

UPLC 指纹图谱结合多指标成分的广东王不留行质量评价研究

钟春琳, 沈柳宏, 罗宇琴, 潘礼业*, 宋叶, 李国卫, 兰小勇, 陈向东

广东一方制药有限公司 广东省中药配方颗粒企业重点实验室, 广东 佛山 528000

摘要: **目的** 建立指纹图谱和多指标成分测定方法评价不同产地广东王不留行药材。**方法** 采用 UPLC 法建立广东王不留行药材特征图谱和绿原酸、芦丁的测定方法, 采用熵权法所得权重作为分辨系数构建广东王不留行的质量评价模型, 灰色关联度法计算各指标的相关关联度。**结果** 广东王不留行 UPLC 特征图谱共确定 8 个共有峰, 指认了其中 3 个成分新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸。测定了 13 批不同产地广东王不留行中绿原酸和芦丁。13 批广东王不留行药材的相对关联度范围为 0.116 2~0.810 5, 不同批次样品之间的质量存在一定的差异, 广东肇庆产广东王不留行的质量较优。**结论** 建立的方法可有效评价不同产地广东王不留行的质量, 为广东王不留行的药材质量控制提供参考。

关键词: 广东王不留行; 特征图谱; 绿原酸; 芦丁; 熵权法; 灰度关联法; UPLC

中图分类号: R286.02 文献标志码: A 文章编号: 1674-5515(2024)04-0899-07

DOI: 10.7501/j.issn.1674-5515.2024.04.012

Quality evaluation of *Fici Pumilae Receptaculum* by UPLC fingerprint combined with multiple index components

ZHONG Chunlin, SHEN Lihong, LUO Yuqin, PAN Liye, SONG Ye, LI Guowei, LAN Xiaoyong, CHEN Xiangdong
Guangdong Province Key Laboratory of Chinese Medicine Granule Enterprise, Guangdong Yifang Pharmaceutical Co., Ltd.,
Foshan 528000, China

Abstract: Objective To evaluate the crude drug of *Fici Pumilae Receptaculum* from different origins by characteristic chromatogram and multiple index. **Methods** UPLC was used to establish the characteristic chromatogram and the determination of chlorogenic acid and rutin in *Fici Pumilae Receptaculum*, and the quality evaluation model of *Fici Pumilae Receptaculum* was established by using the entropy weight method as the resolution coefficient. The correlation between various indicators was calculated by grey relation analysis. **Results** Eight common peaks were established in UPLC characteristic chromatogram, and that 3 of them were identified as neochlorogenic acid, chlorogenic acid, and cryptochlorogenic acid. Contents of chlorogenic acid and rutin in 13 batches of *Fici Pumilae Receptaculum* from different origins were determined. The relative correlation degree of 13 batches of samples ranged from 0.116 2 to 0.810 5. There were certain differences in quality between different batches of samples, and *Fici Pumilae Receptaculum* samples from Zhaoqing City in Guangdong Province was better. **Conclusion** The method can effectively evaluate the quality of *Fici Pumilae Receptaculum* from different origins, providing reference for the quality control of *Fici Pumilae Receptaculum* crude drug.

Key words: *Fici Pumilae Receptaculum*; characteristic chromatogram; chlorogenic acid; rutin; entropy weight method; gray correlation method; UPLC

广东王不留行别名薜荔果、木莲、鬼馒头、凉粉果等, 为桑科植物薜荔 *Ficus pumila* L. 的干燥隐头花序托, 具有祛风利湿、活血解毒功效, 用于风湿痹痛、泄痢、淋病、跌打损伤、痈肿疮疖。广东王不留行在秋季采收, 摘取近成熟的隐头花序, 稍烫, 纵切成 2~4 瓣, 除去瘦果, 晒干^[1]。广东王不

留行主产于广东、广西, 在浙江、江苏、四川等地也有分布^[2], 化学成分主要包括三萜类、黄酮及其苷类、甾体、倍半萜、香豆素^[3-4]。广东王不留行中绿原酸和芦丁同时测定的研究已有报道^[5-7], 但单指标含量往往无法全面反映药材质量优劣。近年来, 通过建立特征指纹图谱进行研究为中药材质量评价

