

基于双波长指纹图谱结合化学模式识别的平纳蜜膏质量标准研究



张明惠¹, 杨青青², 尹梦晴², 张晓莉², 马璇^{2,3}

1. 新疆奇沐医药研究院(有限公司)(乌鲁木齐 830011)
2. 新奇康药业股份有限公司(乌鲁木齐 830011)
3. 新疆中药(民族药)制药共性关键技术研究重点实验室(乌鲁木齐 830011)

【摘要】目的 建立 10 批平纳蜜膏双波长指纹图谱,并结合化学模式识别方法,为其质量控制及标准制定提供依据。**方法** 采用 HPLC 法,色谱柱为 Shim Nex CS C₁₈ 柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相为乙腈-0.4% 磷酸水溶液,梯度洗脱,柱温为 30 °C,流速为 1.0 mL/min,检测波长为 330 nm 和 245 nm,进样量为 10 μL。采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)对 10 批平纳蜜膏的 HPLC 色谱图进行分析,建立双波长指纹图谱。然后针对 330 nm 波长下的指纹图谱,进一步进行了聚类分析、主成分分析以及正交偏最小二乘法-判别分析。**结果** 建立 10 批平纳蜜膏的 HPLC 双波长(330 nm 与 245 nm)指纹图谱,分别在两波长下标定 13 个与 7 个共有峰。通过与对照品对比,指认出咖啡酸、蒙花苷、木犀草素、芹菜素、一枝蒿酮酸共 5 种成分,所有样品相似度均大于 0.9。化学模式识别分析结果表明,10 批样品可划分为 3 类,并筛选出峰 2(咖啡酸)、峰 10、峰 1、峰 3、峰 6(蒙花苷)共 5 个差异性成分。**结论** 本研究建立的双波长指纹图谱以及化学模式识别方法准确可靠,可为平纳蜜膏的质量标准研究提供重要的数据支持。

【关键词】 平纳蜜膏; 双波长; 指纹图谱; 高效液相色谱; 化学模式识别; 质量标准; 质量控制

【中图分类号】 R284.1

【文献标识码】 A

Study on the quality standard of Pingna honey paste based on dual-wavelength fingerprint combined with chemical pattern recognition

ZHANG Minghui¹, YANG Qingqing², YIN Mengqing², ZHANG Xiaoli², MA Xuan^{2,3}

1. Xinjiang Qimu Pharmaceutical Research Institute (Co., Ltd.), Urumqi 830011, China

2. New Cicon Pharmaceutical Co., Ltd., Urumqi 830011, China

3. Xinjiang Key Laboratory of Generic Technology of Traditional Chinese Medicine (Ethnic Medicine) Pharmacy, Urumqi 830011, China

Corresponding author: MA Xuan, Email: mx646@163.com

【Abstract】Objective To establish the dual-wavelength fingerprints of 10 batches of Pingna honey paste, and combine with chemical pattern recognition methods to provide a basis for its quality control and standard formulation. **Methods** High performance liquid chromatography (HPLC) was performed on a Shim Nex CS C₁₈ chromatographic column (250 mm×4.6 mm, 5 μm),

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202511028

基金项目: 国家重点研发计划课题中医药现代化专项(2022YFC3502205); 第二批“天山英才”-青年托举人才项目(2023TSYCQNTJ0026)

通信作者: 马璇, 博士, 高级工程师, Email: mx646@163.com

with acetonitrile-0.4% phosphoric acid aqueous solution as the mobile phase under gradient elution. The column temperature was 30 °C, the flow rate was 1.0 mL/min, the detection wavelengths were 330 nm and 245 nm, and the injection volume was 10 μ L. The HPLC chromatograms of 10 batches of Pingna honey paste were analyzed by the Traditional Chinese Medicine Chromatographic Fingerprint Similarity Evaluation System (2012 Edition), and a dual-wavelength fingerprint was established. Then, further clustering analysis, principal component analysis, and orthogonal partial least squares discriminant analysis were performed on the fingerprint spectrum at a wavelength of 330 nm. **Results** The HPLC dual-wavelength (330 nm and 245 nm) fingerprints of 10 batches of Pingna honey paste were indentified, and a total of 13 and 7 common peaks were calibrated. By comparing with the reference substance, 5 components were identified, including caffeic acid, linarin, luteolin, apigenin, and rupestonic acid. The similarity of all samples was greater than 0.9. The results of chemical pattern recognition analysis showed that 10 batches of samples could be divided into 3 categories, and 5 differential components were screened out, including peak 2 (caffeic acid), peak 10, peak 1, peak 3, and peak 6 (linarin). **Conclusion** The dual-wavelength fingerprint spectrum and chemical pattern recognition method established in this study are accurate and reliable, which can provide important data support for the quality standard research of Pingna honey paste.

