

基于灰色关联-TOPSIS 法评价不同产地山楂质量

贾银芝^{1,3,4,5}, 吴琦², 杨绪芳^{1,3,4,5}, 闫明^{1,3,4,5}, 章晨峰^{1,3,4,5}, 王振中^{1,3,4,5}, 肖伟^{1,3,4,5*}

1. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏 连云港 222001
2. 连云港市食品药品检验检测中心, 江苏 连云港 222006
3. 中药制药过程新技术国家重点实验室, 江苏 连云港 222001
4. 现代中药创新集群与数字制药技术平台, 江苏 连云港 222001
5. 中成药智能制造国家地方联合工程研究中心, 江苏 连云港 222001

摘要: **目的** 采用灰色关联-TOPSIS 法对不同产地山楂质量进行评价。**方法** 建立高效液相色谱波长切换法同时测定山楂药材中绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷和牡荆素鼠李糖苷 9 种成分含量, 并采用灰色关联-TOPSIS 法进行分析, 对收集的湖北、安徽、河北、山东、河南、山西、陕西 7 个产地山楂进行质量评价。**结果** 建立含量测定方法快速、灵敏、准确, 通过灰色关联-TOPSIS 分析表明, 山东、河南、安徽产地的山楂质量较优。**结论** 该方法为山楂药材的质量控制和评价以及中药新药研究过程中山楂产地的选择提供依据。

关键词: 山楂; 灰色关联-TOPSIS; 高效液相色谱法; 绿原酸; 表儿茶素; 金丝桃苷; 异槲皮苷; 芦丁; 槲皮素; 牡荆素; 牡荆素葡萄糖苷; 牡荆素鼠李糖苷

中图分类号: R282.6 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)23-7317-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.23.026

Quality evaluation of *Crataegi Fructus* from different habitats based on grey correlation-TOPSIS method

JIA Yin-zhi^{1,3,4,5}, WU Qi², YANG Xu-fang^{1,3,4,5}, YAN Ming^{1,3,4,5}, ZHANG Chen-feng^{1,3,4,5}, WANG Zhen-zhong^{1,3,4,5}, XIAO Wei^{1,3,4,5}

1. Jiangsu Kanion Pharmaceutical Co., Ltd., Lianyungang 222001, China
2. Lianyungang Food and Drug Inspection Center, Lianyungang 222006, China
3. State Key Laboratory of New-tech for Chinese Medicine Pharmaceutical Process, Lianyungang 222001, China
4. Modern Chinese Medicine Innovation Cluster and Digital Pharmaceutical Technology Platform, Lianyungang 222001, China
5. National and Local Joint Engineering Research Center on Intelligent Manufacturing of TCM, Lianyungang 222001, China

Abstract: **Objective** To comprehensively evaluate the quality of Shanzha (*Crataegi Fructus*) from different origins by grey correlation-TOPSIS method. **Methods** HPLC wave-length switching method was established to determine the components of chlorogenic acid, epicatechin, hypericin, isoquercetin, rutin, quercetin, vitexin, vitexin glucoside and vitexin rhamnoside. The grey correlation-TOPSIS method was used to analyze the results. The quality of the collected *Crataegi Fructus* from seven producing areas in Hubei, Anhui, Hebei, Shandong, Henan, Shanxi and Shaanxi was evaluated. **Results** The HPLC method was rapid, sensitive and accurate. The results of grey correlation-TOPSIS analysis showed that the quality of *Crataegi Fructus* from Shandong, Henan and Anhui origins was better. **Conclusion** The method provides the basis for the quality control and evaluation of *Crataegi Fructus* and the selection of *Crataegi Fructus* producing area in the research of new Chinese medicine.

Key words: *Crataegi Fructus*; grey correlation-TOPSIS method; HPLC; chlorogenic acid; epicatechin; hypericin; isoquercetin; rutin; quercetin; vitexin; vitexin glucoside; vitexin rhamnoside

收稿日期: 2021-05-06

基金项目: 国家工信部智能制造综合标准化与新模式应用项目 (KYYY20170820); 国家重大新药创制科技重大专项 (2018ZX09201010-004); 中医药科学技术研究专项: 数字化中药配方颗粒产业化关键技术研究

