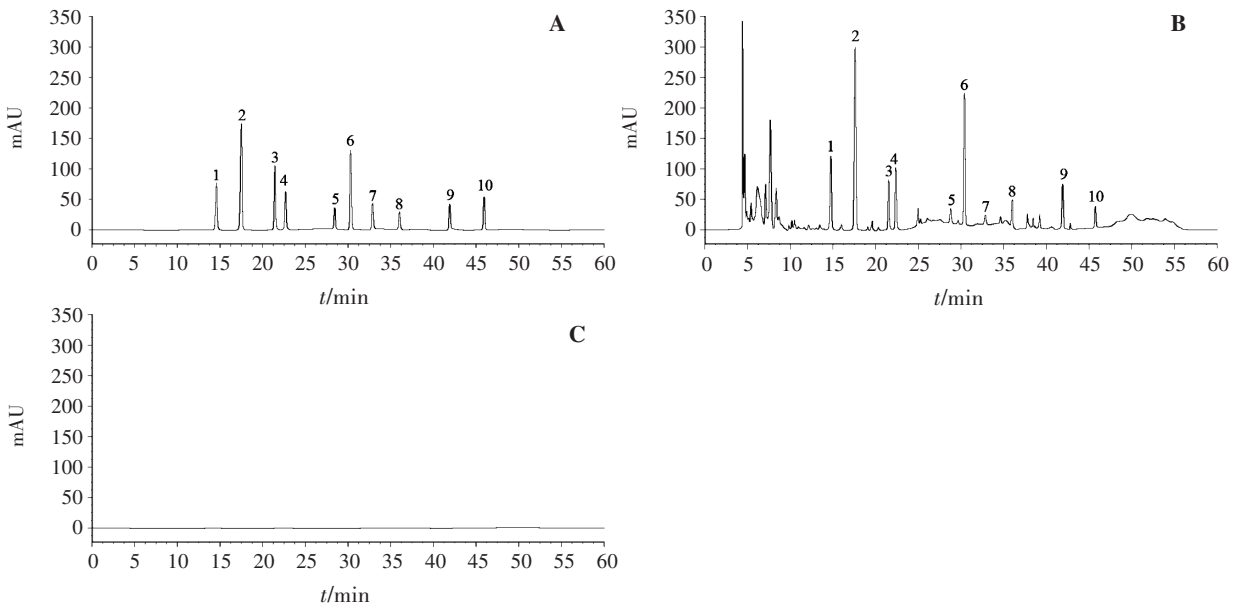
选用 Apollo C_{18} 色谱柱（250 mm×4.6 mm，5 μm）；乙腈（A）-0.2% 磷酸为流动相梯度洗脱（0~12 min，15.0%A；12~25 min，15.0%→28.0%A；25~49 min，28%A→86.0%A；49~60 min，86.0%→15.0%A）；儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷和槲皮素的检测波长为 280 nm（0~25 min），羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇的检测波长为 210 nm（25~60 min）；进样体积 10 μL，柱温 30 ℃，流量 1.0 mL·min^{-1}。

2.4 专属性试验

取混合对照品溶液和供试品溶液各适量，按“2.3”项下条件进样测定，记录色谱图（图 1）。由图 1 可知，混合对照品溶液与供试品溶液在相同保留时间处有相应的色谱峰出现，与相邻色谱峰分离效果较好，空白溶液未对检测产生干扰。

2.5 线性关系考察

精密量取“2.1”项贮备液，用 60% 甲醇逐步稀释，制得系列混合对照品溶液（4、10、20、40、100、200 倍）作为线性关系考察用溶液。取贮备液采用倍比稀释法，以信噪比 10∶1 对应的质量浓度作为定量限，以信噪比 3∶1 对应的质量浓度作为检测限。精密吸取以上系列溶液分别进样测定，以质量浓度为横轴（x），峰面积为纵轴（y）进行线性回归，结果见表 2。10 种成分的相关系数均高于 0.999，表明各成分在各自质量浓度范围内线性关系良好。



注：A. 对照品；B. 供试品；C. 空白溶液（60% 甲醇）；1. 儿茶素；2. 表儿茶素；3. 异槲皮苷；4. 槲皮素；5. 羟基积雪草酸；6. 积雪草酸；7. 科罗索酸；8. 齐墩果酸；9. 熊果酸；10.β-谷甾醇。