【Keywords】 Pingna honey paste; Dual-wavelength; Fingerprint; High performance liquid chromatography; Chemical pattern recognition; Quality standard; Quality control

平纳蜜膏来源于维吾尔名老中医的临床经验方,由平纳、孜然、干姜、石榴子、一枝蒿、海螵蛸等10味药材制成,具有温胃散寒、清脑安神、制酸止痛、收敛散肿的功效,可用于治疗反流性食管炎患者的烧心、反酸、胸痛及胃胀、嗝气、恶心等症状^[1]。现有质量标准涵盖了性状、装量、薄层鉴别、含量测定(酸碱滴定法)、微生物等项目,并未建立HPLC鉴别方法及含量测定方法。

指纹图谱是表征中药化学成分及特性的物质基础,因其具有全面性、高效性和稳定性的特点,所包含的化学信息更加全面,能更准确地反映中药的内在质量,故在中药鉴别、含量测定及质量控制等方面应用广泛^[2-6]。为全面评价并控制平纳蜜膏质量,进一步完善其质量标准,本研究采用HPLC法构建了平纳蜜膏的双波长指纹图谱,以期为该制剂的后续成果转化奠定基础。本研究通过优化检测条件,在245 nm和330 nm两个波长下进行同步检测,并利用相似度评价系统结合化学模式识别方法,对双波长下主要色谱峰进行系统分析,筛选关键化学成分,从而建立了可靠的双波长指纹图谱检测方法,为平纳蜜膏的质量控制及相关标准研究提供了参考。

1 材料

1.1 主要仪器

LC-20AT 高效液相色谱仪(日本岛津);

Vanquish Core 高效液相色谱仪(美国赛默飞); Waters e2695 高效液相色谱仪(美国沃特世); ME204T 万分之一及 ME55 十万分之一电子天平(瑞士梅特勒-托利多); KH5200B 型超声波清洗器(昆山禾创超声仪器有限公司); XMTD-7000 型电热恒温水浴锅(北京市永光明医疗仪器有限公司)。

1.2 主要药品与试剂

对照品咖啡酸(批号:110885-201703,纯度99.7%)、蒙花苷(批号:111528-202414,纯度94.6%)、木犀草素(批号:111520-202107,纯度96.3%)、芹菜素(批号:111901-202205,纯度98.4%)、一枝蒿酮酸(批号:DST241025,纯度98%)均购自中国食品药品检定研究院;乙腈为色谱纯,甲醇、磷酸等为分析纯,水为纯化水。

10批平纳蜜膏(编号:S1~S10)的批号分别为20240506、20240515、20220114、20211219、20220109、20240312、20240506-2、20240312-2、20240515-2、20220328,均由新奇康药业股份有限公司生产,规格:18 g/袋。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

采用HPLC法,色谱柱为岛津Shim Nex CS C₁₈柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μ m),流动相为乙腈-0.4%磷酸水溶液,梯度洗脱(洗脱程序见

表1), 柱温为 30 ℃, 流速为 1.0 mL/min, 检测波长为 330 nm 和 245 nm, 进样量为 10 μL。

表1 梯度洗脱程序

Table 1. Gradient elution procedure

时间 (min)	流动相A (%)	流动相B (%)
0~18	3→15	97→85
18~50	15→25	85→75
50~55	25→30	75→70
55~63	30→45	70→55
63~73	45	55
73~80	45→80	55→20
80~81	80→3	20→97
81~90	3	97

2.2 对照品溶液的制备

精密称取咖啡酸、蒙花苷、木犀草素、芹菜素对照品适量, 置同一量瓶中, 加甲醇溶解并定容, 配制成质量浓度分别为 90.73、100.28、181.24、133.04 μg/mL 的混合对照品溶液。另精密称取一枝蒿酮酸对照品适量, 同法制成质量浓度为 190.13 μg/mL 的单标对照品溶液。

2.3 供试品溶液的制备

取平纳蜜膏约 4.0 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶中, 加入甲醇 40 mL, 称定重量后超声 (功率: 250 W, 频率: 40 kHz) 处理 30 min, 放冷至室温, 用甲醇补足减失的重量, 摇匀后经 0.22 μm 微孔滤膜滤过, 取续滤液, 即得。

2.4 方法学考察

2.4.1 精密度试验

取同一份供试品溶液 (编号: S1), 按“2.1”项下色谱条件连续进样 6 次, 分别在 330 nm 与 245 nm 波长下检测, 并以木犀草素 (330 nm) 与一枝蒿酮酸 (245 nm) 作为参照 (S) 峰, 计算各共有峰的相对保留时间与相对峰面积。结果显示: 330 nm 波长下, 相对保留时间 *RSD* 为 0.01%~0.24% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.18%~2.59% ($n=6$); 245 nm 波长下, 相对保留时间 *RSD* 为 0.00%~0.10% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.17%~1.39% ($n=6$), 表明仪器精密度良好。

2.4.2 重复性试验

取同一批样品 (编号: S1), 平行制备 6 份供试品溶液, 按“2.1”项下色谱条件进行测定, 以木犀草素 (330 nm) 与一枝蒿酮酸 (245 nm) 作为 S 峰, 计算得 330 nm 波长下, 相对保留时间 *RSD* 为 0.02%~0.30% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.63%~2.71% ($n=6$); 245 nm 波长下, 相对