收稿日期: 2024-01-19

基金项目: 国家工信部产业技术基础公共服务平台项目 (2022-230-221); 佛山市南海区重点领域科技攻关专项 (南科[2023]20 号-18)

作者简介: 钟春琳 (1991—), 女, 本科, 从事中药质量评价研究。E-mail: 970050442@qq.com

*通信作者: 潘礼业 (1987—), 男, 本科, 从事中药质量评价研究。E-mail: 383790537@qq.com

体系建立的常见手段^[8-10]。熵权法是以评价对象指标数据的变异幅度为依据确定权重值的客观赋权法，其基于差异驱动原理，着重突出指标间的局部差异，直接利用决策矩阵对所给出的评价指标计算权重，熵权法不引入决策者的主观判断，可避免主观因素对结果的影响^[11]。灰度关联分析是多种因素统计分析的一类方法，是以各因素的样品数据为依据，用灰度关联法来衡量各因素间关联性大小^[12]。因此，本研究建立广东王不留行药材特征图谱，并测定不同产地广东王不留行药材中绿原酸和芦丁，采用熵权法和灰度关联法建立质量评价模型，以期在广东王不留行的质量控制和评价提供参考。

1 仪器与材料

Thermo Vanquish 型高效液相色谱仪(赛默飞公司)，ME204E 万分之一天平(梅特勒-托利多公司)，XP26 百万分之一天平(梅特勒-托利多公司)，KQ500DE 数控超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司)，HWS28 型恒温水浴锅(上海一恒科技有限公司)，Mili-Q Direct 超纯水系统(默克股份有限公司)。乙腈、甲酸、磷酸为色谱纯，其他试剂分析纯；水为超纯水。

绿原酸(批号 110753-202018，质量分数 96.1%)、芦丁(批号 100080-202012，质量分数 92.2%)对照品均由中国食品药品检定研究院提供；新绿原酸对照品(批号 wkq18030107，质量分数 98.0%)由维克奇生物科技有限公司提供；隐绿原酸对照品(批号 DST210427-035，质量分数 98.24%)由成都乐美天医药科技有限公司提供。

收集的 13 批不同来源的广东王不留行药材经广东一方制药有限公司孙冬梅主任中药师鉴定为桑科植物薜荔 *Ficus pumila* L. 的干燥隐头花序托。样品信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 UPLC 特征图谱的建立

2.1.1 对照品溶液的配制 取新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸对照品适量，精密称定，加甲醇制成各含 50 μg/mL 的混合溶液，即得。

2.1.2 供试品溶液的制备 取广东王不留行药材粉末(过三号筛)约 0.5 g，精密称定，置具塞锥形瓶中，精密加入 50%甲醇 25 mL，称定质量，加热回流 30 min，放冷，再称定质量，用 50%甲醇补足缺失的质量，摇匀，滤过，取续滤液，即得。

2.1.3 色谱条件 Waters HSS T3 柱(100 mm×2.1

表 1 样品信息表

Table 1 Information of samples

药材编号	产地信息
G1	广东韶关
G2	广东韶关
G3	广东肇庆
G4	广东肇庆
G5	广东茂名
G6	广东茂名
G7	广东茂名
G8	广东茂名
G9	广东阳江
G10	广西南宁
G11	广西南宁
G12	广西南宁
G13	广西南宁

mm, 1.8 μm); 以甲醇为流动相 A, 0.1%磷酸溶液为流动相 B, 梯度洗脱(0~5 min, 4%→6% A; 5~10 min, 6% A; 10~14 min, 6%→11% A; 14~16 min, 11%→18% A; 16~22 min, 18% A; 22~26 min, 18%→75% A; 26~30 min, 75%→95% A); 检测波长为 300 nm; 体积流量 0.3 mL/min; 进样量为 1 μL; 柱温为 30 °C。

