

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250213007

引用格式: 祁珍祯, 朱冰雅, 华正罡. 一测多评法测定三大道地产区金银花中 5 种咖啡酰奎宁酸含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(13): 144–154.

QI ZZ, ZHU BY, HUA ZG. Determination of the content of 5 kinds of caffeoylquinic acid in *Lonicera japonica* Thunb. from Sandao real estate area by quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(13): 144–154. (in Chinese with English abstract).

一测多评法测定三大道地产区金银花中 5 种咖啡酰奎宁酸含量

祁珍祯, 朱冰雅, 华正罡*

(辽宁省疾病预防控制中心, 辽宁省空气雾霾与人群健康监测重点实验室, 沈阳 110005)

摘要: 目的 建立一测多评法同时测定三大道地产区金银花药材中新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 5 种成分的含量。**方法** 采用 Phenomenex Synergi Hydro-RP80A (250 mm×4.6 mm, 4 μm) 色谱柱, 以乙腈(A)-0.1%磷酸水溶液(B)为流动相, 检测波长 327 nm, 柱温 20 °C, 流速 0.7 mL/min; 进样量 2 μL。**结果** 新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 B、异绿原酸 A、异绿原酸 C 的线性范围分别为 0.41~16.40、7.22~289.00、0.21~8.50、1.65~66.00、0.37~14.80 μg/mL ($r \geq 0.9993$), 平均回收率为 95.25%~100.42%, 精密度、重复性、稳定性相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)均小于等于 2.0%; 利用外标法测 25 批样品中新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 的含量, 其测定值与一测多评法计算值无显著性差异。**结论** 本方法同时测定金银花中 5 个化合物含量准确可靠且方法简便, 解决了金银花质量控制中缺乏对照品这一瓶颈问题。不同产地的金银花中咖啡酰奎宁酸类的含量差别较大。本研究为金银花的鉴别、品质评价、制定质量标准等提供了重要的依据。

关键词: 金银花; 一测多评; 咖啡酰奎宁酸; 质量控制

Determination of the content of 5 kinds of caffeoylquinic acid in *Lonicera japonica* Thunb. from Sandao real estate area by quantitative analysis of multi-components by single marker

QI Zhen-Zhen, ZHU Bing-Ya, HUA Zheng-Gang*

(Liaoning Provincial Center for Disease Control and Prevention, Liaoning Provincial Key Laboratory of Air Haze and Population Health Monitoring, Shenyang 110005, China)

ABSTRACT: Objective To establish a method to simultaneously determine the content of 5 kinds of components of *Lonicera japonica* Thunb. herbs from Sandao real estate area (neochlorogenic acid, chlorogenic acid, isochlorogenic acid A, isochlorogenic acid B and isochlorogenic acid C) by quantitative analysis of multi-components by single marker.

收稿日期: 2025-02-13

第一作者: 祁珍祯(1989—), 女, 副主任技师, 硕士, 主要研究方向为食品药品检测与分析。E-mail: 15040206892@163.com

*通信作者: 华正罡(1983—), 男, 主任技师, 硕士, 主要研究方向为食品药品标准化研究。E-mail: huazhenggang2004@163.com

Methods Phenomenex Synergi Hydro-RP80A (250 mm×4.6 mm, 4 μm) column was used with acetonitrile (A)-0.1% phosphoric acid aqueous solution (B) as mobile phase, the detection wavelength was 327 nm, the column temperature was 20 °C, and the flow rate was 0.7 mL/min. The injection volume was 2 μL. **Results** The linear ranges of neochlorogenic acid, chlorogenic acid, isochlorogenic acid B, isochlorogenic acid A and isochlorogenic acid C were 0.41–16.40, 7.22–289.00, 0.21–8.50, 1.65–66.00 and 0.37–14.80 μg/mL ($r \geq 0.9993$), respectively. The average recovery rate was 95.25%–100.42%, and the relative standard deviation (RSD) of precision, repeatability and stability were less than 2.0%. The content of neochlorogenic acid, chlorogenic acid, isochlorogenic acid A, isochlorogenic acid B and isochlorogenic acid C in 25 batches of samples was determined by external standard method, and there was no significant difference between the measured values and the calculated values of quantitative analysis of multi-components by single marker method. **Conclusion** This method is accurate, reliable and simple for the simultaneous determination of the content of 5 kinds of compounds in *Lonicera japonica* Thunb., which solves the bottleneck problem of lack of reference substances in the quality control of *Lonicera japonica* Thunb.. The content of caffeoylquinic acid in *Lonicera japonica* Thunb. from different origins varies greatly, and it is necessary to further strengthen the processing of *Lonicera japonica* Thunb.. This study provides an important basis for the identification, quality evaluation and formulation of quality standards of *Lonicera japonica* Thunb..

KEY WORDS: *Lonicera japonica* Thunb.; quantitative analysis of multi-components by single marker; caffeoylquinic acid; quality control

0 引言

金银花为忍冬科植物忍冬 *Lonicera japonica* Thunb. 的干燥花蕾或带初开的花^[1], 是我国传统中药材和药食同源植物的典型代表^[2-5]。金银花具有抗菌、抗病毒、抗炎、免疫、保肝、止血等功效^[6-12], 有中药抗生素之称^[13]。金银花的人工栽培的传统产区主要在河北巨鹿、河南封丘、山东平邑等地^[14]。现代研究表明, 金银花的药理活性与其所含的多种活性成分密切相关^[15-16], 绿原酸是金银花的主要抗菌成分^[17], 也是金银花质量控制的重要指标^[18]。

绿原酸是由奎宁酸和咖啡酸通过酯化反应形成的缩酚酸, 是植物体在有氧呼吸过程中产生的一种苯丙素类化合物^[19], 根据酯化位点的不同, 可形成多种同分异构体, 包括新绿原酸(5-咖啡酰奎宁酸)、隐绿原酸(4-咖啡酰奎宁酸)、异绿原酸 A (3,5-二咖啡酰奎宁酸)、异绿原酸 B (3,4-二咖啡酰奎宁酸)及异绿原酸 C (4,5-二咖啡酰奎宁酸)等^[20]。文献报道咖啡酰奎宁酸类化合物的检测方法主要包括紫外分光光度法^[21]、高效液相色谱^[22]、薄层色谱法^[23]和毛细管电泳法^[24]等。但上述文献报道定量方法均采用外标法, 对照品的种类和数量需求均较大。一测多评法由王智民等^[25]于 2006 年首次提出, 核心原理是通过已知对照品与目标成分之间的响应值关系(如色谱峰面积、吸收度等), 计算校正因子, 建立相对校正因子或数学模型, 实现对其他同类成分的间接定量分析, 无需每种成分都配备对照品。一测多评技术已被广泛应用于中药多组分同步含量测定领域^[26-29]。但目前一