作者简介: 贾银芝, 硕士, 从事中药新药及中药制药新技术研究。Tel: (0518)81152326 E-mail: yinzhizhi.hi@163.com

***通信作者:** 肖伟, 中国工程院院士, 研究员及高级工程师, 博士。Tel: (0518)81152371 E-mail: kanionlunwen@163.com

山楂为蔷薇科植物山里红 *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br.或山楂 *C. pinnatifida* Bge.的干燥成熟果实^[1]。中药方剂数据库和中成药处方数据库检索显示,山楂药材用药频次高达 500 次,应用较为广泛,具有消食健胃、行气散瘀、化浊调脂等功效。现代药理研究表明,山楂具有降压、调血脂、抗心律不齐、抗肿瘤、抗氧化等作用^[2],其主要活性成分为黄酮类、黄烷类、有机酸、三萜类等^[3-5]。山楂主产于山东、河南、河北、山西、安徽、湖北、陕西等地^[6]。由于生态环境、种植方式的差异,市场上山楂质量参差不齐。《中国药典》2020 年版通过酸碱滴定法测定有机酸含量评价山楂质量,具有一定局限性。

本研究选择山楂药材中绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷和牡荆素鼠李糖苷 9 种成分作为质量评价指标,建立高效液相色谱法同时测定其含量,并引入模式识别技术—灰色关联和 TOPSIS 分析方法相结合对结果进行评价。

1 仪器与材料

1.1 仪器

Agilent 1290 高效液相色谱仪 (Agilent 公司, 美国); Sartorius BP211D 分析天平 (Sartorius 公司, 德国); AE-100 型电子天平 (Mettler-Toledo 公司, 瑞典); KH-700DE 型数控超声波清洗器 (昆山禾创超声仪器有限公司); KDM-6 型数显恒温水浴锅 (菏泽市康益电子仪器厂); 智能高速冷冻离心机 (湖南赫西仪器装备有限公司)。

1.2 材料

绿原酸 (批号 110753-201817, 质量分数 96.8%)、表儿茶素 (批号 110878-201703, 质量分数 99.7%)、金丝桃苷 (批号 111521-201507, 质量分数 94.3%)、异槲皮苷 (批号 111809-201804, 质量分数 97.2%)、芦丁 (批号 100080-201610, 质量分数 91.9%)、槲皮素 (批号 100081-201610, 质量分数 99.1%)、牡荆素 (批号 111687-201704, 质量分数 94.9%)、牡荆素葡萄糖苷 (批号 111979-201501, 质量分数 92.8%)、牡荆素鼠李糖苷 (批号 111668-200602) 均购于中国食品药品检定研究院; 乙腈 (色谱纯, Merck, 德国); 四氢呋喃 (色谱纯, Merck, 德国); 磷酸 (分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 娃哈哈纯净水; 23 批山楂药材来源见表 1。

表 1 23 批山楂药材来源信息

Table 1 Origin information of 23 batches of *Crataegi Fructus*

编号	产地	编号	产地
S1	湖北	S13	安徽
S2	湖北	S14	安徽
S3	湖北	S15	河南
S4	湖北	S16	河南
S5	河北	S17	河南
S6	河北	S18	山西
S7	河北	S19	山西
S8	山东	S20	山西
S9	山东	S21	陕西
S10	山东	S22	陕西
S11	山东	S23	陕西
S12	安徽		

2 方法与结果

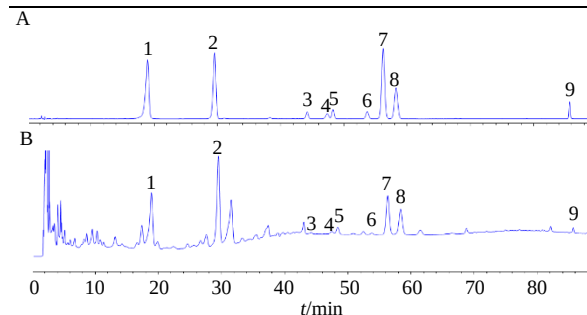
2.1 色谱条件

色谱柱: CAPCELL PAK C₁₈ MG II 色谱柱 (200 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相为 0.05% 磷酸溶液 (A)-乙腈 (B)-四氢呋喃 (C); 柱温 30 ℃; 检测波长: 280 nm (0~40 min)、350 nm (40~90 min); 进样量 10 μL; 体积流量 1.0 mL/min; 梯度洗脱程序见表 2。按上述色谱条件进样, 混合对照品溶液和山楂药材的色谱图见图 1, 各色谱峰之间的分离度均符合要求。