2.1.4 精密度试验 取同一份广东王不留行供试品溶液(编号 G1), 连续进样 6 次, 以 7 号峰绿原酸为参照峰, 分别计算得 8 个共有峰的相对保留时间 RSD 值为 0.05%~0.54%, 相对峰面积 RSD 值为 0.50%~2.85%。

2.1.5 重复性试验 取同一批广东王不留行药材(编号 G1), 平行制备 6 份供试品溶液, 分别进样, 以 7 号峰绿原酸为参照峰, 分别计算得 8 个共有峰的相对保留时间 RSD 值为 0.03%~0.72%, 相对峰面积 RSD 值为 0.16%~1.90%。

2.1.6 稳定性试验 取同一份广东王不留行供试品溶液(编号 G1), 分别在室温下放置 0、2、5、7、9、12 h 进行测定, 以 7 号峰绿原酸为参照峰, 分别计算得 8 个共有峰的相对保留时间 RSD 值为 0.04%~0.87%, 相对峰面积 RSD 值为 0.26%~3.98%, 表明样品在室温放置 12 h 稳定。

2.1.7 共有峰的标定 取 13 批广东王不留行样品, 制备供试品溶液, 进样测定, 记录色谱图。将所得色谱数据导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统

(国家药典委员会, 2012.0 版) 进行分析, 确定 8 个共有峰, 见图 1。

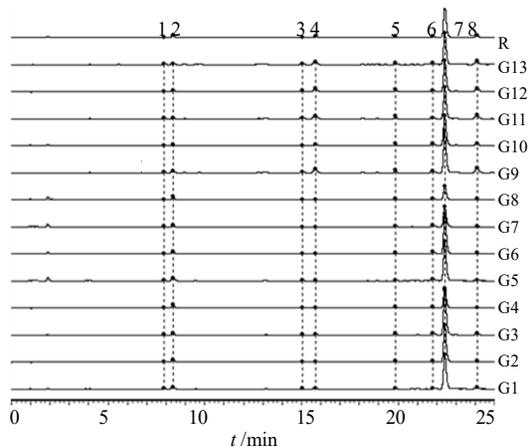
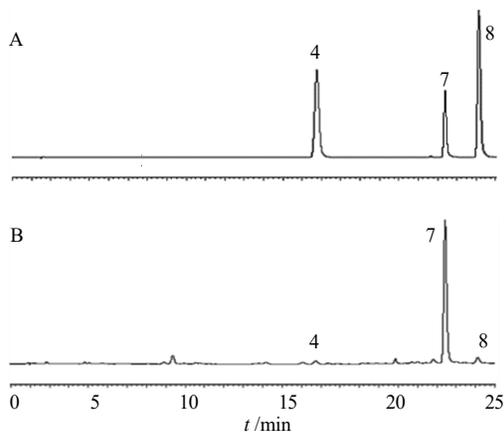


图 1 广东王不留行药材的 UPLC 特征图谱

Fig. 1 UPLC characteristic chromatograms of *Fici Pumilae Receptaculum*

根据对照品指认, 确定了广东王不留行特征图谱中峰 4、7、8 分别为新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸。见图 2。



4-新绿原酸, 7-绿原酸, 8-隐绿原酸。

4-neochlorogenic acid, 7-chlorogenic acid, 8-cryptochlorogenic acid.

图 2 混合对照品 (A) 和广东王不留行 (B) UPLC 图谱

Fig. 2 UPLC chromatograms of mixed reference substances (A) and *Fici Pumilae Receptaculum* (B)

2.1.8 相似度评价 采用国家药典委员会推荐的中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012.0 版本) 分别对 G1~G13 共 13 批广东王不留行药材样品 UPLC 特征图谱进行数据处理, 采用平均数, 时间窗口为 0.1, 自动匹配, 以广东王不留行共有模式作为对照特征图谱, 计算相似度系数。13 批药材相似度均在 0.98 以上, 表明同一药材不同批次间的化学成分组成基本一致, 结果见表 2。