测多评法用于金银花中咖啡酰奎宁酸类化合物含量的测定研究较少。

因此本研究采用一测多评法测定我国三大道地产区样品中 5 种咖啡酰奎宁酸类化合物含量, 通过廉价易得的绿原酸对照品与其余成分之间的响应值关系建立相对校正因子, 通过方法学和交叉验证, 使其计算值与实测值符合定量方法学的要求。解决了因部分标准品昂贵而导致外标法不能广泛应用的问题, 实现了“以一测多”“以易测难”“以廉测贵”的多指标质量控制方案, 并比较分析不同产地金银花的品质差异。研究成果不仅可为金银花的质量评价提供新思路, 也将为其在医药、食品等领域的深度开发应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试剂与材料

绿原酸对照品(质量分数为 99.3%, 批号 110753-202119)(中国食品药品检定研究院); 异绿原酸 A 对照品(质量分数为 98.0%, 批号 J0202AS)、异绿原酸 B 对照品(质量分数为 98.0%, 批号 D1018AS)、异绿原酸 C 对照品(质量分数为 98.0%, 批号 D0507AS)、新绿原酸对照品(质量分数为 98.0%, 批号 N0805AS)(大连美仑生物技术有限公司); 乙腈(色谱纯)、甲醇(色谱纯)[赛默飞世尔科技(中国)有限公司]; 磷酸(分析纯, 天津市大茂化学试剂厂)。

试验用 25 份金银花, 均经沈阳药科大学中药学院陆金才教授鉴定为忍冬科植物忍冬 *Lonicera japonica* Thunb. 的干燥花。样品来源信息见表 1。

表 1 金银花样品来源
Table 1 Sources of *Lonicera japonica* Thunb. samples

样品号	产地	样品号	产地	样品号	产地
S1	山东平邑县 1	S10	河南新密市 1	S19	山东临沂市 6
S2	山东平邑县 2	S11	河南新密市 2	S20	山东临沂市 7
S3	山东平邑县 3	S12	河南新密市 3	S21	河南封丘县 1
S4	山东平邑县 4	S13	河南新密市 4	S22	河南封丘县 2
S5	山东平邑县 5	S14	山东临沂市 1	S23	河南封丘县 3
S6	河北巨鹿县 1	S15	山东临沂市 2	S24	河南封丘县 4
S7	河北巨鹿县 2	S16	山东临沂市 3	S25	河南封丘县 5
S8	河北巨鹿县 3	S17	山东临沂市 4		
S9	河北巨鹿县 4	S18	山东临沂市 5		

1.2 仪器与设备

Agilent 1260 高效液相色谱仪[配二极管阵列检测器(型号 G1315C)]、InfinityLab Poroshell 120 EC-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 4 μm)(美国 Agilent 公司); Waters e2695 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司); Phenomenex Synergi Hydro-RP 80A 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 4 μm)(美国 Phenomenex 公司); Accucore™ XL C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 4 μm)(美国 Thermo Fisher Scientific 公司); AE240 型电子分析天平(精度 0.01 mg, 梅特勒-托利多上海有限公司); GXZ-9070MBE 型电热鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂); 800Y 型高速粉碎机(永康市铂欧五金制品有限公司); KQ-100DE 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 供试品的制备

精密称定过完筛的金银花粉末约 100.00 mg, 置于具塞锥形瓶中, 精密加入 50%甲醇 20.00 mL, 盖好塞子涡旋混合 5 min, 置于分析天平上称定重量, 超声波提取(功率 300 W, 频率 40 kHz) 40 min, 冷却后, 用分析天平称定重量, 用 50%甲醇补足减少的重量, 盖好塞子涡旋混合 1 min, 取上清液过 0.22 μm 滤膜于进样小瓶中, 上安捷伦高效液相色谱仪。

1.3.2 对照品的制备

分别精密称取对照品新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 适量, 置于 10.00 mL 容量瓶中, 甲醇溶解并稀释至刻度, 摇匀, 得新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 质量浓度分别为 0.164、2.890、0.660、0.085、0.148 mg/mL 的混合溶液。

1.3.3 液相色谱条件

色谱柱: Phenomenex Synergi Hydro-RP80A (250 mm×4.6 mm, 4 μm), 柱温为 30 °C, 流动相体系: A: 乙腈, B: 0.1%磷酸水溶液; 流速 0.7 mL/min; 梯度洗脱条件为: 0~14 min, 19% A; 14~35 min, 19%~31% A; 35~40 min, 90% A, 检测波长 327 nm; 流速 0.7 mL/min; 进样量 2 μL。

1.3.4 标准曲线考察

依次精密吸取 1.3.2 项下混合对照品溶液 1.00、0.50、0.25 mL 分别置于 10.00 mL 容量瓶中, 用甲醇稀释至刻度, 摇匀, 标号 I、II、III。依次精密吸取 I 号混合对照品溶液 1.00、0.50、0.25 mL 分别置于 10.00 mL 容量瓶中, 用甲醇稀释至刻度, 摇匀, 标号 IV、V、VI。各对照品待测液新绿原酸含量为 0.41、0.82、1.64、4.10、8.20、16.40 μg/mL, 绿原酸含量为 7.225、14.45、28.90、72.25、144.50、289.00 μg/mL, 异绿原酸 A 含量为 1.65、3.30、6.60、16.50、33.00、66.00 μg/mL, 异绿原酸 B 含量为 0.2125、0.4250、0.8500、2.1250、4.2500、8.5000 μg/mL, 异绿原酸 C 含量为 0.37、0.74、1.48、3.70、7.40、14.80 μg/mL, 按照 1.3.3 项液相色谱条件进行进样分析, 以峰面积为纵坐标(Y), 进样质量浓度为横坐标(X, μg/mL), 绘制标准曲线。

1.3.5 方法学考察

(1) 仪器精密度考察

精密吸取 1.3.2 项下的各混合对照品溶液高质量浓度(绿原酸含量为 16.40 μg/mL、绿原酸含量 289.00 μg/mL、异绿原酸 A 含量 66.00 μg/mL、异绿原酸 B 含量 8.500 μg/mL、异绿原酸 C 含量 14.80 μg/mL)、中质量浓度(绿原酸含量为 4.10 μg/mL、绿原酸含量 72.25 μg/mL、异绿原酸 A 含量 16.50 μg/mL、异绿原酸 B 含量 2.125 μg/mL、异绿原酸 C 含量 3.70 μg/mL)、低质量浓度(绿原酸含量为 0.82 μg/mL、绿原酸含量 14.45 μg/mL、异绿原酸 A 含量 3.30 μg/mL、异绿原酸 B 含量 0.4250 μg/mL、异绿原酸 C 含量 0.74 μg/mL) 混合对照品 2 μL, 在同一天内连续进样 6 次, 计算各成分峰面积的相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)考察日内精密度; 每天进样 3 次, 连续进样 3 d, 计算各成分峰面积的 RSD 考察日间精密度。