表 2 梯度洗脱程序

Table 2 Gradient elution procedures

t/min	A/%	B/%	C/%
0	92	6	2
20	92	6	2
40	85	13	2
60	85	13	2
90	65	33	2



1-绿原酸 2-表儿茶素 3-牡荆素葡萄糖苷 4-牡荆素鼠李糖苷
5-牡荆素 6-芦丁 7-金丝桃苷 8-异槲皮苷 9-槲皮素
1-chlorogenic acid 2-epicatechin 3-vitexin glucoside 4-vitexin
rhamnoside 5-vitexin 6-rutin 7-hypericin 8-isoquercetin
9-quercetin

图 1 混合对照品 (A) 与山楂样品 (B) HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatogram of reference substances (A) and *Crataegi Fructus* sample (B)

2.2 混合对照品溶液的制备

精密称取绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷和异槲皮苷对照品适量,用甲醇溶解制成质量浓度约为 2.0 mg/mL 对照品储备液,精密称取芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷和牡荆素鼠李糖苷对照品适量,用甲醇溶解制成质量浓度约为 1.0 mg/mL 对照品储备液,分别取各对照品储备液适量置 50 mL 量瓶中,制成含绿原酸 389.14 $\mu\text{g/mL}$ 、表儿茶素 949.14 $\mu\text{g/mL}$ 、金丝桃苷 185.39 $\mu\text{g/mL}$ 、异槲皮苷 106.63 $\mu\text{g/mL}$ 、芦丁 39.77 $\mu\text{g/mL}$ 、槲皮素 38.53 $\mu\text{g/mL}$ 、牡荆素 40.39 $\mu\text{g/mL}$ 、牡荆素葡萄糖苷 39.72 $\mu\text{g/mL}$ 、牡荆素鼠李糖苷 44.24 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液。

2.3 供试品溶液的制备

取山楂粉末(过 60 目筛) 2.0 g,精密称定,

置于 100 mL 具塞锥形瓶中,精密加入 70%甲醇 25 mL,密塞,称定质量,超声(100 W、100 Hz) 60 min,放冷,称定质量,用 70%甲醇补足质量,摇匀,10 000 r/min 离心 10 min,精密量取上清液 15 mL,浓缩至小体积,冷却,置 5 mL 量瓶中,用甲醇定容至刻度,过 0.22 μm 微孔滤膜,即得供试品溶液。

2.4 方法学考察

2.4.1 线性关系考察 以“2.2”项中混合对照品作为 1 号溶液,采用倍比稀释法制成系列浓度溶液,得 2、3、4、5、6、7 号混合对照品溶液。按“2.1”项下色谱条件分析,分别进样 10 μL ,记录色谱峰面积,以峰面积为纵坐标(Y),对照品浓度为横坐标(X),进行线性回归,回归方程见表 3。

表 3 回归方程与线性范围

Table 3 Regression equations and linear range

成分	回归方程	R^2	线性范围/ $(\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1})$
绿原酸	$Y=14.49 X-25.297$	0.999 7	6.08~389.14
表儿茶素	$Y=5.7609 X-38.388$	0.999 9	14.83~949.14
金丝桃苷	$Y=20.605 X-20.626$	0.999 9	2.90~185.39
异槲皮苷	$Y=20.272 X-11.273$	0.999 9	1.67~106.63
芦丁	$Y=15.081 X-1.917 4$	0.999 9	0.62~39.77
槲皮素	$Y=27.947 X-21.216$	0.999 1	0.60~38.53
牡荆素	$Y=19.693 X-3.141 1$	0.999 9	0.63~40.39
牡荆素葡萄糖苷	$Y=18.33 X-3.967 2$	0.999 9	0.62~39.72
牡荆素鼠李糖苷	$Y=15.884 X-5.595 7$	0.999 8	0.69~44.24

2.4.2 精密度试验 精密吸取 3 号混合对照品溶液,按“2.1”项下色谱条件,连续进样 6 次,测定各对照品的峰面积,结果绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷、牡荆素鼠李糖苷峰面积的 RSD 分别为 0.93%、0.75%、0.43%、0.59%、1.27%、1.07%、1.14%、1.53%、1.39%,表明仪器的精密度良好。

2.4.3 重复性试验 取同一批山楂样品 S10 共 6 份,精密称定,按 2.3 项下方法制备供试品溶液,按 2.1 项下色谱条件进样分析,结果绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷、牡荆素鼠李糖苷含量的 RSD 分别为 1.62%、1.23%、0.87%、0.94%、1.64%、1.73%、1.69%、1.94%、1.58%,表明方法的重复性良好。