表 2 广东王不留行药材的相似度

Table 2 Similarity data of *Fici Pumilae Receptaculum*

编号	相似度	编号	相似度
G1	0.999	G8	0.990
G2	0.998	G9	1.000
G3	0.999	G10	0.997
G4	0.996	G11	0.994
G5	0.991	G12	0.995
G6	0.997	G13	0.994
G7	0.998	R	1.000

2.2 绿原酸、芦丁的 HPLC 法测定

2.2.1 对照品溶液的配制 取绿原酸、芦丁对照品适量, 精密称定, 加 50% 甲醇制成含绿原酸 50 $\mu\text{g/mL}$ 、芦丁 10 $\mu\text{g/mL}$ 的混合溶液, 即得。

2.2.2 供试品溶液的制备 取广东王不留行药材粉末 (过三号筛) 约 1 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 精密加入 50% 甲醇 50 mL, 密塞, 称定质量, 超声处理 (功率 250 W, 频率 40 kHz) 40 min, 放冷, 再称定质量, 用 50% 甲醇补足减失的质量, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 即得。

2.2.3 色谱条件 Waters Symmetry C₁₈ 色谱柱 (150 mm \times 4.6 mm, 5 μm); 以甲醇为流动相 A, 1% 醋酸溶液为流动相 B, 梯度洗脱 (0~16 min, 32% A; 16~18 min, 32% \rightarrow 40% A; 18~20 min, 40% \rightarrow 45% A; 20~35 min, 45% A); 检测波长为 340 nm; 进样量为 10 μL ; 体积流量 0.8 mL/min; 柱温为 25 $^{\circ}\text{C}$ 。

2.2.4 线性关系考察 精密吸取含绿原酸 1 269.5 $\mu\text{g/mL}$ 、芦丁 292.79 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL, 置 5 mL 量瓶中, 用 50% 甲醇稀释至刻度, 进样分析。以待测成分质量浓度与峰面积拟合标准曲线, 得到绿原酸标准曲线方程 $Y=25\ 155 X-19\ 875$, $r=0.999\ 7$; 芦丁标准曲线方程 $Y=15\ 541 X-4\ 935.5$, $r=0.999\ 9$, 绿原酸、芦丁分别在 25.39~253.90、5.86~58.56 $\mu\text{g/mL}$ 与峰面积线性关系良好。

2.2.5 精密度试验 取同一混合对照品溶液, 连续进样 6 次, 测定峰面积, 结果绿原酸、芦丁峰面积 RSD 值分别为 0.58%、0.54%。

2.2.6 重复性试验 取同一批广东王不留行样品 (编号 G1), 平行制备 6 份供试品溶液, 进样分析, 结果绿原酸、芦丁峰面积的 RSD 值分别为 0.70%、0.46%。

2.2.7 稳定性试验 取同一广东王不留行供试品

溶液 (编号 G1), 室温放置 0、2、4、8、12、24 h 测定, 结果绿原酸、芦丁峰面积 RSD 值为 1.44%、0.80%, 表明供试品溶液室温放置 24 h 稳定。

2.2.8 回收率试验 分别称取绿原酸、芦丁对照品 22.480、3.581 mg, 置于 10 mL 量瓶中, 加 50% 甲醇溶液制成含绿原酸 2.16 mg/mL、芦丁 0.33 mg/mL 的加样回收母液。精密吸取上述母液 1 mL 于具塞锥形瓶中, 平行操作 6 份, 挥干溶剂。分别取广东王不留行药材 (编号 G1) 粉末约 0.5 g 置于上述 6 个锥形瓶中, 精密称定, 制备供试品溶液, 进样分析, 计算回收率, 结果绿原酸、芦丁的平均加样回收率分别为 103.03%、107.71%, RSD 值分别为 1.15%、1.40%。

2.2.9 测定结果 分别取 13 批不同产地广东王不留行药材粉末约 1 g, 精密称定, 制备供试品溶液, 进样测定, 色谱图见图 3, 记录峰面积, 按标准曲线法计算样品中绿原酸和芦丁的质量分数, 结果见表 3。