(2) 重复性考察

取同一批次金银花样品(编号: S13), 按照 1.3.1 项下方法平行制备 6 份供试品, 按照 1.3.3 项下方法进行处理与测定, 以外标法计算新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 的含量 RSD 值。

(3) 稳定性考察

取 S13 金银花样品溶液, 分别于 0、2、4、6、8、10、12、24 h 按照 1.3.3 项下方法进行分析测定, 分别记录色谱峰面积, 计算新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 的含量 RSD 值。

(4) 回收率考察

精确称取已知含量的 S13 金银花样品 6 份, 每份约 0.10 g, 各平行 6 份, 分别加入相应低、中、高量(分别相当于金银花样品中各被测成分含量的 80%、100%、120%)的新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 对照品, 制成供试品溶液, 测定其峰面积, 按照公式(1)计算加样回收率。

$$\text{回收率}/\% = (\text{实测量} - \text{原始量}) / \text{加入量} \times 100\% \quad (1)$$

计算得新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C 平均回收率及 RSD。

1.4 数据处理

用 Agilent 液相色谱仪自带色谱工作站采集的数据进行定性、定量分析; 采用 WPS 365 进行数据分析, 分析试验结果。

2 结果与分析

2.1 色谱条件的优化

2.1.1 波长的选择

查阅文献[30]确定了咖啡酰奎宁酸类化合物最大吸收

波长分别为 327 nm。采用二极管阵列检测器对 5 个成分进行了全波长扫描, 结果如图 1, 在 327 nm 波长附近均有明显吸收, 且各待测成分色谱峰分离度良好, 从整体结果分析选择 327 nm 作为检测波长。

2.1.2 流动相的选择

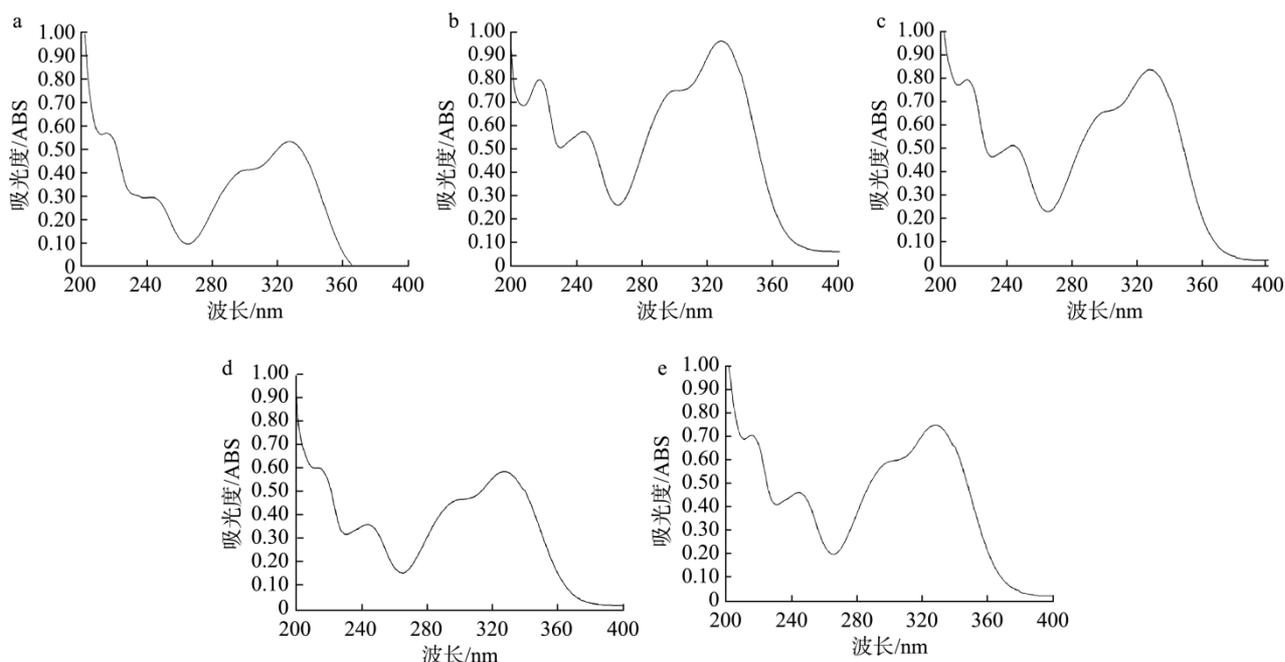
按照 1.3.3 项下方法, 分别考察流动相的有机相与水相。

有机相的考察分别为乙腈(A)-0.1%磷酸溶液(B)和甲醇(A)-0.1%磷酸溶液(B), 比较样品溶液中各成分的峰面积, 峰之间的分离度, 以及峰形。结果显示, 当选用乙腈为有机相, 0.1%磷酸溶液为水相, 各成分峰形较好, 分离度更高, 所以选择流动相为乙腈(A)-0.1%磷酸溶液(B)。

水相的考察分别为纯水、0.1%甲酸、0.3%甲酸、0.1%磷酸、0.2%磷酸, 比较样品溶液中各成分的峰面积, 峰之间的分离度, 以及峰形。结果显示, 流动相加酸分离效果更好; 加入磷酸后, 各成分经色谱柱分离后峰形更好, 分离度更高, 且 0.2%磷酸和 0.1%磷酸分离效果无明显差别, 考虑到色谱柱的耐酸性有限, 酸性过强会对色谱柱造成损害, 所以选择水相中加入 0.1%磷酸。

2.1.3 色谱柱的选择

分别考察色谱柱填充粒径为 4 μm 和 5 μm 的色谱柱, 比较样品溶液中各成分的峰面积, 各成分峰形以及分离度。结果显示, 粒径 4 μm 色谱柱对于咖啡酰奎宁酸类化合物分离效果更好, 各组分峰面积更大, 且峰形更佳, 所以选择粒径为 4 μm 的色谱柱作为咖啡酰奎宁酸类分析的色谱柱。