图 1　高效液相色谱图

表 2　10 种成分线性关系

对照品	线性范围/μg·mL^{-1}	回归方程	r	定量限/μg·mL^{-1}	检测限/μg·mL^{-1}
儿茶素	2.46~123.00	y=2.952 6×10^6x−706.2	0.999 6	0.341	0.107
表儿茶素	4.85~242.50	y=3.281 7×10^6x+438.1	0.999 3	0.433	0.128
异槲皮苷	1.88~94.00	y=1.733 2×10^6x+690.9	0.999 1	0.245	0.074
槲皮素	2.15~107.50	y=2.388 6×10^6x+1 147.3	0.999 8	0.308	0.091
羟基积雪草酸	0.27~13.50	y=9.362 9×10^5x+854.6	0.999 2	0.164	0.047
积雪草酸	2.66~133.00	y=3.534 6×10^6x+518.2	0.999 9	0.376	0.114
科罗索酸	0.14~7.00	y=6.214 7×10^5x+623.5	0.999 4	0.138	0.039
齐墩果酸	0.70~35.00	y=1.134 9×10^6x+1 039.8	0.999 3	0.153	0.047
熊果酸	1.46~73.00	y=1.401 6×10^6x+718.2	0.999 5	0.206	0.063
β-谷甾醇	0.38~19.00	y=8.012 5×10^{5}x+834.7	0.999 7	0.149	0.043

2.6 精密度、稳定性及重复性试验

取混合对照品溶液，连续进样5次，结果各成分峰面积的*RSD*依次为1.03%、0.87%、1.21%、1.16%、1.63%、1.04%、1.82%、1.42%、1.28%和1.57%（n=5）。取1份藤梨根（S1）供试品溶液，制备后，于0、2、4、8、12、16、20 h进样，结果供试品溶液具有一定的稳定性，各成分峰面积的*RSD*依次为1.29%、1.10%、1.34%、1.27%、1.74%、1.12%、1.87%、1.55%、1.43%和1.62%（n=7）。取藤梨根（S1）6份，制成供试品溶液，进样，计算10个成分含量，10个成分含量的*RSD*依次为1.28%、1.16%、1.42%、1.37%、1.82%、1.23%、1.89%、1.69%、1.51%和1.73%（n=6）。

2.7 回收试验

取已知儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇含量分别为1.032、2.875、0.742、0.894、0.116、1.429、0.053、0.317、0.592和0.174 mg·g^{-1}的藤梨根（S1）9份，每份约0.25 g，精密称定，按照藤梨根中10个成分含量的80%、100%、120%分别加入混合对照品溶液（每mL含儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇分别为0.259、0.716、0.182、0.227、0.028 、0.352、0.013、0.081、0.153和0.046 mg），每个质量浓度下平行备样3份，其余操作同“2.2”项，进样，测定10个成分含量，计算10个成分的平均加样回收率及*RSD*分别为98.63%（1.07%）、99.96%（0.94%）、100.13%（0.80%）、99.19%（0.96%）、97.72%（1.53%）、100.07%（0.67%）、97.32%（1.08%）、96.93%（1.36%）、98.60%（1.43%）和97.82%（1.24%）。

2.8 含量测定

取18批藤梨根分别制成供试品溶液（每批平行备样3份），进样，外标法计算儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇的含量，结果见表3。10个成分含量均存在不同程度的差异。

2.9 醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分检测

取18批藤梨根样品，按照山东省中药材标准（2022年版）检查其中所含醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分的量，该标准规定：醇溶性浸出物不得少于10.0%；总灰分不得过10.0%，酸不溶性灰分不得过2.0%。检测结果显示S15和S16的醇溶性浸出物含量分别为9.3%和9.6%；S14、S16和S17的总灰分含量分别为10.5%、10.3%和10.8%；S15和S18的酸不溶性灰分含量分别为2.2%和2.1%，这些批次产地的含量不符合要求，具体原因有待后期考证，具体结果见表4。