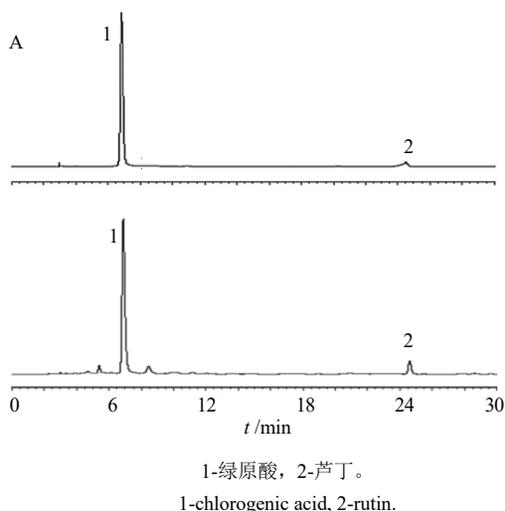


图 3 混合对照品 (A) 和广东王不留行 (B) HPLC 图谱
Fig. 3 HPLC chromatograms of mixed reference substances (A) and *Fici Pumilae Receptaculum* (B)

2.3 熵权法计算权重 ρ 值

基于 13 批广东王不留行药材特征图谱 8 个特征峰峰面积、绿原酸和芦丁质量分数为评价指标, 组成单元序列 $\{X_{ij}\}$ ($i=1、2、3\cdots m; j=1、2、3\cdots n$; 本研究中 $m=13, n=10$)。由于各指标间量纲不统一, 故对原始数据按公式 $Y_{ij}=[X_{ij}-\min X_{ij}]/[\max X_i-\min X_i]$ (Y_{ij} 为标准化处理后的数据, X_{ij} 为第 i 个样品第 j 个指标值) 进行标准化处理。根据信息论中信息熵的定义, 计算各个指标的信息熵为 $E_1、E_2、$

$E_3\cdots E_j$, 计算各指标权重 $W_i=(1-E_i)/(j-\sum E_i)$, 结果见表 4。

表 3 广东王不留行中绿原酸、芦丁的测定结果 ($n=2$)
Table 3 Determination of chlorogenic acid and rutin in *Fici Pumilae Receptaculum* ($n=2$)

编号	绿原酸/(mg·g ⁻¹)	芦丁/(mg·g ⁻¹)
G1	4.30	0.66
G2	3.83	0.49
G3	4.27	0.79
G4	3.72	0.43
G5	2.60	0.33
G6	3.76	0.27
G7	4.08	0.40
G8	1.21	0.36
G9	3.80	0.46
G10	2.24	0.84
G11	4.05	0.50
G12	3.97	0.46
G13	3.93	0.38

表 4 熵权法计算的广东王不留行指标信息熵和权重
Table 4 Information entropy and weight of *Fici Pumilae Receptaculum* index calculated by entropy weight method

编号	信息熵	权重 ρ 值	编号	信息熵	权重 ρ 值
峰 1	0.880 0	0.079 6	峰 6	0.903 9	0.063 8
峰 2	0.819 1	0.120 0	峰 7	0.860 9	0.092 3
峰 3	0.924 7	0.049 9	峰 8	0.814 0	0.123 4
峰 4	0.674 8	0.215 8	绿原酸峰	0.955 1	0.029 8
峰 5	0.841 9	0.104 9	芦丁峰	0.818 4	0.120 5

2.4 灰色关联度法计算各指标的相关关联度

2.4.1 无量纲化处理 在灰色关联度分析中, 首先确定评价单元序列, 设有 m 个样品, 每个样品有 n 项评价指标, 由此组成单元序列 $\{X_{ij}\}$ ($i=1、2、3\cdots m; j=1、2、3\cdots n$; 本研究中 $m=13, n=10$)。在多指标评价中因各指标单位、量级不同, 无法进行直接评价, 故需对原始数据进行无量纲化处理, 计算公式为 $Y_{ij}=X_{ij}/X_j$ (Y_{ij} 为处理后的数据, X_{ij} 为原始数据, X_j 为样品第 j 个指标的平均值)。