注: a. 新绿原酸; b. 绿原酸; c. 异绿原酸 A; d. 异绿原酸 B; e. 异绿原酸 C。

图 1 5 种对照品的紫外线吸收光谱

Fig.1 Ultraviolet absorption spectra of 5 kinds of reference standards

2.2 提取条件的优化

2.2.1 提取溶剂的选择

按照 1.3.1 项下方法, 分别以 20.00 mL 甲醇、乙醇、50%甲醇、75%甲醇和纯水为提取溶媒制备样品溶液。按照确定的色谱条件进行分析, 在单一波长(327 nm)处同步测定样品溶液中 5 个成分的峰面积, 比较不同溶媒提取的样品的峰面积。结果显示, 以 50%甲醇为溶媒测得的各待测成分峰形和分离度较好, 总峰面积较大, 结果见表 2, 故最终确定 50%甲醇为提取溶剂。

2.2.2 溶剂用量的选择

分别以 10、20、40 mL 50%甲醇为提取溶媒制备样品溶液。按照确定的色谱条件进行分析, 在单一波长(327 nm)处同步测定样品溶液中 5 个成分的峰面积, 比较不同溶媒用量提取的样品溶液的峰面积。结果显示, 10 mL 的 50%甲醇的峰面积低于 20 mL 和 40 mL, 20 mL 与 40 mL 的峰面积差异不大, 结果见表 3, 故最终确定提取溶媒 50%甲醇的用量为 20 mL。

2.2.3 提取方式的选择

按照 1.3.1 项下方法, 分别采用超声、冷浸提和回流法进行提取, 制备样品溶液。按照确定的色谱条件进行分

析, 在单一波长(327 nm)处同步测定样品溶液中 5 种成分的峰面积, 比较不同提取方式提取的样品溶液的峰面积。结果显示, 除浸提法外, 其余两种提取方式峰面积差异不大, 结果见表 3, 因超声波提取法简便快速, 故最终确定提取方法为超声提取法。

2.3 测定指标的选择

金银花包含多种主要成分, 其中咖啡酰奎宁酸类(约占 3.8%)是金银花中主要的生物活性物质。一测多评具有诸多优势, 能更全面的反应药材质量情况, 选取主要的 5 种咖啡酰奎宁酸类化合物(新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C), 其中绿原酸是金银花中含量最高的咖啡酰奎宁酸类化合物, 具有化学性质稳定, 对照品价格廉价易得等优点, 由于其他几种咖啡酰奎宁酸类化合物的标准品纯化难度较高, 价格昂贵, 极大地增加了常规分析的成本。故绿原酸符合一标多测方法中一标的选择原则, 故以绿原酸为内标物对金银花进行多指标同步含量测定分析。

分别将混合对照品溶液、样品溶液按照 1.3.3 项下色谱条件进样分析。色谱图见图 2, 结果显示异绿原酸 A、异绿原酸 B、异绿原酸 C、新绿原酸、绿原酸 5 种成分与其

表 2 不同提取溶剂峰面积对照表

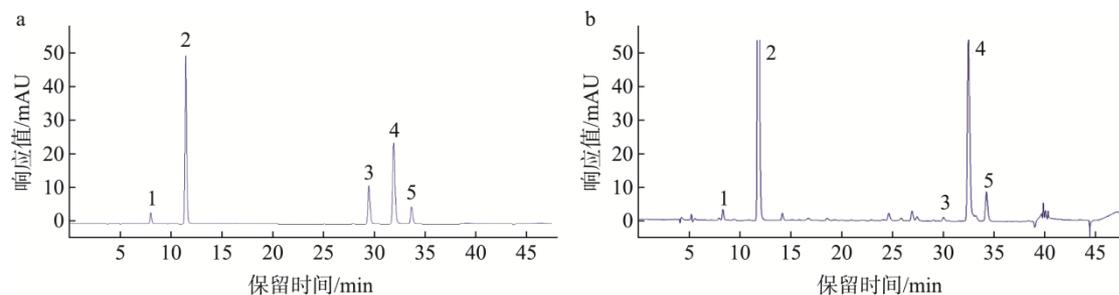
Table 2 Comparison table of peak areas for different extraction solvents

成分	甲醇提取峰面积	乙醇提取峰面积	50%甲醇提取峰面积	75%甲醇提取峰面积	纯水提取峰面积
新绿原酸	30.82	26.35	37.84	36.57	18.25
绿原酸	803.25	789.52	873.84	876.31	543.16
异绿原酸 B	20.48	20.83	21.41	18.25	17.35
异绿原酸 A	563.27	594.62	606.45	601.43	487.90
异绿原酸 C	75.46	79.35	83.32	83.11	53.99

表 3 不同提取方式及溶剂用量峰面积对照表

Table 3 Comparison table of peak area of different extraction methods and solvent dosage

成分	10 mL 50%甲醇提取峰面积	20 mL 50%甲醇提取峰面积	40 mL 50%甲醇提取峰面积	超声提取峰面积	冷浸提提取峰面积	回流提取峰面积
新绿原酸	30.66	37.84	38.25	37.68	33.16	38.12
绿原酸	705.32	873.84	872.42	871.85	756.09	872.94
异绿原酸 B	16.81	21.41	20.69	20.93	16.53	21.26
异绿原酸 A	509.10	606.45	606.81	606.89	592.37	605.88
异绿原酸 C	74.56	83.32	84.02	83.66	72.15	82.98



注: 1. 新绿原酸; 2. 绿原酸; 3. 异绿原酸 B; 4. 异绿原酸 A; 5. 异绿原酸 C。

图 2 5 种对照品(a)和金银花样品溶液(b)的高效液相色谱图

Fig.2 High performance liquid chromatograms of 5 kinds of reference substances *Lonicera japonica* Thunb. sample solution

相邻色谱峰的分度均大于 1.5, 拖尾因子在 0.98~1.20 之间, 理论塔板数以各色谱峰计均在 10000 以上, 以上化合物含量较高、分离效果好且互不干扰。

2.4 线性关系

各对照准品利用外标法的线性回归方程、相关系数以及对照品的线性范围如表 4 所示。从表 4 中数据可知, 新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 B、异绿原酸 A、异绿原酸 C 的线性范围分别为 0.41~16.40、7.22~289.00、0.21~8.50、1.65~66.00、0.37~14.80 $\mu\text{g/mL}$, 5 种咖啡酰奎宁酸类成分进样量与峰面积之间具有良好的线性关系, 其相关系数 r 均大于 0.9993。各分析物与其相邻峰的分度均大于 1.5, 拖尾因子在 1.00~1.10 之间, 理论塔板数均在 10000 以上。

表 4 5 种成分的校准曲线和质量浓度范围

Table 4 Calibration curves and mass concentration ranges of 5 kinds of components

成分	校准曲线	相关系数(r)	质量浓度范围 /($\mu\text{g/mL}$)
新绿原酸	$Y=8.0348X+0.5741$	0.9997	0.41~16.40
绿原酸	$Y=8.2367X+6.4705$	0.9999	7.22~289.00
异绿原酸 B	$Y=8.9177X+2.6588$	0.9995	0.21~8.50
异绿原酸 A	$Y=10.44X+2.8075$	0.9993	1.65~66.00
异绿原酸 C	$Y=8.709X-1.8738$	0.9998	0.37~14.80