表3 不同产地与批号的藤梨根含量测定结果（n=3）

成分	含量/mg·g^{-1}																	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
儿茶素	1.032	0.950	1.073	1.054	1.128	1.049	1.018	1.242	1.298	1.323	1.349	1.270	1.129	0.891	0.848	0.887	0.822	0.805
表儿茶素	2.875	3.182	3.016	2.783	2.698	2.510	2.940	3.684	3.907	3.522	3.830	3.746	3.600	2.779	2.445	2.510	2.283	2.371
异槲皮苷	0.742	0.805	0.759	0.884	0.850	0.946	0.823	0.952	1.183	1.003	1.147	1.065	1.034	0.554	0.675	0.758	0.696	0.647
槲皮素	0.894	0.843	0.578	0.697	0.676	0.619	0.795	1.008	1.058	1.106	1.256	1.157	0.953	0.670	0.511	0.585	0.469	0.536
羟基积雪草酸	0.116	0.124	0.118	0.132	0.140	0.124	0.136	0.099	0.104	0.096	0.090	0.109	0.113	0.142	0.165	0.160	0.174	0.169
积雪草酸	1.429	1.299	1.465	1.365	1.467	1.290	1.397	1.805	1.886	1.770	1.934	1.846	1.721	1.161	1.213	1.241	1.172	1.126
科罗索酸	0.053	0.067	0.057	0.061	0.056	0.053	0.063	0.044	0.042	0.039	0.036	0.034	0.032	0.046	0.057	0.051	0.048	0.046
齐墩果酸	0.317	0.367	0.406	0.351	0.397	0.325	0.381	0.503	0.467	0.486	0.521	0.448	0.429	0.287	0.273	0.280	0.264	0.274
熊果酸	0.592	0.629	0.653	0.784	0.747	0.807	0.703	1.023	1.061	0.985	1.103	0.947	0.846	0.503	0.459	0.477	0.377	0.416
β-谷甾醇	0.174	0.223	0.243	0.201	0.209	0.181	0.215	0.160	0.174	0.136	0.168	0.131	0.148	0.167	0.142	0.153	0.109	0.100

表4 藤梨根中醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分（%，n=2）

项目	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
醇溶性浸出物	16.2	15.8	13.5	16.4	12.6	13.9	15.1	17.1	16.7	17.4	17.9	18.6	19.9	10.2	9.3	9.6	10.5	10.7
总灰分	7.3	7.9	5.3	6.2	5.9	8.7	6.5	5.5	4.3	4.9	5.2	6.4	6.7	10.5	9.7	10.3	10.8	9.2
酸不溶性灰分	1.2	1.6	1.0	1.3	1.1	1.4	1.5	0.6	0.4	0.7	0.5	1.0	0.9	1.7	2.2	1.9	1.5	2.1

3 质量评价体系的建立

3.1 主成分分析(PCA)

将表3~4组成的矩阵数据导入SPSS 26.0软件，进行PCA，提取出2个主成分(PC1、PC2)，其累积贡献率达90.236%，包含了藤梨根13个指标的主要信息(见表5~6)。进一步应用SIMCA 14.1软件对含量数据矩阵建立PC1、PC2的得分图，见图2，所建模型的区分程度和稳定性较高。得分图显示S1~S7、S8~S13、S14~S18呈现一定关联性，其中S8~S13的离散程度最高。

表5 藤梨根中主成分方差分析

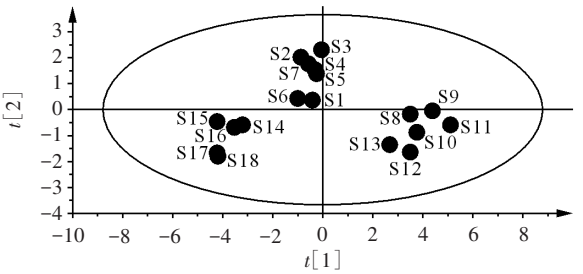
主成分	特征值	方差贡献率/%	累积方差贡献率/%
1	9.983	76.792	76.792
2	1.748	13.444	90.236
3	0.354	2.726	92.962
4	0.261	2.005	94.968
5	0.174	1.339	96.307
6	0.167	1.281	97.588
7	0.111	0.852	98.440
8	0.074	0.569	99.008
9	0.051	0.395	99.404
10	0.037	0.287	99.691
11	0.020	0.153	99.844
12	0.015	0.114	99.958
13	0.006	0.042	100.000