2.4.2 关联系数的计算 选择参考序列, 包括最优参考序列 (所有样品中每一项指标最大值) 和最差参考序列 (所有样品中每一项指标最小值), 分别记为 $\{Y_{sj}\}$ 、 $\{Y_{tj}\}$ 。相对与最优参考序列的关联系数计

算公式为 $\xi_{j(s)}^i = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{|Y_{ij} - Y_{sj}| + \rho \Delta \max}$ ，其中 $\Delta \min =$

$\min |Y_{ij} - Y_{sj}|$ ， $\Delta \max = \max |Y_{ij} - Y_{sj}|$ ；相对于最差参考序列的关联度计算公式为 $\xi_{j(t)}^i =$

$\frac{\Delta' \min + \rho \Delta' \max}{|Y_{ij} - Y_{tj}| + \rho \Delta' \max}$ ，其中 $\Delta' \min = \min |Y_{ij} - Y_{tj}|$ ，

$\Delta' \max = \max |Y_{ij} - Y_{tj}|$ 。本实验各指标权重 W_i ，即各指标的权重 ρ 值，见表 4。

2.4.3 关联度即相关关联度的计算 相对于最优

参考序列的关联度 $r_{(s)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_{j(s)}^i$ ，见表 5；最差

参考序列的关联度 $r_{(t)} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \xi_{j(t)}^i$ ，见表 6。最佳

评价单元是相对于最优参考序列的关联度 $r_{(s)}$ 最大，而相对于最差参考序列的关联度 $r_{(t)}$ 最小^[13]。因此将评价单元序列同时相对于最优参考序列和最

差参考序列的相对关联度 $r_i = \frac{r_{(s)}}{r_{(s)} + r_{(t)}}$ 。根据相对关

联度 r_i 的大小对评价单元序列进行排序，并结合熵权法结果，优化得到优劣评价结果，见表 7。

3 讨论

在广东王不留行特征图谱方法建立过程中，实验比较流动相不同梯度条件，选择多个检测波长（254、300、325 nm），用不同的磷酸浓度流动相系

统（甲醇 - 0.1%磷酸、甲醇 - 0.05%磷酸）进行分析，结果表明检测波长为 300 nm、流动相为甲醇 - 0.1%磷酸梯度洗脱系统时，各特征峰响应强、分离度最优。实验还考察了甲醇、70%甲醇和 50%甲醇的提取效果以及超声提取、回流的提取效果。以特征峰总峰面积、样品质量浓度为指标进行比较，结果使用 50%甲醇超声提取 40 min，各特征峰提取效果最佳。建立了 UPLC 特征图谱方法，并指认了其中的 3 个成分，分别为新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸。

现代药理研究发现广东王不留行具有抑菌、抗氧化、抗肿瘤和提高机体免疫的作用^[14]。绿原酸和芦丁在抗菌抗炎、抗肿瘤、抗氧化等方面显示出较好的药理作用^[15-17]。本研究测定了广东王不留行中绿原酸和芦丁，13 批药材中来源广东茂名的 G5、G8 和来源广西南宁的 G10 不符合《广东省中药材标准》第三版规定广东王不留行药材中绿原酸和芦丁总量不得少于 0.35%，其他批次含量均符合规定。由于新绿原酸、异绿原酸含量较低，在本方法中响应低，与绿原酸和芦丁含量差异较大，不宜采用同法测定，故本研究仅测定绿原酸和芦丁。

为进一步比较不同产地广东王不留行药材中成分差异，本研究依据熵权法对指标 ρ 值分别客观赋值，广东王不留行中峰 4（新绿原酸）权重最大，说明其对广东王不留行的质量影响最大，其次是峰

表 5 广东王不留行各评价指标相对于最优参考序列的关联度

Table 5 Correlation degree between evaluation indicators of *Fici Pumilae Receptaculum* and the optimal reference sequence