2.5 方法学考察结果

2.5.1 精密度试验结果

按照 1.3.5(1)方法进行分析, 结果见表 5。计算得新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 B、异绿原酸 A、异绿原酸 C 其日内精密度 RSDs 分别是 1.57%、0.49%、1.55%、0.82%、0.99%, 日间精密度 RSDs 分别是 1.37%、0.12%、1.63%、0.51%、0.79%, 结果显示, 该分析方法的日内日间精密度良好。

2.5.2 重复性试验结果

按照 1.3.5(2)方法进行分析, 结果测得供试品各成分含量的 RSDs 分别是 1.43%、0.43%、1.94%、0.56%、1.32%,

表明该方法的重复性良好。

2.5.3 稳定性试验结果

按照 1.3.5(3)方法进行分析, 结果测得供试品各成分含量的 RSDs 分别是 1.49%、0.09%、1.79%、0.18%、1.62%, 表明样品溶液在 24 h 内是稳定的。

2.5.4 加样回收率试验结果

按照 1.3.5(4)方法进行分析, 按照按 1.3.1 项下方法前处理, 按 1.3.3 项下方法进行检测, 经过计算得到新绿原酸、绿原酸、异绿原酸 B、异绿原酸 A、异绿原酸 C 5 个化合物的平均回收率依次为 96.90%、95.25%、98.93%、97.26%、100.42%, 其 RSDs 依次为 1.68%、2.28%、3.99%、2.94%、3.98%, 表明该方法的准确度良好。

2.6 相对校正因子的建立

2.6.1 相对校正因子计算

相对保留值的建立: 根据绿原酸的保留时间, 利用待测成分(新绿原酸、异绿原酸 B、异绿原酸 A、异绿原酸 C)相对于绿原酸的相对保留时间(RRT_x)对待测峰进行定位, 计算公式如公式(2)所示:

$$RRT_x = RT_x / RT_s \quad (2)$$

式中: RT_s 、 RT_x 分别表示内标化合物和待测化合物的保留时间, min。

相对校正因子的建立: 根据绿原酸的保留时间和峰面积, 分别计算咖啡酰奎宁酸类待测成分相对于绿原酸的相对校正因子, 计算公式如公式(3)所示:

$$f_{k/s} = \frac{W_k \times A_k}{W_s \times A_s} \times 100\% \quad (3)$$

式中: $f_{k/s}$ 为内参物与其他组分之间的相对校正因子; A_s 为内标化合物峰面积; W_s 为内标化合物的质量浓度, $\mu\text{g/mL}$; A_k 为某待测化合物峰面积; W_k 为某待测化合物的质量浓度, $\mu\text{g/mL}$ 。

测得的 $f_{k/s}$ 可作为某一色谱条件下某一组分的相对校正因子。通过使用一个对照品标准物和相对校正因子计算其他组分的量, 计算公式如公式(4)所示:

$$W'_s = \frac{W'_k \times A'_s}{f_{k/s} \times A'_k} \quad (4)$$

表 5 日内及日间精密度结果

Table 5 Results of intraday precision and daytime precision

成分	低浓度日内精密度		中浓度日内精密度		高浓度日内精密度		日间精密度	
	峰面积平均值	RSDs/%	峰面积平均值	RSDs/%	峰面积平均值	RSDs/%	峰面积平均值	RSDs/%
新绿原酸	7.35	1.66	34.68	1.56	131.16	1.48	34.84	1.37
绿原酸	306.50	1.29	1480.50	0.11	5918.30	0.08	1480.00	0.12
异绿原酸 B	6.93	1.75	21.65	1.79	74.53	1.10	21.29	1.63
异绿原酸 A	175.80	1.38	856.90	0.98	3464.00	0.09	858.40	0.51
异绿原酸 C	31.28	1.81	162.20	0.94	648.10	0.21	161.80	0.79

式中: W'_s 为样品中待测化合物的质量浓度, $\mu\text{g/mL}$; W'_k 为用峰面积—外标法测得的样品中标准物质量浓度, $\mu\text{g/mL}$; $f_{k/s}$ 为内参物与其他组分之间的相对校正因子; A'_k 和 A'_s 分别为样品中标准物和待测组分的峰面积。

因此一测多评法可同时测定样品中 n 个组分, 其中一个组分(标准物)用外标法测定, $n-1$ 个组分按式(3)~(4)计算, 即得。

2.6.2 校正因子耐用性考察及色谱峰定位

分别考察了 Agilent 1260 和 Waters e2695 两套高效液相色谱系统和 Phenomenex Synergi Hydro-RP80A (250 mm \times 4.6 mm, 4 μm)、InfinityLab Poroshell 120 EC-C₁₈ (250 mm \times

4.6 mm, 4 μm)、Accucore™ XL C₁₈ (250 mm \times 4.6 mm, 4 μm) 3 种均以十八烷基硅烷键合硅胶为填充剂的色谱柱, 考察不同色谱系统和色谱柱对相对校正因子的影响。结果显示不同仪器对化合物的相对保留时间稍微有影响, 不同色谱柱对相对保留时间影响均较小, 重现性良好, RSDs 值均小于 5%(表 6)。

精密吸取混合对照品溶液 2 μL 进样分析, 以绿原酸为参照物计算相对校正因子, 所得的相对校正因子及其相对标准差, 见表 7, 结果显示该相对校正因子 $f_{k/s}$ 均比较稳定, 均满足检测要求, RSDs 值均小于 5%。

表 6 各种因素对相对保留值的影响
Table 6 Influence of various factors on the relative retention value

仪器	色谱柱	相对保留值				
		新绿原酸	绿原酸	异绿原酸 B	异绿原酸 A	异绿原酸 C
Agilent 1260	Phenomenex Synergi Hydro-RP80A	0.73	1.00	2.53	2.75	2.93
	InfinityLab Poroshell 120 EC-C ₁₈	0.71	1.00	2.55	2.78	2.91
	Accucore™ XL C ₁₈	0.72	1.00	2.56	2.76	2.87
Waters e2695	Phenomenex Synergi Hydro-RP80A	0.71	1.00	2.52	2.68	2.89
	InfinityLab Poroshell 120 EC-C ₁₈	0.70	1.00	2.55	2.72	2.92
	Accucore™ XL C ₁₈	0.73	1.00	2.54	2.75	2.86
平均值		0.72	1.00	2.54	2.74	2.89
RSDs/%		1.69	0.00	0.62	1.18	0.91