表6 成分矩阵表

指标	因子载荷	
	主成分1	主成分2
儿茶素	0.977	0.026
表儿茶素	0.947	−0.064
异槲皮苷	0.910	−0.078
槲皮素	0.925	−0.141
羟基积雪草酸	−0.939	−0.160
积雪草酸	0.978	−0.118
科罗索酸	−0.553	0.785
齐墩果酸	0.965	0.080
熊果酸	0.966	0.044
β-谷甾醇	0.110	0.964
醇溶性浸出物	0.889	0.071
总灰分	−0.874	−0.341
酸不溶性灰分	−0.933	−0.052

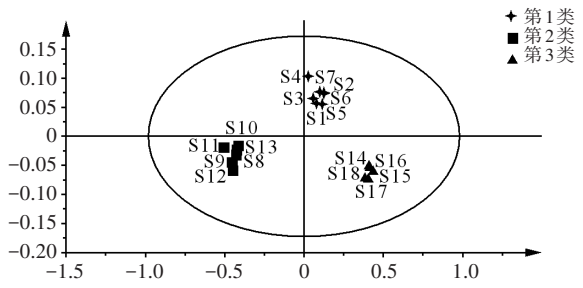
3.2 正交偏最小二乘法-判别分析(OPLS-DA)

PCA分析显示18批藤梨根质量差异较大，为寻找引起不同产地藤梨根质量差异的主要标记性成分，运行SIMCA 14.1软件的OPLS-DA程序，结果模型参数均大于0.5，表明此模型为优质模型，OPLS-DA模型得分图(图3)。变量重要性投影(VIP)值越大，对产品质量差异贡献度越大。以VIP>1为筛选标准[18]，共有6个差异性标记物可用于区分不同产地的藤梨根，根据VIP值大小排序为表儿茶素、β-谷甾醇、积雪草酸、熊果酸、槲皮素和儿茶素(图4)，他们的VIP值分别为1.760 3、1.382 6、1.264 2、1.206 0、1.140 6和1.020 8。



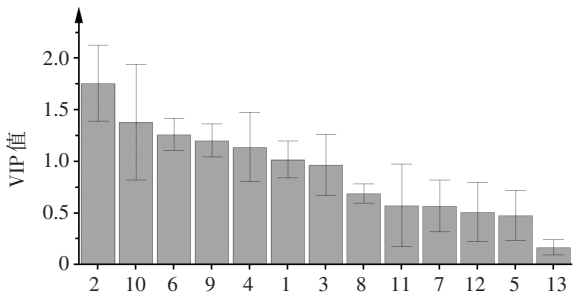
$R^2X[1]$=0.768 $R^2X[2]$=0.134 Ellipse：Hotelling's T^2(95%)

图2 18批藤梨根PCA得分图



$R^2X[1]$=0.864 $R^2X[2]$=0.026 7 Ellipse：Hotelling's T^2(95%)

图3 18批藤梨根样品OPLS-DA模型得分图



注：1.儿茶素；2.表儿茶素；3.异槲皮苷；4.槲皮素；5.羟基积雪草酸；6.积雪草酸；7.科罗索酸；8.齐墩果酸；9.熊果酸；10.β-谷甾醇；11.醇溶性浸出物；12.总灰分；13.酸不溶性灰分。

图4 OPLS-DA分析中各成分VIP图

3.3 加权TOPSIS分析模块的建立[19]

3.3.1 多指标含量数据归一化处理 藤梨根中的儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸、β-谷甾醇和醇溶性浸出物为正向指标，总灰分和酸不溶性灰分

为逆向指标，分别使用公式 $Yij = \frac{Xij - \min(xj)}{\max(xj) - \min(xj)}$（正向指标）、$Yij = \frac{\max(xj) - Xij}{\max(xj) - \min(xj)}$（逆向指标）对含量原始数据进行归一化处理，结果见表7。

3.3.2 18批藤梨根样品质量评价　以各指标的VIP值为权重，与各指标归一化处理数据相乘计算加权决策矩阵，具体数据见表8，以表8中每一指标的最大值为最优方案（Z^+），最小值为最劣方案（Z^-），按照公式 $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Z_{ij} - Z_j^+)^2}$，$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Z_{ij} - Z_j^-)^2}$，$Ci = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$ 算各评价指标与正理想解和负理想解的距离（D_i^+）、（D_i^-）及各指标的最优解的贴近度（C_i），见表9。排名前6位藤梨根为编号S8~S13的样品，C_i的均值为0.694 4。