编号	相对于最优参考序列的关联度									
	峰 1	峰 2	峰 3	峰 4	峰 5	峰 6	峰 7	峰 8	绿原酸峰	芦丁峰
G1	0.18	0.19	0.07	0.21	0.12	0.07	0.23	0.14	1.00	0.28
G2	0.20	0.17	0.08	0.20	0.12	0.08	0.25	0.13	0.16	0.16
G3	1.00	0.15	0.11	0.22	0.19	0.31	1.00	0.15	0.77	0.59
G4	0.88	0.20	0.44	1.00	0.99	0.12	0.37	1.00	0.14	0.14
G5	0.20	1.00	0.07	0.18	0.12	0.06	0.10	0.11	0.05	0.12
G6	0.14	0.25	0.08	0.18	0.11	0.40	0.31	0.12	0.15	0.11
G7	0.21	0.18	0.06	0.20	0.11	1.00	0.30	0.13	0.29	0.13
G8	0.07	0.26	0.05	0.19	0.09	0.06	0.08	0.11	0.03	0.12
G9	0.25	0.14	0.10	0.27	0.24	0.30	0.16	0.18	0.16	0.15
G10	0.14	0.14	0.07	0.18	0.11	0.16	0.11	0.11	0.04	1.00
G11	0.21	0.12	0.73	0.62	0.74	0.09	0.17	0.36	0.27	0.17
G12	0.43	0.13	1.00	0.50	1.00	0.12	0.16	0.29	0.22	0.15
G13	0.16	0.11	0.18	0.57	0.30	0.13	0.17	0.35	0.20	0.13

表 6 广东王不留行各评价指标相对于最差参考序列的关联度

Table 6 Correlation between various evaluation indicators of *Fici Pumilae Receptaculum* and worst reference sequence

编号	相对于最差参考序列的关联度									
	峰 1	峰 2	峰 3	峰 4	峰 5	峰 6	峰 7	峰 8	绿原酸峰	芦丁峰
G1	0.11	0.20	0.13	0.56	0.31	0.25	0.12	0.36	0.03	0.15
G2	0.10	0.22	0.11	0.63	0.30	0.22	0.11	0.44	0.03	0.24
G3	0.07	0.26	0.08	0.47	0.16	0.07	0.08	0.30	0.03	0.12
G4	0.07	0.19	0.05	0.18	0.09	0.10	0.10	0.11	0.04	0.30
G5	0.11	0.11	0.14	0.92	0.32	0.60	0.33	0.91	0.06	0.54
G6	0.13	0.16	0.11	0.87	0.45	0.07	0.10	0.60	0.03	1.00
G7	0.10	0.21	0.17	0.59	0.44	0.06	0.10	0.46	0.03	0.35
G8	1.00	0.15	1.00	0.73	1.00	1.00	1.00	0.89	1.00	0.44
G9	0.09	0.29	0.09	0.35	0.13	0.07	0.15	0.22	0.03	0.27
G10	0.14	0.32	0.14	1.00	0.48	0.09	0.30	1.00	0.08	0.11
G11	0.10	0.47	0.05	0.20	0.10	0.15	0.14	0.14	0.03	0.23
G12	0.08	0.38	0.05	0.22	0.09	0.10	0.15	0.15	0.03	0.27
G13	0.12	1.00	0.06	0.20	0.12	0.10	0.15	0.14	0.03	0.38

表 7 广东王不留行的相对关联度排序

Table 7 Relative correlation ranking of *Fici Pumilae Receptaculum*

编号	最优关联度	最差关联度	相关关联度	排序
G1	0.248 2	0.223 1	0.526 6	6
G2	0.155 2	0.241 9	0.390 8	9
G3	0.449 5	0.164 1	0.732 6	2
G4	0.529 0	0.123 7	0.810 5	1
G5	0.200 9	0.403 2	0.332 6	12
G6	0.185 2	0.351 8	0.344 8	11
G7	0.260 8	0.252 6	0.508 1	7
G8	0.108 0	0.821 7	0.116 2	13
G9	0.195 4	0.169 7	0.535 3	5
G10	0.204 1	0.365 4	0.358 5	10
G11	0.348 0	0.160 6	0.684 3	4
G12	0.401 0	0.152 8	0.724 1	3
G13	0.228 2	0.230 7	0.497 3	8