保留时间 *RSD* 为 0.01%~0.16% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.76%~2.80% ($n=6$), 表明方法重复性良好。

2.4.3 稳定性试验

取同一份供试品溶液 (编号: S1), 于室温下分别放置 0、2、4、8、12、24 h 后进样测定, 按“2.1”项下色谱条件进行测定, 以木犀草素 (330 nm) 与一枝蒿酮酸 (245 nm) 作为 S 峰, 计算得 330 nm 波长下, 相对保留时间 *RSD* 为 0.03%~0.58% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.53%~2.90% ($n=6$); 245 nm 波长下, 相对保留时间 *RSD* 为 0.00%~0.30% ($n=6$), 相对峰面积 *RSD* 为 0.02%~2.00% ($n=6$), 表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.5 双波长指纹图谱的建立、共有峰的指认以及相似度评价

取 10 批平纳蜜膏, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 并按“2.1”项下色谱条件进样测定, 分别记录 330 nm 和 245 nm 波长下的色谱图。将色谱图导入中药色谱指纹图谱相似度评价系统 (2012 版)^[6], 以 S1 样品色谱图为参照图谱, 设置时间窗宽度为 0.1, 进行色谱峰匹配。

在 330 nm 波长下, 共确定 13 个共有峰。结合对照品色谱图, 指认出峰 2 (咖啡酸)、峰 6 (蒙花苷)、峰 7 (木犀草素) 和峰 8 (芹菜素) 4 个成分, 见图 1。10 批平纳蜜膏的 HPLC 图谱叠加图及对照指纹图谱 (330 nm) 见图 2。10 批样品与对照指纹图谱的相似度分别为 0.904、0.902、0.905、0.922、0.904、0.900、0.902、0.910、0.913、0.915。

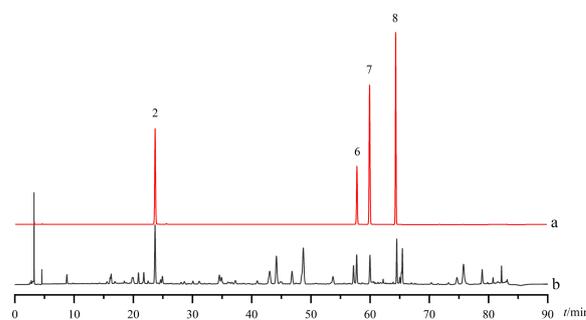


图1 平纳蜜膏混合对照品和样品色谱图 (330 nm)

Figure 1. Chromatogram of mixed reference substance and sample of Pingna honey paste (330 nm)

注: a. 混合对照品; b. 供试品; 2. 咖啡酸; 6. 蒙花苷; 7. 木犀草素; 8. 芹菜素。

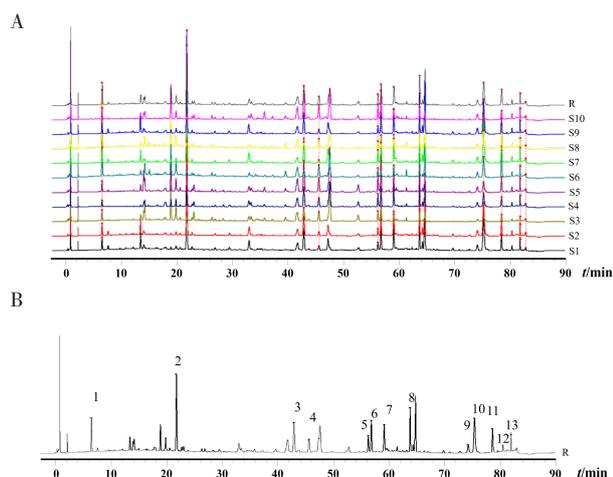


图2 10批平纳蜜膏指纹图谱叠加图和对照
指纹图谱 (330 nm)

Figure 2. Overlay of fingerprint spectra for 10 batches of Pingna honey paste and reference fingerprint spectra (330 nm)

注: A. 指纹图谱叠加图; B. 对照指纹图谱。

在 245 nm 波长下, 确定 7 个共有峰。结合对照品色谱图, 指认峰 6 为一枝蒿酮酸, 见图 3。10 批样品的 HPLC 图谱叠加图及对照指纹图谱 (245 nm) 见图 4。相似度评价结果显示, 10 批样品与对照指纹图谱的相似度分别为 0.993、0.999、0.999、0.991、0.988、0.991、0.993、0.995、0.985、0.975。

2.6 化学计量学分析

化学计量学是运用数学与统计学方法, 建立化学测量值与体系状态之间关联的交叉学科, 在中药鉴别、质量控制及组效关系研究中应用广泛^[7]。化学模式识别作为其常用技术, 主要包括聚类分析 (cluster analysis, CA)、主成分分析 (principal component analysis, PCA) 和正交偏最小二乘判别分析 (orthogonal partial least squares discriminant analysis, OPLS-DA) 等方法^[8]。在 245 nm 波长下, 仅指认出特征成分一枝蒿酮酸, 多数化合物仍属未知, 导致可用于分析的变量较少, 因此该波长下的数据未用于化学计量分析。故本研究采用 330 nm 波长下指纹图谱对平纳蜜膏进行质量评价, 以探究不同批次平纳蜜膏之间的差异。