4　讨论

藤梨根所含主要化学成分包括黄酮类、三萜类、甾体类、苯丙素类、蒽醌类、生物碱类等，吴赛等[20]发现藤梨根的活性成分表儿茶素、儿茶素、槲皮素、β-谷甾醇等均为治疗结直肠癌的关键核心成分；曹洋等[21]的研究表明藤梨根可能通过槲皮素、β-谷甾醇等成分，调控IL-17信号通路，从而发挥治疗胃癌的作用；王维强等[22]研究发现藤梨根成分科罗索酸可能通过铁死亡通路中不同的途径发挥抗胶质瘤细胞作用；刘宏飞等[23]研究显示藤梨根中熊果酸、齐墩果酸可能通过抑制HIF-1α、VEGF表达治疗胃癌。这些活性物质的含量也可能影响中药材的质量，故本研究以儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸、β-谷甾醇含量为指标，对不同产地藤梨根质量进行了评价。结合藤梨根的现行标准，同时对醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分进行了分析。

在预试验中，分别对比了加热回流、超声波处理时，不同提取溶剂（40%甲醇、50%甲醇、60%甲醇和70%甲醇）和时间（20、30、40、50 min）对儿茶素等10个成分含量的影响，发现60%甲醇加热回流提取30 min为藤梨根供试品制备的最佳方法。试验还通过分析对照品溶液的紫外吸收图谱，决定采用波长切换法：0~25 min在280 nm波长处检测儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷和槲皮素，25~60 min在210 nm波长处检测羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸和β-谷甾醇。基于羟基积雪草酸等成分具有紫外末端吸收情况，试验选择在紫外末端吸

表7　含量数据归一化处理结果

编号	儿茶素	表儿茶素	异槲皮苷	槲皮素	羟基积雪草酸	积雪草酸	科罗索酸	齐墩果酸	熊果酸	β-谷甾醇	醇溶性浸出物	总灰分	酸不溶性灰分
S1	0.417 3	0.364 5	0.298 9	0.540 0	0.309 5	0.375 0	0.600 0	0.206 2	0.296 1	0.517 5	0.650 9	0.538 5	0.555 6
S2	0.266 5	0.553 6	0.399 0	0.475 2	0.404 8	0.214 1	1.000 0	0.400 8	0.347 1	0.860 1	0.613 2	0.446 2	0.333 3
S3	0.492 6	0.451 4	0.325 9	0.138 5	0.333 3	0.419 6	0.714 3	0.552 5	0.380 2	1.000 0	0.396 2	0.846 2	0.666 7
S4	0.457 7	0.307 9	0.524 6	0.289 7	0.500 0	0.295 8	0.828 6	0.338 5	0.560 6	0.706 3	0.669 8	0.707 7	0.500 0
S5	0.593 8	0.255 5	0.470 6	0.263 0	0.595 2	0.422 0	0.685 7	0.517 5	0.509 6	0.762 2	0.311 3	0.753 8	0.611 1
S6	0.448 5	0.139 8	0.623 2	0.190 6	0.404 8	0.203 0	0.600 0	0.237 4	0.592 3	0.566 4	0.434 0	0.323 1	0.444 4
S7	0.391 5	0.404 6	0.427 7	0.414 2	0.547 6	0.335 4	0.885 7	0.455 3	0.449 0	0.804 2	0.547 2	0.661 5	0.388 9
S8	0.803 3	0.862 7	0.632 8	0.684 9	0.107 1	0.840 3	0.342 9	0.930 0	0.889 8	0.419 6	0.735 8	0.815 4	0.888 9
S9	0.906 3	1.000 0	1.000 0	0.748 4	0.166 7	0.940 6	0.285 7	0.789 9	0.942 1	0.517 5	0.698 1	1.000 0	1.000 0
S10	0.952 2	0.762 9	0.713 8	0.809 4	0.071 4	0.797 0	0.200 0	0.863 8	0.837 5	0.251 7	0.764 2	0.907 7	0.833 3
S11	1.000 0	0.952 6	0.942 8	1.000 0	0.000 0	1.000 0	0.114 3	1.000 0	1.000 0	0.475 5	0.811 3	0.861 5	0.944 4
S12	0.854 8	0.900 9	0.812 4	0.874 2	0.226 2	0.891 1	0.057 1	0.716 0	0.785 1	0.216 8	0.877 4	0.676 9	0.666 7
S13	0.595 6	0.811 0	0.763 1	0.615 0	0.273 8	0.736 4	0.000 0	0.642 0	0.646 0	0.335 7	1.000 0	0.630 8	0.722 2
S14	0.158 1	0.305 4	0.000 0	0.255 4	0.619 0	0.043 3	0.400 0	0.089 5	0.173 6	0.468 5	0.084 9	0.046 2	0.277 8
S15	0.079 0	0.099 8	0.192 4	0.053 4	0.892 9	0.107 7	0.714 3	0.035 0	0.112 9	0.293 7	0.000 0	0.169 2	0.000 0
S16	0.150 7	0.139 8	0.324 3	0.147 4	0.833 3	0.142 3	0.542 9	0.062 3	0.137 7	0.370 6	0.028 3	0.076 9	0.166 7
S17	0.031 2	0.000 0	0.225 8	0.000 0	1.000 0	0.056 9	0.457 1	0.000 0	0.000 0	0.062 9	0.113 2	0.000 0	0.388 9
S18	0.000 0	0.054 2	0.147 9	0.085 1	0.940 5	0.000 0	0.400 0	0.038 9	0.053 7	0.000 0	0.132 1	0.246 2	0.055 6