2.4.4 稳定性试验 取同一批山楂样品 S7 按 2.3 项下方法制备供试品溶液,分别于 0、2、4、8、12、24 h 进样,结果绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异

槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷、牡荆素鼠李糖苷峰面积的 RSD 分别为 0.96%、0.86%、0.63%、0.85%、0.93%、1.12%、1.05%、1.37%、1.43%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.4.5 加样回收率试验 精密称取已知含量的山楂粉末共 6 份,每份约 1.0 g,分别准确加入 9 种对照品储备液适量,按照“2.3”项下方法制备供试品溶液,进样,测定峰面积,由回归方程计算样品中 9 种成分的含量,回收率分别为 98.5%、98.9%、100.5%、99.6%、97.3%、98.6%、98.3%、98.1%、97.3%,RSD 分别为 1.61%、1.42%、1.14%、0.99%、1.47%、1.32%、1.82%、1.97%、1.74%,表明此方法准确度良好。

2.5 样品的含量测定

分别精密称量 23 批山楂粉末各 2.0 g,按“2.3”项下制备供试品溶液,按“2.1”色谱条件测定,计算各成分含量,结果见表 4。

表 4 23 批山楂 9 个成分的含量测定结果

Table 4 Results of nine components of 23 batches of *Crataegi Fructus*

编号	质量分数/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)								
	绿原酸	表儿茶素	牡荆素葡萄糖苷	牡荆素鼠李糖苷	牡荆素	芦丁	金丝桃苷	异槲皮苷	槲皮素
S1	375.60	953.46	3.97	7.68	22.67	7.64	169.26	124.92	10.19
S2	319.78	1 191.64	4.05	13.78	41.98	5.55	149.10	96.12	13.19
S3	376.32	1 862.58	4.77	12.30	38.21	3.87	122.08	81.16	15.12
S4	358.83	780.09	3.54	15.92	39.60	6.06	141.62	101.23	11.28
S5	441.24	1 108.44	4.75	12.60	45.71	7.16	125.49	100.65	16.20
S6	452.07	668.98	3.49	5.56	36.85	5.18	82.78	77.92	20.88
S7	684.09	2 158.57	5.13	15.75	22.55	10.29	147.80	118.40	11.01
S8	310.66	997.32	3.90	14.68	48.20	8.20	189.85	132.04	17.29
S9	591.14	1 825.99	6.72	12.99	12.97	11.81	160.51	132.30	6.24
S10	435.27	1 492.64	5.12	25.83	38.69	10.78	222.15	161.89	15.89
S11	444.46	1 173.55	3.58	14.11	41.36	7.57	162.17	118.62	21.94
S12	431.43	1 673.91	4.35	15.57	45.19	5.61	183.80	121.43	12.88
S13	813.01	2 498.56	4.77	7.17	11.10	9.12	98.67	87.86	8.59
S14	441.33	2 627.91	4.14	17.44	39.28	8.70	210.89	147.33	6.79
S15	425.10	1 732.66	6.09	15.64	49.31	7.06	187.91	133.29	17.57
S16	473.19	3 478.43	4.38	18.29	42.17	9.63	252.03	174.44	6.99
S17	519.12	3 303.79	4.07	16.75	37.04	9.76	231.94	163.66	5.75
S18	693.02	2 222.77	5.01	6.77	17.45	8.27	129.59	101.60	10.56
S19	286.26	720.23	3.51	13.77	38.22	5.99	174.16	121.12	13.68
S20	388.98	1 267.93	3.75	16.51	40.45	7.16	156.71	110.75	9.58
S21	270.16	564.40	3.50	13.79	36.70	5.12	174.33	123.43	12.52
S22	361.43	1 590.79	3.64	6.55	32.80	5.34	142.18	95.91	13.24
S23	405.26	1 679.07	4.01	6.15	30.81	5.67	138.19	94.94	16.14

2.6 灰色关联-TOPSIS 法

采用灰色关联度分析和 TOPSIS 分析方法相结合评价山楂的质量, 先利用灰色关联分析法获得各指标相对于最优序列的灰色关联系数(表 5), 再采用 TOPSIS 法依据灰色关联系数矩阵得到最优及最劣的值向量, 然后计算各指标与最优最劣值的欧氏距离(D_i^+ 、 D_i^-), 通过接近程度(C_i)评价山楂质量的优劣, 结果见表 6。