8 (隐绿原酸) 和芦丁, 后续研究中建议把新绿原酸和隐绿原酸纳入研究。各评价指标对质量的影响根据熵权法赋值进行区分后, 建立以特征图谱 8 个特征峰峰面积、绿原酸和芦丁质量分数为指标的灰色关联度质量评价模型, 将得到的数据通过相对关联度进行综合排序, 广东王不留行的相对关联度为 0.116 2~0.810 5, 说明各产地的广东王不留行的质量存在一定的差异。根据相对关联度排序结果, 广东肇庆产的广东王不留行质量最佳, 因此该方法可用于评价广东王不留行药材质量。

本研究建立广东王不留行特征图谱, 并以特征图谱峰面积、绿原酸和芦丁质量分数建立质量评价模型, 可为广东王不留行药材品质评价标准研究提供参考。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1] 广东省药品监督管理局. 广东省中药材标准 (第三册) [M]. 广州: 广东科技出版社, 2019: 52-56.
 [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第 21 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1978.

- [3] 余世荣, 周本宏, 刘芳. 薜荔果本草考证及现代研究概况 [J]. 中国药师, 2010, 13(9): 1343-1345.
- [4] 魏伟, 范春林, 王贵阳, 等. 广王不留行的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(5): 615-621.
- [5] 何鹏, 王英, 金建平, 等. HPLC 同时测定广东王不留行中绿原酸和芦丁的含量 [J]. 中国现代中药, 2014, 16(12): 992-995.
- [6] 袁德俊, 吴涵, 梁馨文, 等. 不同批次广东王不留行芦丁和绿原酸的含量比较 [J]. 广西中医药, 2019, 42(4): 56-59.
- [7] 张朝辉, 丁芳林. HPLC 法同时测定薜荔中的芦丁和绿原酸含量 [J]. 中国野生植物资源, 2016, 35(5): 37-40.
- [8] 陈彤彤, 于猛, 李凤霞, 等. 芦荟药材化学成分鉴定及 UPLC 指纹图谱分析 [J]. 中草药, 2022, 53(8): 2470-2479.
- [9] 吴学峰, 周熙, 黄晓兰, 等. 基于 UPLC-Q-TOF MS 的广佛手指纹图谱建立及炮制前后成分差异分析 [J]. 分析测试学报, 2022, 41(3): 299-308.
- [10] 肖建才, 闫滨滨, 万修福, 等. 基于指纹图谱和 UPLC-MS/MS 定量测定对不同产地陈皮的质量评价研究 [J]. 中草药, 2023, 54(10): 3302-3311.
- [11] 林建潮. 熵权法确定评价指标权重在 Excel 中的实现 [J]. 中国医院统计, 2020, 27(4): 362-364.
- [12] 王柳瓔, 郭焕佳, 姬生国. 基于熵权法和灰色关联度法的铁皮石斛质量评价 [J]. 中成药, 2023, 45(2): 483-487.
- [13] 李莉, 常欣, 陈志禹. 基于熵权法和灰色关联度法的川贝母质量评价研究 [J]. 中药材, 2021, 44(2): 387-393.
- [14] 魏伟, 范春林, 王贵阳, 等. 广王不留行的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(5): 615-621.
- [15] 王红懿, 刘芳, 孙志兰, 等. Helveticin-M 与绿原酸复配对大肠杆菌和肠炎沙门氏菌的抑菌效果及其机制 [J]. 食品科学, 2020, 41(3): 68-74.
- [16] 敖慧豪, 付梦雅, 谢冬梅, 等. 基于指纹图谱和网络药理学的苍耳子质量标志物预测分析 [J]. 湖南中医药大学学报, 2023, 43(3): 483-492.
- [17] 刘文强, 董壮壮, 孙庆, 等. 桑叶茶中多酚、黄酮含量与抗氧化作用的相关性研究 [J]. 食品科技, 2023, 48(2): 239-245.

[责任编辑 解学星]