表8　加权矩阵

编号	儿茶素	表儿茶素	异槲皮苷	槲皮素	羟基积雪草酸	积雪草酸	科罗索酸	齐墩果酸	熊果酸	β-谷甾醇	醇溶性浸出物	总灰分	酸不溶性灰分
S1	0.426 0	0.641 6	0.289 6	0.615 9	0.148 5	0.474 1	0.342 1	0.142 7	0.357 1	0.715 5	0.374 4	0.275 2	0.094 8
S2	0.272 0	0.974 5	0.386 6	0.542 0	0.194 2	0.270 7	0.570 2	0.277 4	0.418 6	1.189 2	0.352 7	0.228 1	0.056 9
S3	0.502 8	0.794 6	0.315 8	0.158 0	0.159 9	0.530 5	0.407 3	0.382 4	0.458 5	1.382 6	0.227 9	0.432 5	0.113 8
S4	0.467 2	0.542 0	0.508 3	0.330 4	0.239 9	0.374 0	0.472 5	0.234 3	0.676 1	0.976 5	0.385 3	0.361 7	0.085 4
S5	0.606 2	0.449 8	0.456 0	0.300 0	0.285 5	0.533 5	0.391 0	0.358 2	0.614 6	1.053 8	0.179 1	0.385 3	0.104 3
S6	0.457 8	0.246 1	0.603 8	0.217 4	0.194 2	0.256 6	0.342 1	0.164 3	0.714 3	0.783 1	0.249 6	0.165 1	0.075 9
S7	0.399 6	0.712 2	0.414 4	0.472 4	0.262 7	0.424 0	0.505 0	0.315 2	0.541 5	1.111 9	0.314 7	0.338 1	0.066 4
S8	0.820 0	1.518 6	0.613 1	0.781 2	0.051 4	1.062 3	0.195 5	0.643 7	1.073 1	0.580 1	0.423 2	0.416 8	0.151 7
S9	0.925 2	1.760 3	0.968 9	0.853 6	0.080 0	1.189 1	0.162 9	0.546 8	1.136 2	0.715 5	0.401 5	0.511 1	0.170 7
S10	0.972 0	1.342 9	0.691 6	0.923 2	0.034 3	1.007 6	0.114 0	0.597 9	1.010 0	0.348 0	0.439 6	0.463 9	0.142 2
S11	1.020 8	1.676 9	0.913 5	1.140 6	0.000 0	1.264 2	0.065 2	0.692 2	1.206 0	0.657 4	0.466 7	0.440 3	0.161 2
S12	0.872 6	1.585 9	0.787 1	0.997 1	0.108 5	1.126 5	0.032 6	0.495 6	0.946 8	0.299 7	0.504 7	0.346 0	0.113 8
S13	0.608 0	1.427 6	0.739 4	0.701 5	0.131 3	0.931 0	0.000 0	0.444 4	0.779 1	0.464 1	0.575 2	0.322 4	0.123 3
S14	0.161 4	0.537 6	0.000 0	0.291 3	0.296 9	0.054 7	0.228 1	0.062 0	0.209 4	0.647 7	0.048 8	0.023 6	0.047 4
S15	0.080 6	0.175 7	0.186 4	0.060 9	0.428 3	0.136 2	0.407 3	0.024 2	0.136 2	0.406 1	0.000 0	0.086 5	0.000 0
S16	0.153 8	0.246 1	0.314 2	0.168 1	0.399 7	0.179 9	0.309 6	0.043 1	0.166 1	0.512 4	0.016 3	0.039 3	0.028 5
S17	0.031 8	0.000 0	0.218 8	0.000 0	0.479 7	0.071 9	0.260 6	0.000 0	0.000 0	0.087 0	0.065 1	0.000 0	0.066 4
S18	0.000 0	0.095 4	0.143 3	0.097 1	0.451 2	0.000 0	0.228 1	0.026 9	0.064 8	0.000 0	0.076 0	0.125 8	0.009 5