表 7 相对校正因子及其 RSDs
Table 7 Relative correction factor and its RSDs

次数	新绿原酸	绿原酸	异绿原酸 B	异绿原酸 A	异绿原酸 C
1	0.98	1.00	1.21	1.27	1.04
2	0.98	1.00	1.21	1.27	1.03
3	0.99	1.00	1.19	1.26	1.02
4	0.99	1.00	1.20	1.27	1.03
5	0.99	1.00	1.19	1.27	1.03
6	0.99	1.00	1.21	1.27	1.04
平均值	0.99	1.00	1.20	1.27	1.03
RSDs/%	0.52	0.00	1.52	0.32	0.73

2.7 样品的含量测定

取各个产地金银花样品粉末各约 100.00 mg, 精密称定, 按照前述 1.3.1 项下所示方法制备不同产地金银花供试品, 各平行 3 份, 按照 1.3.3 项色谱分析方法进行进样分析, 测定 25 批不同产地金银花中 5 种成分含量。外标法采

用 2.4 所示线性回归方程计算含量, 一测多评相对校正因子采用表 7 的平均值计算含量。结果如表 8 所示, 采用一测多评法与外标法分别检测 25 批次金银花中 5 种成分的含量, 计算结果之间并无明显差异(RSDs<5%)表明该方法能够用于金银花中 5 种咖啡酰奎宁酸类成分含量的同时测定。

结果表明, 5 种咖啡酰奎宁酸的相对校正因子较为稳定准确, 一测多评法与外标法测定结果之间不存在显著性差异。说明该一测多评方法可以测定金银花药材中 5 种咖啡酰奎宁酸类成分含量, 且方法简便、准确, 解决了金银花药材质量控制中缺乏对照品这一瓶颈问题。同时对数据进行分析, 可以看出河南新密产区的 5 种咖啡酰奎宁酸总量高于河南封丘县产区及河北山东产区; 几大产区的异绿原酸 B 与异绿原酸 C 含量差别不大, 山东平邑县的新绿原酸含量显著高于其他产区, 而河南新密市的绿原酸含量显著高于其他产区, 此种差异可能源于土壤、气候、光照等多种原因, 还需进一步探究其原因, 为我国金银花药材及其制剂有效成分的统一性, 实用性提供依据。

表 8 金银花样品中 5 种咖啡酰奎宁酸的含量测定比对(%)
 Table 8 Comparison of the content of 5 kinds of caffeoylquinic acid in *Lonicera japonica* Thunb. Samples (%)

样品号	测定方法	新绿原酸	绿原酸	异绿原酸 B	异绿原酸 A	异绿原酸 C
S1	一测多评法	0.1143	-	0.0676	1.1255	0.3009
	外标法	0.1154	2.1356	0.0694	1.1307	0.2996
	RSDs	0.68	-	1.86	0.33	0.31
S2	一测多评法	0.1161	-	0.0546	0.8742	0.1880
	外标法	0.1172	2.2900	0.0549	0.8765	0.1887
	RSDs	0.67	-	0.39	0.19	0.26
S3	一测多评法	0.1391	-	0.0490	1.0091	0.2142
	外标法	0.1408	1.9623	0.0488	1.0138	0.2146
	RSDs	0.86	-	0.29	0.33	0.13
S4	一测多评法	0.1076	-	0.0495	0.7974	0.2472
	外标法	0.1086	1.9099	0.0494	0.7457	0.2313
	RSDs	0.86	-	0.14	4.74	4.70
S5	一测多评法	0.1197	-	0.0371	0.8305	0.2008
	外标法	0.1209	2.1012	0.0354	0.8329	0.2015
	RSDs	0.71	-	3.32	0.20	0.25
S6	一测多评法	0.1250	-	0.0256	1.0723	0.2011
	外标法	0.1262	2.5859	0.0245	1.0756	0.2015
	RSDs	0.68	-	3.11	0.22	0.14
S7	一测多评法	0.0801	-	0.0504	0.5833	0.1801
	外标法	0.0805	1.9026	0.0503	0.5840	0.1812
	RSDs	0.35	-	0.14	0.08	0.43
S8	一测多评法	0.1258	-	0.0623	1.4253	0.3425
	外标法	0.1271	2.1696	0.0635	1.4332	0.3405
	RSDs	0.73	-	1.35	0.39	0.41
S9	一测多评法	0.0890	-	0.0588	0.7642	0.1579
	外标法	0.0896	2.0009	0.0597	0.7664	0.1593
	RSDs	0.48	-	1.07	0.20	0.62
S10	一测多评法	0.0706	-	0.0390	0.8295	0.1628
	外标法	0.0707	2.2636	0.0376	0.8316	0.1639
	RSDs	0.10	-	2.58	0.18	0.48
S11	一测多评法	0.1012	-	0.0551	1.1803	0.2623
	外标法	0.1019	2.6326	0.0555	1.1843	0.2613
	RSDs/%	0.49	-	0.51	0.24	0.27
S12	一测多评法	0.1233	-	0.0486	1.0059	0.2523
	外标法	0.1246	2.2548	0.0482	1.0095	0.2518
	RSDs	0.74	-	0.58	0.25	0.14
S13	一测多评法	0.0862	-	0.0321	1.2871	0.2041
	外标法	0.0866	2.7784	0.0307	1.2916	0.2044
	RSDs	0.33	-	3.15	0.25	0.10

表 8(续)