23 批山楂药材与理想值 C_i 排序如下: S16>S10>S17>S9>S15>S11>S8>S14>S13>S7>S12>S5>S6>S18>S20>S2>S19 S3>S4>S21>S23>S1>S22。结果表明, 山东、河南、安徽产地的山楂综合质量较优。

3 讨论

3.1 提取条件的确定

比较超声和加热回流 2 种提取方法, 发现相同提取时间和溶剂条件下, 2 种方法提取率差异

较小, 因此选择操作简单的超声提取法。相同超声时间下比较了 30%甲醇、50%甲醇、70%甲醇、90%甲醇和 70%乙醇的提取效果, 发现 70%甲醇作为提取溶剂时各成分的提取率最高。70%甲醇作为提取溶剂时, 比较了超声 30、40、60 min 的提取效果, 发现超声 60 min 时各成分的提取率最高。

3.2 色谱条件的确定

比较了 0.1%甲酸溶液-乙腈、0.05%磷酸溶液-乙腈、0.05%磷酸溶液-甲醇、0.05%磷酸溶液-乙腈-甲醇、0.05%磷酸溶液-乙腈-四氢呋喃、0.05%磷酸溶液-乙腈-甲醇-四氢呋喃等不同流动相系统, 并采用二极管阵列检测器对混合对照品溶液进行全波长扫描, 最终确定以 0.05%磷酸溶液-乙腈-四氢呋喃为流动相, 检测波长 280、350 nm, 柱温 30 ℃。该条件下各色谱峰响应值适中, 干扰少, 各色谱峰之间较好的分离, 且峰形较好。

表 5 不同产地批次山楂各指标的灰色关联系数（相对于最优序列）

Table 5 Grey correlation coefficients (relative to optimal sequence) for each index of *Crataegi Fructus* from different origins

编号	灰色关联系数								
	绿原酸	表儿茶素	牡荆素葡萄糖苷	牡荆素鼠李糖苷	牡荆素	芦丁	金丝桃苷	异槲皮苷	槲皮素
S1	0.383	0.366	0.370	0.358	0.418	0.488	0.506	0.494	0.408
S2	0.355	0.389	0.377	0.457	0.723	0.388	0.451	0.381	0.480
S3	0.383	0.474	0.454	0.428	0.632	0.333	0.394	0.341	0.543
S4	0.374	0.351	0.337	0.506	0.663	0.409	0.434	0.397	0.432
S5	0.422	0.381	0.450	0.434	0.841	0.461	0.401	0.395	0.585
S6	0.429	0.342	0.333	0.333	0.605	0.375	0.333	0.333	0.884
S7	0.678	0.525	0.505	0.501	0.417	0.724	0.448	0.463	0.425
S8	0.351	0.370	0.364	0.476	0.945	0.524	0.576	0.532	0.635
S9	0.550	0.469	1.000	0.441	0.345	1.000	0.480	0.534	0.340
S10	0.418	0.423	0.502	1.000	0.643	0.794	0.739	0.794	0.572
S11	0.424	0.387	0.340	0.464	0.706	0.484	0.485	0.464	1.000
S12	0.416	0.447	0.405	0.497	0.822	0.390	0.554	0.477	0.472
S13	1.000	0.598	0.453	0.352	0.333	0.596	0.356	0.358	0.377
S14	0.422	0.631	0.385	0.547	0.656	0.561	0.673	0.640	0.348
S15	0.412	0.455	0.721	0.499	1.000	0.455	0.569	0.540	0.649
S16	0.444	1.000	0.408	0.573	0.728	0.646	1.000	1.000	0.351
S17	0.480	0.893	0.379	0.527	0.609	0.659	0.808	0.817	0.333
S18	0.693	0.537	0.486	0.347	0.375	0.529	0.409	0.399	0.416
S19	0.340	0.346	0.335	0.457	0.633	0.406	0.521	0.475	0.495
S20	0.390	0.397	0.353	0.521	0.683	0.461	0.470	0.431	0.396
S21	0.333	0.333	0.334	0.457	0.602	0.373	0.521	0.486	0.462
S22	0.375	0.436	0.344	0.345	0.536	0.381	0.435	0.381	0.482
S23	0.400	0.447	0.373	0.340	0.508	0.393	0.426	0.378	0.583

表 6 不同产地批次山楂灰色关联-TOPSIS 评价及排序

Table 6 Grey correlation-TOPSIS evaluation and ranking of *Crataegi Fructus* from different origins