收较小的乙腈和磷酸溶液为有机相和水相，考察了不同洗脱程序。结果采用乙腈-0.2%磷酸溶液按照“2.3”项条件运行时，10个成分能达到基线分离，且响应值均较大。

表9　18批藤梨根品质排序

编号	D_i^+	D_i^-	C_i	排序
S1	2.167 3	1.518 2	0.411 9	12
S2	1.978 9	1.936 2	0.494 5	8
S3	2.011 2	2.000 4	0.498 7	7
S4	2.059 1	1.747 1	0.459 0	11
S5	2.051 7	1.787 4	0.465 6	10
S6	2.420 5	1.465 7	0.377 2	13
S7	1.939 4	1.847 2	0.487 8	9
S8	1.189 7	2.722 6	0.695 9	3
S9	0.961 3	3.102 0	0.763 4	1
S10	1.382 8	2.652 5	0.657 3	5
S11	1.018 8	3.224 2	0.759 9	2
S12	1.365 9	2.791 3	0.671 4	4
S13	1.486 4	2.408 4	0.618 4	6
S14	2.822 7	1.007 7	0.263 1	14
S15	3.091 8	0.797 0	0.204 9	16
S16	2.912 7	0.891 0	0.234 2	15
S17	3.406 2	0.606 9	0.151 2	17
S18	3.373 5	0.566 8	0.143 8	18

本试验对7省18批藤梨根中儿茶素、表儿茶素、异槲皮苷、槲皮素、羟基积雪草酸、积雪草酸、科罗索酸、齐墩果酸、熊果酸、β-谷甾醇、醇溶性浸出物、总灰分和酸不溶性灰分进行定量测定，各指标含量分别为0.805～1.349 mg·g^{-1}、2.283～3.907 mg·g^{-1}、0.554～1.183 mg·g^{-1}、0.469～1.256 mg·g^{-1}、0.090～0.174 mg·g^{-1}、1.126～1.934 mg·g^{-1}、0.032～0.067 mg·g^{-1}、0.264～0.521 mg·g^{-1}、0.377～1.103 mg·g^{-1}、0.100～0.243 mg·g^{-1}、9.3%～19.9%、4.3%～10.8%、0.4%～2.2%，样品中各指标含量差异较大。利用主成分分析和正交偏最小二乘法-判别分析对含量数据进行统计分析，结果18批藤梨根分类明显，聚为3组，呈现一定的产区差异。VIP值越大，对产品质量差异贡献度越大。表儿茶素、β-谷甾醇、积雪草酸、熊果酸、槲皮素和儿茶素的VIP值均大于1，表明这6个成分在18批藤梨根分组时具有显著重要性，对质量影响较大，可作为以区分不同产地藤梨根的质量标志物。加权TOPSIS结果显示编号为S8～S13的样品质量较优。

本试验采用HPLC法同时检测了18批藤梨根中10种成分的含量，同时参考地方标准检测了醇溶性

浸出物、总灰分和酸不溶性灰分的含量，利用化学计量学及加权TOPSIS法对检测含量数据进行统计分析，评价其综合质量。建立的多指标定量控制模式简单可行，质量评价方法科学客观，为提高藤梨根质量标准提供参考，也为藤梨根适宜产地的优选指明了方向。

参考文献

[1] 邸学，王海波，张建逵，等.藤梨根本草考证[J].辽宁中医药大学学报，2014，16(5)：132-134.