2.6.1 CA

CA 又称群分析, 是一种在无预设分类依据的情况下, 根据样本在多维特征上的相似性, 对样本进行客观分组的多元统计方法。本研究将 10

批平纳蜜膏样品在 330 nm 波长下所得的 13 个共有峰峰面积作为变量, 导入 Origin 2024 分析软件进行 CA, 结果见图 5。聚类结果将 10 批样品聚为 3 类: S1、S2、S4、S7、S9 为第一类; S3、S5、S10 为第二类; S6、S8 为第三类。分析发现, 除 S4 外, 第一类样品均为同年同月份生产, 第二类样品为同年但月份相近, 第三类为同一天的不同批次。结合实际情况, 同一类制剂生产所用的药材基本为相同批次, 因此推测不同类别样品之间的差异主要源于所用中药材的质量波动。

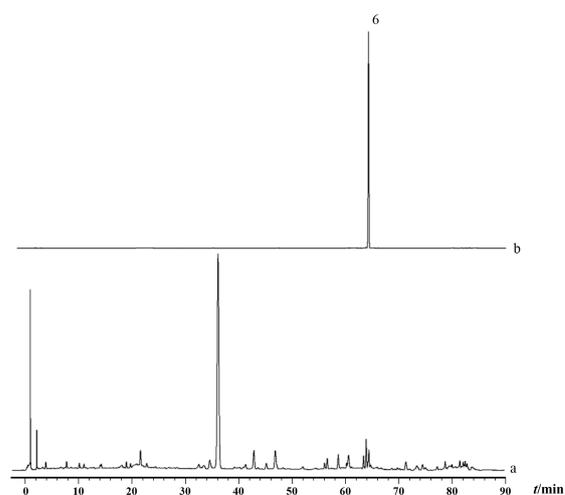


图3 平纳蜜膏对照品和样品色谱图 (245 nm)
Figure 3. Chromatogram of reference substance and sample of Pingna honey paste (245 nm)

注: a. 对照品; b. 供试品; 6. 一枝蒿酮酸。

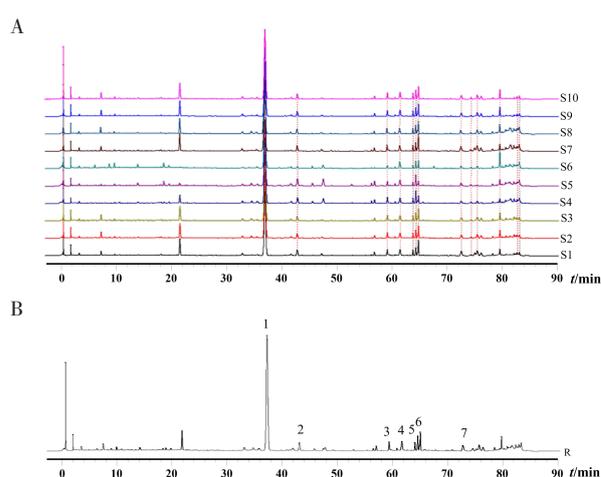


图4 10批平纳蜜膏指纹图谱叠加图和对照
指纹图谱 (245 nm)

Figure 4. Overlay of fingerprint spectra for 10 batches of Pingna honey paste and reference fingerprint spectra (245 nm)

注: A. 指纹图谱叠加图; B. 对照指纹图谱。

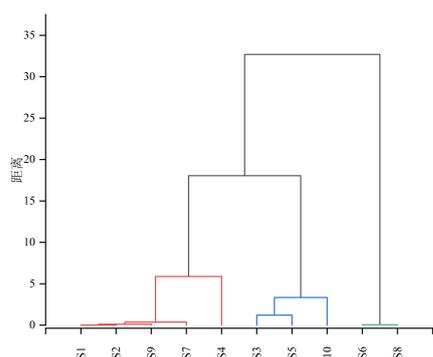


图5 10批平纳蜜膏CA

Figure 5. CA of 10 batches of Pingna honey paste

2.6.2 PCA

将 10 个批次的样品共有峰的峰面积导入 Origin 2024 软件进行 PCA，以特征值 > 1 为提取标准^[9]，共获得 3 个主成分，其累计方差贡献率达 93.05%，表明能够较好地代表样品中共有峰的主要信息，分析结果见表 2。

表2 平纳蜜膏PCA特征值及方差贡献率

Table 2. PCA characteristic value and variance contribution rate of Pingna honey paste

成分	特征值	方差贡献率 (%)	累计方差贡献率 (%)
1	6.413	49.34	49.34
2	4.651	35.77	85.11
3	1.033	7.94	93.05