编号	D_i^+	D_i^-	C_i	排序	产地
S1	1.745	0.312	0.152	22	湖北
S2	1.696	0.462	0.214	16	
S3	1.695	0.428	0.202	18	
S4	1.723	0.412	0.193	19	
S5	1.598	0.616	0.278	12	河北
S6	1.760	0.623	0.261	13	
S7	1.471	0.641	0.304	10	
S8	1.503	0.790	0.344	7	
S9	1.466	1.014	0.409	4	山东
S10	1.176	1.109	0.485	2	
S11	1.528	0.821	0.350	6	
S12	1.552	0.618	0.285	11	
S13	1.644	0.775	0.320	9	安徽
S14	1.423	0.715	0.334	8	
S15	1.338	0.925	0.409	5	
S16	1.209	1.289	0.516	1	
S17	1.294	1.008	0.438	3	河南
S18	1.632	0.501	0.235	14	
S19	1.688	0.438	0.206	17	
S20	1.657	0.462	0.218	15	
S21	1.721	0.406	0.191	20	陕西
S22	1.771	0.301	0.145	23	
S23	1.731	0.355	0.170	21	

3.2 小结

近年来,模式识别技术已成为评价中药材质量的一种卓有成效的方法,如主成分分析、聚类分析、灰色关联分析、判别分析等^[7]。灰色关联分析多应用于系统模型及运行机制不明确情况下的系统建模、预测与控制等领域,可以较好地反应序列间的非线性关系,其“灰色思维”的思想与中医药的理论特点相契合。TOPSIS 法是一种多指标决策法,利用各方案与理想方案和负理想方案的欧式距离来度量方案优劣,使得属性与其效用之间呈线性变化关系,具有易理解、易计算、评估结果合理、应用灵活等优点^[8-9]。将灰色关联和 TOPSIS 分析方法相结合,既考虑方案在多维空间上的实际距离,又考虑方案在形状变化上的关联度,评价结果客观准确。

建立有效的中药材质量控制方法,选择适宜的药材产地、基原、采收期,是中药新药研究的首要课题。本实验对不同产地的山楂药材质量进行了相关研究。山楂药材分布较为广泛,主要分布于山东、河北、山西、河南、广西、湖北、云南等地区,根据文献报道,山楂药效成分主要有黄酮类、黄烷类、有机酸类、三萜类及一些微量元素。本研究选择山楂药材中绿原酸、表儿茶素、金丝桃苷、异槲皮苷、芦丁、槲皮素、牡荆素、牡荆素葡萄糖苷和牡荆素鼠李糖苷 9 种成分作为质量评价指标,并建立高效液相色谱波长切换法同时测定其含量,方法快速、

准确;并采用灰色关联-TOPSIS 法对含量测定结果进行分析,结果表明山东、河南、安徽产地的山楂综合质量较优。该方法为山楂药材的质量控制和评价以及中药新药研究过程中山楂产地的选择提供依据。

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. 2020: 26.
- [2] 于蓓蓓, 闫雪生, 孙丹丹. 山楂药理作用及其机制研究进展 [J]. 中南药学, 2015, 13(7): 745-748.
- [3] 詹琰琰, 段时振, 李杰. 中药山楂的化学成分与药理作用研究概况 [J]. 湖北中医杂志, 2012, 34(12): 77-79.
- [4] 刘荣华, 邵峰, 邓雅琼, 等. 山楂化学成分研究进展 [J]. 中药材, 2008, 31(7): 1100-1103.
- [5] 石晓晨, 刘红艳, 刘谦, 等. 一测多评法测定山楂中 7 种成分含量 [J]. 中药材, 2019, 42(1): 116-121.
- [6] 南京中医药大学. 中药大辞典 [M]. 南京: 科学技术出版社, 2006: 126-128.
- [7] 拱健婷, 李莉, 邹慧琴, 等. 基于灰色关联分析和功效组分的大黄药材质量评价 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2018, 20(10): 1808-1815.
- [8] 于江泳, 黄绮韵, 周苏娟, 等. 基于灰色关联-TOPSIS 法的干姜质量评价 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(18): 56-59.
- [9] 张永利, 计文平, 刘楠楠. 基于熵权-TOPSIS-灰色关联的目标威胁评估研究 [J]. 现代防御技术, 2016, 44(1): 72-78.

[责任编辑 时圣明]