[2] 张强，李曼玲，康琛，等.中药藤梨根研究概况[J].中国中医药信息杂志，2008，15(11)：101-103.

[3] 孟鑫，鲁金月，张爱琳.藤梨根抗肿瘤药效物质和药理活性研究进展[J].实用肿瘤学杂志，2022，36(1)：69-73.

[4] 王亚新，侯国栋，关永霞，等.藤梨根化学成分和药理作用研究进展[J].中华中医药学刊，2025，43(3)：30-41.

[5] 甘椿椿，金湛，魏晓鹏，等.藤梨根化学成分及其体外抗肿瘤转移活性[J].中成药，2021，43(2)：403-407.

[6] 陈方超.藤梨根化学成分的定性定量检测方法研究[D].上海：上海中医药大学，2020.

[7] 山东省中药材标准第三册2022年版[S].山东：山东科技出版社，2022：232-233.

[8] 邬世威，陈锦芳，胡兵.藤梨根抗癌成分及其作用机制[J].中华中医药学刊，2023，41(5)：160-163.

[9] 杨子华，杨斐然，张薇.中药藤梨根有效成分及其抗肿瘤作用研究进展[J].中华中医药学刊，2021，39(6)：204-208.

[10] Cheng Q L，Li H L，Huang Z Q，*et al*.2β，3β，23-trihydroxy-urs-12-ene-28-olic acid（TUA）isolated from *Actinidia chinensis Radix* inhibits NCI-H460 cell proliferation by decreasing NF-κB expression[J].Chem Biol Interact，2015，240：1-11.

[11] Ku C Y，Wang Y R，Lin H Y，*et al*.Corosolic acid inhibits hepatocellular carcinoma cell migration by targeting the VEGFR2/src/FAK pathway[J].PLoS One，2015，10(5)：e0126725.

[12] 李沁，张聪，陈亮，等.基于超高效液相色谱指纹图谱、多指标成分定量及化学计量学的小儿感冒颗粒质量评价[J].药物分析杂志，2023，43(9)：1612-1622.

[13] 黄健军，黄华君，伍国怡，等.基于UPLC指纹图谱与多成分定量结合化学计量学的壮药茉莉花质量评价研究[J].中国现代应用药学，2025，42(19)：3397-3405.

[14] 李军，李琴，刘婷婷，等.GC-MS结合化学计量法分析全缘金粟兰的挥发性成分[J].华西药学杂志，2024，39(4)：437-441.

[15] 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.

[16] 徐齐利.TOPSIS综合评价系统设计与实现[J].信息与管理研究，2020，5(2)：70-81.

[17] 冯冲，陈玉娥，刘尉棋，等.基于熵权TOPSIS法分析不同产地北细辛药材质量[J].特种经济动植物，2022，25(11)：13-16.

[18] 唐瑞，杜伟锋，孙贝贝，等.基于多指标成分含量结合化学计量学评价不同产地浙贝母质量[J].中成药，2023，45(7)：2317-2322.

[19] 张立群，马诗瑜，冯恺，等.HPLC多指标成分定量结合化学计量学、加权TOPSIS模型评价不同产地肺形草质量[J].现代药物与临床，2024，39(5)：1176-1183.

[20] 吴赛，王馨璐，陆玮兰，等.基于网络药理学探讨藤梨根治疗结直肠癌的作用机制[J].河北中医，2024，46(1)：146-152.

[21] 曹洋，董博，刘莹，等.藤梨根调控IL-17信号通路影响胃癌细胞迁移与凋亡[J].中医学报，2025，40(3)：465-473.

[22] 王维强.藤梨根及其成分科罗索酸抑制脑胶质瘤细胞增殖、迁移及机制研究[D].广州：广州中医药大学，2023.

[23] 刘宏飞，何国浓，王杰，等.藤梨根活性成分熊果酸、齐墩果酸对人胃癌细胞SGC-7901增殖以及VEGF、HIF-1α表达影响的研究[J].浙江中医杂志，2022，57(6)：394-396.

（收稿日期：2025-06-09；在线出版日期：2026-01-20）