成分载荷矩阵反映各主成分与 13 个共有峰 (即原始变量) 之间的相关系数, 载荷绝对值越大, 说明其对主成分的贡献越大^[10]。由表 3 可知, 主成分 1 主要反映峰 2、7、8、9、12 的信息, 主成分 2 主要反映峰 3、5、6、10、11 的信息, 主成分 3 主要反映峰 1、4、13 的信息。分析结果表明, 10 批样品可分 3 大类, 第一类为 S1、S2、S4、S7、S9; 第二类为 S3、S5、S10; 第三类为 S6、S8; 分析结果与 CA 基本一致。具体见图 6。

根据 PCA 结果, 10 批样品可分为 2 大类: 第一类包括 S1、S2、S4、S7、S9; 第二类包括 S3、S5、S10; 第三类为 S6、S8。该分类结果与 CA 基本一致, 具体见图 6。

2.6.3 OPLS-DA

OPLS-DA 是一种多变量统计分析方法, 主要用于分类识别和特征变量筛选, 其通过计算变量重要性投影值 (variable importance for the projection, VIP) 来辅助质量差异标志物的筛选^[11]。为探究不同批次样品间的质量差异情况, 本研究采用 SIMCA14.1 软件进行 OPLS-DA 分析, 得分

见图 7。模型参数结果显示: R^2X (X 变量的解释率) 为 0.943, R^2Y (Y 变量的解释率) 为 0.874, Q^2 (模型的预测能力) 为 0.823, 充分说明建立的 OPLS-DA 模型具有较好的解释能力和预测可靠性, 具有统计学意义。

表3 平纳蜜膏主成分因子载荷矩阵

Table 3. Principal component factor loading matrix of Pingna honey paste

峰号	PC1	PC2	PC3
峰1	-0.294	-0.245	0.343
峰2	0.332	-0.239	-0.159
峰3	0.245	0.357	0.096
峰4	-0.214	0.344	0.367
峰5	0.103	0.406	0.293
峰6	0.276	0.310	0.122
峰7	0.361	-0.160	0.060
峰8	0.320	-0.245	0.078
峰9	0.317	-0.052	0.306
峰10	0.259	-0.337	-0.043
峰11	-0.190	-0.322	0.490
峰12	0.244	0.260	-0.221
峰13	0.340	-0.055	0.467

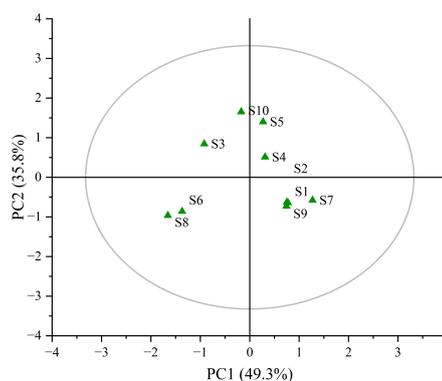


图6 PCA散点图

Figure 6. PCA scatter plot

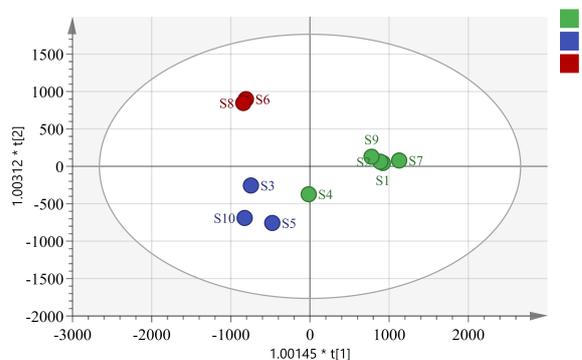


图7 10批平纳蜜膏OPLS-DA得分图

Figure 7. OPLS-DA score chart of 10 batches of Pingna honey paste

为进一步验证模型的有效性,进行了200次置换检验,结果见图8。检验显示 R^2 在Y轴的截距为0.0691, Q^2 在Y轴的截距为-0.753,符合 $R^2 > Q^2$ 的判别标准,且 Q^2 为负值,证实建立模型无过度拟合现象,适用于10批样品组间差异的判别分析。

根据VIP值筛选差异标志物,VIP值越大表示该成分对分组变量的解释贡献越大。依据VIP>1的筛选标准,共鉴定出5个关键差异成分,分别为峰2、10、1、3、6(图9)。VIP值依次为2.018 62、1.481 34、1.269 71、1.143 58、1.011 26。按VIP值降序排列为:峰2(咖啡酸)>峰10>峰1>峰3>峰6(蒙花苷)。这些成分对样品分组判别具有显著贡献,可作为区分不同批次平纳蜜膏质量差异的特征标志物。

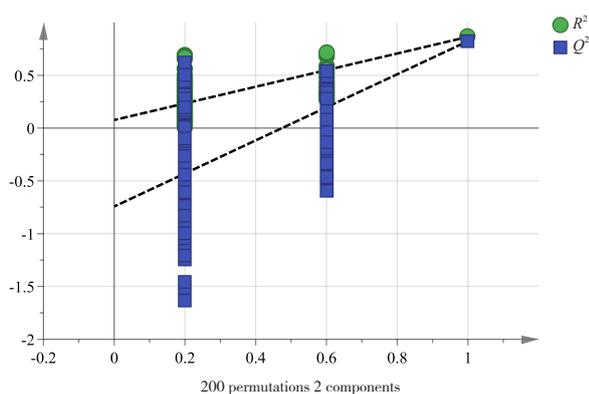


图8 平纳蜜膏OPLS-DA置换检验(200次)