样品号	测定方法	新绿原酸	绿原酸	异绿原酸 B	异绿原酸 A	异绿原酸 C
S14	一测多评法	0.0901	-	0.0595	1.1530	0.2418
	外标法	0.0906	2.3354	0.0604	1.1576	0.2415
	RSDs	0.39	-	1.06	0.28	0.09
S15	一测多评法	0.0791	-	0.0497	1.2249	0.2182
	外标法	0.0795	1.9765	0.0494	1.2316	0.2185
	RSDs	0.36	-	0.43	0.39	0.10
S16	一测多评法	0.0912	-	0.0426	1.1396	0.1931
	外标法	0.0919	2.0855	0.0416	1.1451	0.1937
	RSDs	0.54	-	1.68	0.34	0.22
S17	一测多评法	0.0968	-	0.0409	0.8777	0.2463
	外标法	0.0976	2.0160	0.0398	0.8809	0.2461
	RSDs	0.58	-	1.93	0.26	0.06
S18	一测多评法	0.1142	-	0.0620	0.8408	0.2809
	外标法	0.1153	2.2413	0.0632	0.8430	0.2799
	RSDs	0.68	-	1.36	0.18	0.25
S19	一测多评法	0.1106	-	0.0501	0.9756	0.2298
	外标法	0.1116	2.0887	0.0500	0.9795	0.2299
	RSDs	0.64	-	0.14	0.28	0.03
S20	一测多评法	0.0900	-	0.0594	0.8027	0.2211
	外标法	0.0907	1.7333	0.0605	0.8062	0.2217
	RSDs	0.55	-	1.30	0.31	0.19
S21	一测多评法	0.0696	-	0.0500	1.2694	0.2496
	外标法	0.0698	2.0144	0.0499	1.2765	0.2493
	RSDs	0.20	-	0.14	0.39	0.09
S22	一测多评法	0.1098	-	0.0554	0.8976	0.2630
	外标法	0.1109	2.0111	0.0559	0.9010	0.2625
	RSDs	0.70	-	0.64	0.27	0.13
S23	一测多评法	0.1058	-	0.0724	0.9439	0.3244
	外标法	0.1067	2.1920	0.0748	0.9472	0.3226
	RSDs	0.60	-	2.31	0.25	0.39
S24	一测多评法	0.0627	-	0.0320	0.6279	0.1228
	外标法	0.0628	1.8482	0.0315	0.6291	0.1248
	RSDs	0.11	-	1.11	0.14	1.14
S25	一测多评法	0.1007	-	0.0354	0.9582	0.1935
	外标法	0.1015	2.0017	0.0335	0.9623	0.1943
	RSDs	0.56	-	3.90	0.30	0.29

注: -表示无此项。

3 结 论

本研究曾考察过不同方法提纯 5 种成分, 如用超声、冷浸提和回流法等方式, 结果发现超声波提取法简便高效。提取溶剂选择纯水、甲醇、乙醇、50%甲醇、75%甲醇等, 结果以 50%甲醇提取 5 种成分的溶出率最高。而本

研究发现采用 50%甲醇超声 40 min 提取后, 以乙腈-0.1%磷酸水溶液的梯度体系作为流动相检测结果分离度良好, 基线稳定。本研究结果表明以绿原酸为参照物, 建立的 5 种咖啡酰奎宁酸的校正因子较为稳定准确, 计算 25 批金银花样品中 5 种成分, 并与外标法检测结果进行分析, RSD 值均小于 5%, 证明所建立的一测多评方法可靠准确。采用

外标法以及本研究所建立的一测多评法计算结果无明显不同, 且检测方法更便捷。

本研究成功建立了分析不同道地产区金银花中咖啡酰奎宁酸类成分一测多评含量测定方法。该检测方法可解决因对照品缺乏而导致外标法难以在实际工作中广泛应用的问题, 利用相对校正因子实现对金银花中多种咖啡酰奎宁酸的含量测定的方法是可行的, 可显著的降低检测成本。不同产地和不同采收期的金银花中咖啡酰奎宁酸类的含量差别较大, 这种差异的产生可能与生长环境, 如光照时间, 降雨量, 种植土壤的成分因素有关。

参考文献

- [1] 李文龙, 张文明, 薛东升, 等. 测定金银花中 6 种有机酸类化合物含量的一种新方法[J]. 浙江大学学报(医学版), 2012, 41(1): 13–18.
LI WL, ZHANG WM, XUE DS, *et al.* A new method for simultaneous assay of six organic acids in *Lonicera japonica* [J]. Journal of Zhejiang University (Medical Sciences), 2012, 41(1): 13–18.
- [2] 胡燕敏, 周爱梅, 宋倩, 等. 4 种中草药提取液的工艺优化及其抗菌效果对比[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(8): 3169–3176.
HU YM, ZHOU AIM, SONG Q, *et al.* Optimization of 4 kinds of Chinese herbal extracts and comparative study on their antibacterial activity [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2017, 8(8): 3169–3176.
- [3] 高鑫睿, 毕显瑞, 刘旭珈, 等. 复方金银花组合物对小鼠降尿酸作用的研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2024, 15(24): 190–199.
GAO XR, BI XR, LIU XJ, *et al.* Study of the effect of honeysuckle flower compound on decreasing uric acid in mice [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2024, 15(24): 190–199.
- [4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
China Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: One [M]. Beijing: China Pharmaceutical Science and Technology Press, 2020.
- [5] 任君达, 谭真, 冉言, 等. 金银花主要化学成分及临床研究进展[J]. 中国医药科学, 2024, 14(22): 17–21.
REN JD, TAN Z, RAN Y, *et al.* Main chemical constituents and clinical research progress of honeysuckle [J]. China Medicine and Pharmacy, 2024, 14(22): 17–21.
- [6] 罗旋, 王薇, 胡本祥, 等. 金银花抗病毒化学成分及作用研究进展[J]. 陕西中医药大学学报, 2024, 40(2): 138–143.
LUO X, WANG W, HU BX, *et al.* Research progress on antiviral chemical constituents and their effects in honeysuckle [J]. Journal of Shaanxi University of Chinese Medicine, 2024, 47(2): 138–142.
- [7] 刘畅, 丁晶鑫, 周英, 等. 基于网络药理学的金银花对大鼠急性酒精性肝损伤的保护作用研究[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(17): 4531–4540.
LIU C, DING JX, ZHOU Y, *et al.* Protective effects of *Lonicerae japonicae* Flos against acute alcoholic liver injury in rats based on network pharmacology [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(17): 4531–4540.
- [8] LEE YR, YEH SF, RUAN XM, *et al.* Honeysuckle aqueous extract and induced let-7a suppress dengue virus type2 replication and pathogenesis [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2017, 198: 109–121.
- [9] 王伟, 林宇城, 王玉兰, 等. 金银花提取物对小鼠免疫功能的影响[J]. 沈阳药科大学学报, 2022, 39(2): 164–173.
WANG W, LIN CY, WANG YL, *et al.* Effect of honeysuckle extract on the immune function in mice [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2022, 39(2): 164–173.
- [10] 邵佳, 马海英. 金银花制剂的抗病毒作用研究进展[J]. 中国中医药现代远程教育, 2022, 20(14): 200–203.
TAI J, MA HY. Research progress on the anti-virus effect of *Lonicerae flos* [J]. Chinese Medicine Modern Distance Education of China, 2022, 20(14): 200–203.
- [11] 李倩, 陈燕, 窦霞, 等. 金银花、山银花、川银花化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2023, 32(15): 67–72.
LI Q, CHEN Y, DOU X, *et al.* Advances in studies on chemical constituents and pharmacological effects of *Lonicerae japonicae* Flos, *Lonicerae similis* Flos and *Lonicerae* Flos [J]. Chinese Journal of Ethnopharmacology, 2023, 32(15): 67–72.
- [12] 张艳杰. 金银花提取物功能性质的研究进展[J]. 农产品加工, 2022(8): 79–83.
ZHANG YJ. Research progress of honeysuckle extract functional properties [J]. Farm Products Processing, 2022(8): 79–83.
- [13] 冯峰, 段晓怡, 徐美霞, 等. 金银花质量等级标准研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(18): 6656–6662.
FENG F, DUAN XY, XU MX, *et al.* Study on quality grade standard of *Lonicerae japonicae* Flos [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(18): 6656–6662.
- [14] 周凤琴, 李佳, 冉蓉, 等. 我国金银花主产区种质资源调查[J]. 现代中药研究与实践, 2010, 24(3): 21–25.
ZHOU FQ, LI J, RAN R, *et al.* Investigate on the germplasm resources for main produce area of flos *Lonicerae japonicae* in China [J]. Research and Practice on Chinese Medicines, 2010, 24(3): 21–25.
- [15] 熊乐文, 金莹, 王彦予, 等. 金银花酚酸类化学成分、药理活性及体内代谢研究进展[J]. 中成药, 2022, 44(3): 864–871.
XIONG LW, JIN Y, WANG YY, *et al.* Research progress on the chemical components, pharmacological activity, and *in vivo* metabolism of honeysuckle phenolic acids [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2022, 44(3): 864–871.
- [16] 祝家笙, 高维浩, 范红艳. 金银花提取物药理作用的研究进展[J]. 吉林医药学院学报, 2022, 43(2): 130–132.
ZHU JS, GAO WH, FAN HY. Research progress on the pharmacological effects of honeysuckle extract [J]. Journal of Jilin Medical University, 2022, 43(2): 130–132.
- [17] 李永霞, 孙小丽, 何红芳, 等. 微波辅助提取金银花中绿原酸及其清除自由基活性初步研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 2060–2065.
LI YX, SUN XL, HE HF, *et al.* Preliminary study on microwave-assisted extraction and free radical-scavenging activity of chlorogenic acid in honeysuckle [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2016, 7(5): 2060–2065.
- [18] 罗亚星. 清咽润喉类保健食品的作用机制与研究现状[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(24): 9177–9182.
LUO YX. Mechanism and research status of throat clearing and throat moistening health food [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(24): 9177–9182.