Figure 8. OPLS-DA displacement test of Pingna honey paste (200 times)

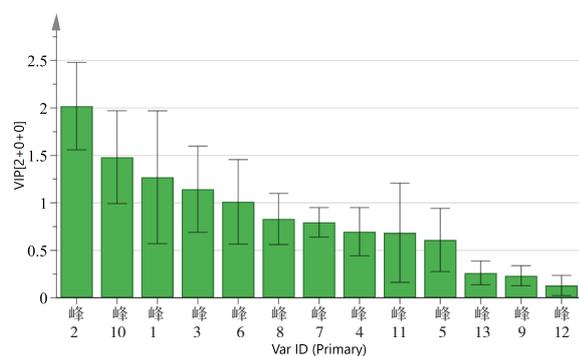


图9 平纳蜜膏共有峰VIP

Figure 9. Pingna honey paste shared peak VIP

3 讨论

3.1 检测波长的选择

本研究前期对色谱条件进行优化,采用二极管阵列检测器在210~400 nm波长范围内进行全

波长扫描。结果显示,咖啡酸、蒙花苷、木犀草素、芹菜素以及一枝蒿酮酸的最大吸收波长分别为320、330、350、335、245 nm^[12],通过比较不同波长下的色谱图,发现330 nm检测波长下各成分色谱峰形良好、分离度理想,故确定咖啡酸、蒙花苷、木犀草素、芹菜素4种成分的最佳检测波长为330 nm。此外,一枝蒿酮酸为一枝蒿药材的主要指标成分,确定其检测波长为245 nm。最终,本方法确立245 nm和330 nm作为指纹图谱的检测波长。

3.2 色谱条件优化

本研究系统考察了不同条件对色谱行为的影响。首先,对提取条件进行优化,包括提取溶剂(无水甲醇、50%甲醇、无水乙醇、50%乙醇、水)、提取方式(回流、超声)、提取时间(30、45、60、75 min)以及料液比(4:30、4:40、4:50)。结果显示,采用甲醇为提取溶剂时,色谱图中共有峰数量较多、峰型良好、峰面积较大;提取方式、提取时间以及料液比对色谱图无明显影响。最终确定的提取方法为加入40 mL甲醇,超声处理30 min。

为验证方法的可靠性,进一步考察了不同试验条件的影响,包括流速(0.8、1.0、1.2 mL/min)、柱温(25、28、32 °C)及仪器品牌(岛津、赛默飞、沃特世)。分别在330 nm和245 nm波长下依次进样测定,并记录各成分的相对保留时间。结果表明,在330 nm波长下,流速、柱温及不同仪器的相对保留时间RSD范围分别为0.18%~4.95%、0.93%~3.30%及0.09%~3.10%;在245 nm波长下,其RSD范围分别为0.20%~3.05%、0.85%~2.80%及0.08%~3.20%。所有RSD均小于5.0%,各色谱峰分离效果良好,说明所建立的HPLC指纹图谱方法具有较好的耐用性。

3.3 指纹图谱及化学计量分析

本研究建立了10批平纳蜜膏在330 nm和245 nm波长下的指纹图谱。结果显示,在245 nm波长下共有7个共有峰,并指出化学成分一枝蒿酮酸;在330 nm波长下共有13个共有峰,识别出咖啡酸、蒙花苷、木犀草素及芹菜素4个化学成分,表明在该波长下能够获取更为丰富的化学信息。两个波长下样品间的相似度均大于0.90,说明各批次质量具有较好的稳定性和均一性。

通过 OPLS-DA 分析, 筛选出咖啡酸、共有峰 10、共有峰 1、共有峰 3 及蒙花苷 5 个质量差异标志物, 这些成分能够有效表征不同批次平纳蜜膏之间的质量差异。从化学与药理角度分析, 咖啡酸可清除炎症反应中中性粒细胞和巨噬细胞释放的氧自由基, 显著改善白细胞减少症、氧化应激和炎症状态, 并能通过抑制炎症介质的生成和释放发挥止痛作用^[13-14]; 此外, 咖啡酸还具有抗氧化、抗菌、抗肿瘤等生物活性^[15-16]。蒙花苷则具有抗炎、抗氧化、解热镇痛及神经保护等多种活性^[17-20]。这两类成分(酚酸类与黄酮类)在药理上具有协同作用, 与平纳蜜膏“温胃散寒、清脑安神、制酸止痛、收敛散肿”的传统功效相契合, 说明将其作为整体质量控制的标志物具有合理性和科学依据。

3.4 小结

本研究建立了快速、稳定的双波长 HPLC 指纹图谱方法。在不同波长下, 样品相似度较高, 该方法能够较好地反映制剂的化学特征。结合化学模式识别分析, 成功筛选出质量差异标志物, 表明所建立的双波长指纹图谱方法可在一定程度上用于制剂质量的控制与提升。

该方法指纹峰信息丰富, 精密度高、稳定性和重复性好, 且准确度高, 能够有效保证平纳蜜膏的整体质量稳定, 为其质量控制提供了可靠依据。后续研究将重点关注以下方向: 未鉴定色谱峰的结构确认; 主要活性成分的含量测定, 并建立更全面的定量分析方法, 从而进一步完善平纳蜜膏的质量标准体系。

参考文献

- 1 阿布里米提·阿不列里木, 郝梦, 阿依妮葛尔·麦麦提艾力, 等. 平纳蜜膏对反流性食管炎抗炎作用及 TLR4/MYD88/NF- κ B 信号通路的影响 [J]. 中药药理与临床, 2025, 41(3): 28-33. [Abulimit A, Hao M, Ainigeer M, et al. Pingna (平纳) honey paste reduces inflammation and regulates TLR4/MYD88/NF- κ B signaling pathway to treat reflux esophagitis[J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2025, 41(3): 28-33.] DOI: 10.13412/j.cnki.zyyj.20250208.006.
- 2 Shukla SS, Sharma V, Gidwani B, et al. Chromatographic fingerprint: a modern scientific tool for standardization of traditional medicines[J]. Res J Pharm Technol, 2021, 14(7): 4003-4010. DOI: 10.52711/0974-360X.2021.00694.
- 3 徐凡, 袁杰, 蒲婧哲, 等. 基于波长转换 RP-HPLC 法的茯苓皮多成分含量测定及特征图谱方法研究 [J]. 药物分析杂志, 2024, 44(2): 214-223. [Xu F, Yuan J, Pu JZ, et al. Determination and characterization of *Poriae Cutis* multi-component content based on wavelength conversion RP-HPLC method[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2024, 44(2): 214-223.] DOI: 10.16155/j.0254-1793.2024.02.03.
- 4 奥璇, 刘涛涛, 于森, 等. 基于特征图谱和化学计量学分析大黄九蒸九晒炮制过程中物质基础的变化规律 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2025, 31(15): 191-198. [Ao X, Liu TT, Yu M, et al. Change law in material basis of *Rhei Radix et Rhizoma* during nine-time repeating steaming and sun-drying processing based on characteristic chromatogram and chemometrics[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2025, 31(15): 191-198.] DOI: 10.13422/j.cnki.syfjx.20251161.
- 5 王明明, 刘春辉, 朱莉, 等. 中药指纹图谱技术在中药材质量控制中的应用研究 [J]. 质量与市场, 2024, (9): 30-32. [Wang MM, Liu CH, Zhu L, et al. Research on the application of Chinese herbal fingerprint technology in the quality control of herbal medicines[J]. Quality Market, 2024, (9): 30-32.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-ZLSC202409010.htm>.
- 6 王瑶, 郭佳龙. 竹节参药材化学成分指纹图谱研究——评《中药指纹学》[J]. 中国实验方剂学杂志, 2023, 29(14): 264. [Wang Y, Guo JL. Chemical fingerprint analysis of *Polygonatum odoratum* (Thunb.) F. H. Chen & C. L. Liang as a medicinal herb—a review of "Traditional Chinese Medicine Fingerprinting"[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2023, 29(14): 264.] <https://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-ZSFX202314035.htm>.
- 7 孙立丽, 王萌, 任晓亮. 化学模式识别方法在中药质量控制研究中的应用进展 [J]. 中草药, 2017, 48(20): 4339-4345. [Sun LL, Wang M, Ren XL. Application progress on chemical pattern recognition in quality control of Chinese materia medica[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2017, 48(20): 4339-4345.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.20.031.
- 8 尹燕, 王森, 阳志强, 等. 化学模式识别在中药炮制中的应用 [J]. 中草药, 2021, 52(17): 5369-5377. [Yin Y, Wang M, Yang ZQ, et al. Application of chemical pattern recognition in processing of Chinese materia medica[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(17): 5369-5377.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.17.029.
- 9 曾诗婷, 聂丹, 张俊, 等. 基于 HPLC 指纹图谱和多成分定量结合化学计量学的天南星生品及炮制品质量评价 [J]. 中草药, 2025, 56(3): 831-842. [Zeng ST, Nie D, Zhang J, et al. Quality evaluation of raw and processed products of *Arisaema erubescens* based on HPLC fingerprint, multi-component content determination and chemometrics[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(3): 831-842.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.03.010.
- 10 王少卿, 孙慧珠, 苏建, 等. 基于指纹图谱结合化学计量学分析枣仁安神液质量及主要成分含量测定研究 [J]. 中国新药杂志, 2025, 34(13): 1438-1447. [Wang SQ, Sun HZ, Su J, et al. Study on quality and the determination of main components in *Zaoren Anshen* liquid based on fingerprint combined with chemometrics[J]. Chinese Journal of New Drugs, 2025, 34(13):