- [19] 陈芳, 杜恩存, 樊启文, 等. 绿原酸类物质在畜禽生产中的应用及研究进展[J]. 湖北农业科学, 2020, 59(21): 10–13, 16.
CHEN F, DU ENC, FAN QW, *et al.* Application and research progress of chlorogenic acids in livestock and poultry production [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2020, 59(21): 10–13, 16.
- [20] 胡皓, 宋红坤, 王继良, 等. 高效液相色谱法同时测定咖啡中6种绿原酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(7): 1634–1643.
HU H, SONG HK, WANG JL, *et al.* Determination of 6 kinds of chlorogenic acid by high performance liquid chromatography [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(7): 1634–1643.
- [21] 张文婷, 王凯君, 路亚梅, 等. 中药甘青青兰提取过程的近红外及紫外可见双光谱在线监测[J]. 分析测试学报, 2024, 43(5): 746–754.
ZHANG WT, WANG KJ, LU YM, *et al.* Near infrared and ultraviolet-visible dual-spectrum online monitoring of the extraction process of Chinese medicine dracocephalum tanguticum maxim [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2024, 43(5): 746–754.
- [22] 朱艳, 李先芝, 毛琼丽, 等. HPLC法测定杜仲雄花中绿原酸含量[J]. 黑龙江农业科学, 2023(7): 63–67.
ZHU Y, LI XZ, MAO QL, *et al.* Determination of chlorogenic acid in eucommia male flowers by HPLC [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2023(7): 63–67.
- [23] 金兰兰. 金银花中绿原酸和木犀草苷的薄层色谱鉴别方法分析[J]. 中国药物经济学, 2014(2): 22–23.
JIN LL. Analysis of the thin-layer chromatography identification method for chlorogenic acid and honeysuckle flavonoids in honeysuckle [J]. China Journal of Pharmaceutical Economics, 2014(2): 22–23.
- [24] 张健, 李利军. 高效毛细管电泳大体积样品堆积在线富集法测定蒲公英中阿魏酸、绿原酸和咖啡酸[J]. 分析试验室, 2020(3): 330–335.
ZHANG J, LI LJ. Determination of ferulic acid, chlorogenic acid and caffeic acid in taraxacis herba by high performance capillary electrophoresis based on large volume sample stacking on-line enrichment technique [J]. Chinese Journal of Analysis Laboratory, 2020(3): 330–335.
- [25] 王智民, 高慧敏, 付雪涛, 等. 一测多评法中药质量评价模式方法学研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(23): 1925–1928.
WANG ZM, GAO HM, FU XT, *et al.* Multi-components quantitation by onemarker new method for quality evaluation of Chinese herbal medicine [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2006, 31(23): 1925–1928.
- [26] 岳超, 徐欣丰, 徐普, 等. 一测多评法同时测定玉屏风制剂中8种成分[J]. 化学分析计量, 2025, 34(1): 64–70, 75.
YUE C, XU XF, XU P, *et al.* Simultaneous determination of 8 components in Yupingfeng preparations by quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Chemical Analysis and Meterage, 2025, 34(1): 64–70, 75.
- [27] 陈少华, 黄曦, 余开科, 等. 基于超高效液相色谱-串联质谱法的一测多评法同时测定穿心莲中9种成分含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(6): 122–131.
CHEN SH, HUANG X, YU KK, *et al.* Simultaneous determination of 9 kinds of components in *Andrographis paniculata* by one-point multi-component method based on ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(6): 122–131.
- [28] 蓝天梅, 蔡庆群, 苏志强, 等. 一测多评法测定不同产地桑叶中5种黄酮类成分的含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(13): 5229–5236.
LAN TM, CAI QQ, SU ZQ, *et al.* Determination of the content of 5 kinds of flavonoids in *Morus alba* L. from different origin by quantitative analysis of multi-components by single marker [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(13): 5229–5236.
- [29] 秦柳柳, 林佳明, 林利城, 等. 一测多评法同时测定柴胡牡蛎颗粒中6种成分的含量[J]. 中南药学, 2024, 22(12): 3351–3355.
QIN LL, LIN JM, LIN LC, *et al.* Simultaneous determination of 6 components in Chaihu Muli granules by QAMS [J]. Central South Pharmacy, 2024, 22(12): 3351–3355.
- [30] 涂晓琴, 杨柳, 罗艳. 山银花中绿原酸类化合物的提取工艺优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(9): 2771–2776.
TU XQ, YANG L, LUO Y. Optimization of extraction technology of chlorogenic acid compounds from *Lonicerae flos* [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(9): 2771–2776.

(责任编辑: 安香玉 韩晓红)