- 1438–1447.] DOI: [10.20251/j.cnki.1003-3734.2025.13.013](https://doi.org/10.20251/j.cnki.1003-3734.2025.13.013).
- 11 巴楠楠, 李子彬, 朱旭江, 等. 基于指纹图谱、网络药理学及含量测定的宫瘤宁胶囊质量标志物预测分析 [J]. 中国中医药信息杂志, 2025, 32(2): 120–128. [Ba NN, Li ZB, Zhu XJ, et al. Prediction and analysis of quality markers of Gongliuning capsule based on fingerprint, network pharmacology and content determination [J]. Chinese Journal of Information on TCM, 2025, 32(2): 120–128.] DOI: [10.19879/j.cnki.1005-5304.202408419](https://doi.org/10.19879/j.cnki.1005-5304.202408419).
- 12 穆合拜提·木合塔尔, 赵丰, 买吾兰江·买提努尔. HPLC-DAD 同时检测一枝蒿药材中的 5 种化学成分研究 [J]. 中国新药杂志, 2021, 30(17): 1621–1626. [Muhemaiti M, Zhao F, Maiwulanjiang M. Simultaneous determination of five constituents in *Artemisia rupestris* L. by HPLC-DAD [J]. Chinese Journal of New Drugs, 2021, 30(17): 1621–1626.] DOI: [10.3969/j.issn.1003-3734.2021.17.014](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-3734.2021.17.014).
- 13 Kalthoff S, Paulusch S, Rupp A, et al. The coffee ingredients caffeic acid and caffeic acid phenylethyl ester protect against irinotecan-induced leukopenia and oxidative stress response [J]. Br J Pharmacol 2020, 177(18): 4193–4208. DOI: [10.1111/bph.15162](https://doi.org/10.1111/bph.15162).
- 14 竹学亚. 咖啡酸对 H₂O₂ 诱导的猪肠上皮细胞屏障损伤的保护作用及机制研究 [D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2025. DOI: [10.27345/d.cnki.gsnyu.2025.001376](https://doi.org/10.27345/d.cnki.gsnyu.2025.001376).
- 15 续嗣钰, 柳涛, 兰路路, 等. 咖啡酸在重症急性胰腺炎小鼠模型中的作用及其机制 [J]. 临床肝胆病杂志, 2025, 41(4): 722–730. [Xu SY, Liu T, Lan LL, et al. Role and mechanism of caffeic acid in a mouse model of severe acute pancreatitis [J]. Journal of Clinical Hepatology, 2025, 41(4): 722–730.] DOI: [10.12449/JCH250418](https://doi.org/10.12449/JCH250418).
- 16 蒋春亮, 姚杭琦, 程立伟, 等. 基于 UPLC 的冬葵子配方颗粒特征图谱建立及咖啡酸含量测定 [J]. 中国现代中药, 2025, 27(10): 1947–1952. [Jiang CL, Yao HQ, Cheng LW, et al. Establishment of characteristic chromatogram of Malva seed formula granules and content determination of caffeic acid based on UPLC [J]. Modern Chinese Medicine, 2025, 27(10): 1947–1952.] DOI: [10.1331/j.issn.1673-4890](https://doi.org/10.1331/j.issn.1673-4890).
- 17 Qi W, Chen Y, Sun S, et al. Inhibiting TLR4 signaling by linarin for preventing inflammatory response in osteoarthritis [J]. Aging (Albany NY), 2021, 13(4): 5351–5367. DOI: [10.18632/aging.202469](https://doi.org/10.18632/aging.202469).
- 18 Iraj A. Linarin, a glycosylated flavonoid, with potential therapeutic attributes: a comprehensive review [J]. Pharmaceuticals (Basel), 2021, 14(11): 1104. DOI: [10.18632/aging.202469](https://doi.org/10.18632/aging.202469).
- 19 肖林雨, 段婷, 夏勇生, 等. 蒙花苷通过抑制 TLR4/NF-κB 通路抑制小鼠脊髓损伤后小胶质细胞活化介导的神经炎症和神经元凋亡 [J]. 南方医科大学学报, 2024, 44(8): 1589–1598. [Xiao LY, Duan T, Xia YS, et al. Linarin inhibits microglia activation-mediated neuroinflammation and neuronal apoptosis in mouse spinal cord injury by inhibiting the TLR4/NF-κB pathway [J]. Journal of Southern Medical University, 2024, 44(8): 1589–1598.] DOI: [10.12122/j.issn.1673-4254.2024.08.18](https://doi.org/10.12122/j.issn.1673-4254.2024.08.18).
- 20 钱永帅, 余惠凡, 张艳, 等. 蒙花苷药理作用研究进展 [J]. 中药药理与临床, 2023, 39(10): 124–128. [Qian YS, Yu HF, Zhang Y, et al. Pharmacological effects of linarin: a review [J]. Pharmacology and Clinics of Chinese Materia Medica, 2023, 39(10): 124–128.] <https://d.wanfangdata.com.cn/periodical/zyylyc202310022>.

收稿日期: 2025 年 11 月 11 日 修回日期: 2026 年 01 月 09 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