

基于指纹图谱和多组分定量分析的半枝莲质量评价研究

杜义龙, 李艳荣, 洪霞, 赵胜男, 潘海峰*

承德医学院 河北省中药研究与开发重点实验室, 河北 承德 067000

摘要: 目的 基于 HPLC 指纹图谱与多成分含量测定, 并结合主成分分析, 评价半枝莲 *Scutellaria barbata* 的质量。方法 采用 RP-HPLC 法, 流动相为乙腈-0.1% 甲酸水溶液进行梯度洗脱, 对 19 批人工栽培和市售半枝莲药材进行指纹图谱及 4 种黄酮类成分含量测定研究, 应用主成分分析法对半枝莲质量进行评价。结果 建立了半枝莲药材的共有模式指纹图谱, 共标定 16 个共有峰, 半枝莲药材的相似度为 0.817~0.989, 野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素、芹菜素的质量分数分别为 0.015%~0.850%、0.010%~0.180%、0.000 34%~0.074 00%、0.001 9%~0.069 0%; 主成分分析结果筛选出累计贡献率达到 96.268% 的 4 个主成分(野黄芩苷; 野黄芩素; 木犀草素; 芹菜素), 以它们计算所有样本的综合得分, 可对半枝莲药材质量进行排序。结论 通过指纹图谱与含量测定相结合, 应用主成分分析可全面综合评价半枝莲质量。此方法的建立为半枝莲药材的质量控制及评价提供了了分析方法和数据支撑。

关键词: 半枝莲; 指纹图谱; 含量测定; 主成分分析; 质量评价; 野黄芩苷; 野黄芩素; 木犀草素; 芹菜素

中图分类号: R286.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2023)02-0670-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2023.02.035

Quality evaluation of *Scutellaria barbata* based on combination of chromatographic fingerprints and multi-component quantitative analysis

DU Yi-long, LI Yan-rong, HONG Xia, ZHAO Sheng-nan, PAN Hai-feng

Hebei Key Laboratory of Study and Exploitation of Chinese Medicine, Chengde Medical College, Chengde 067000, China

Abstract: Objective To evaluate the quality of *Scutellaria barbata* by using principal component analysis (PCA) based on HPLC fingerprint and multi-component content determination. **Methods** The RP-HPLC using acetonitrile-0.1% formic acid aqueous solution as mobile phase and gradient elution method was developed to evaluate the quality of 19 batches of *S. barbata*. The combination of chromatographic fingerprints and quality determination of four flavonoids ingredients, as well as PCA, were further employed for the quality assessment. **Results** In the present study, an accurate and reliable fingerprint approach was developed using HPLC for quality control of *S. barbata*. A total of 16 common peaks were calibrated, and the similarity of all *S. barbata* samples was 0.817—0.989. The content ranges of scutellarin, scutellarein, luteolin and apigenin were 0.015%—0.850%, 0.010%—0.180%, 0.000 34%—0.074 00% and 0.001 9%—0.069 0%. PCA result showed that four principle components with accumulative contribution rate reaching 96.268% were screened out to calculate the comprehensive scores of each sample that was used to classify *S. barbata* as the quality difference. **Conclusion** By combination of fingerprint and content determination, PCA can be used to comprehensively evaluate the quality of *S. barbata*. The established method provided analytical method and data support for the quality control and evaluation of *S. barbata*.

Key words: *Scutellaria barbata* D. Don; fingerprint; quantitative analysis; principle component analysis; quality evaluation; scutellarin; scutellarein; luteolin; apigenin

半枝莲为唇形科植物半枝莲 *Scutellaria barbata* D. Don 的干燥全草, 于夏、秋二季茎叶茂盛时采挖、洗净、晒干^[1], 主要含有黄酮类、萜类、挥发油类等化学成分^[2], 具有化痰利尿、清热解毒等功

收稿日期: 2022-08-09

基金项目: 河北省科技厅“技术创新引导专项-科技工作会商”资助项目; 河北省高校重点学科建设项目(冀教高[2013]4); 承德医学院自然科学研究计划青年基金项目(201824)

作者简介: 杜义龙(1988—), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为中药分析与中药质量控制。E-mail: duyilongww@sina.com

*通信作者: 潘海峰(1967—), 女, 教授, 硕士生导师, 研究方向为中药分析与中药质量控制。

Tel: (0314)2291186 E-mail: phf2301@163.com

效，常用于疮肿毒、咽喉肿痛、跌扑伤痛、水肿、黄疸、蛇虫咬伤^[3]。自明代就被赞为“解蛇伤之仙草”^[3]。我国半枝莲资源丰富，在河北、河南、安徽、四川等地均有分布。受不同地理、气候环境影响，以及加工、转运、贮藏的标准不一，导致半枝莲质量参差不齐，因此对半枝莲药材进行全面评价有利于获得优质药材，从而保证中成药的优质优效^[4-6]。《中国药典》2020 年版对半枝莲的质量控制只对野黄芩苷做了含量测定，而单一成分的含量测定难以全面有效地反映半枝莲药材的整体质量。近年来，指纹图谱、多指标含量测定结合化学计量学方法已广泛用于中药材质量控制，中药的质量标准得到了提高，使得药材与终产品的安全性与有效性得到了有力的保证^[7-9]。因此，本实验建立了人工栽培和市售半枝莲药材的指纹图谱，同时对 4 种黄酮类成分野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素、芹菜素进行了含量测定。应用主成分分析的方法^[10-13]对不同产地的半枝莲药材进行全面质量评价，从而为提升半枝莲药材的质量标准提供科学、有效的参考依据。

1 仪器与材料

Agilent 1200 高效液相色谱仪(四元泵、自动进

样器、二极管阵列检测器和 Chemstation 色谱工作站)，Mettler Toledo AG-245 型十万分之一分析天平，KQ-700 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。

色谱乙腈(美国 Fisher Scientific)，色谱甲醇(美国 Mreda Technology Inc)，石油醚(60~90 ℃)、无水乙醇、甲酸均为分析纯；对照品野黄芩苷(批号 18032206，质量分数≥98%)成都普普菲德生物技术有限公司，野黄芩素(批号 140107，质量分数≥98%)、芹菜素(批号 140224，质量分数≥98%)购自上海融禾医药科技发展有限公司，木犀草素对照品(由承德医学院崔凤侠教授提供，质量分数≥98%)；序号为 Z1~Z5 的样品为承德医学院药植园按照规范化人工栽培要求栽培的 5 批半枝莲，采挖后全部洗净、晒干，另采集与 Z4、Z5 两批药材同批次的样品，洗净后，微波干燥处理，作为样品 Z6、Z7。序号为 S1~S12 市售组药材为 12 批从网购平台和实体药店购买的半枝莲。所有药材经承德民族师范学院董建新教授鉴定为唇形科植物半枝莲 *S. barbata* D. Don 的干燥全草。样品详细信息见表 1。

表 1 19 批半枝莲药材信息

Table 1 Information table of 19 batches of *S. barbata*

序号	来源	产地	干燥方法	序号	来源	产地	干燥方法
Z1	人工栽培	承德	晒干	S4	市售	湖北	晒干
Z2	人工栽培	承德	晒干	S5	市售	河北	晒干
Z3	人工栽培	承德	晒干	S6	市售	河北	晒干
Z4	人工栽培	承德	晒干	S7	市售	河北	晒干
Z5	人工栽培	承德	晒干	S8	市售	河南	晒干
Z6	人工栽培	承德	微波	S9	市售	河南	晒干
Z7	人工栽培	承德	微波	S10	市售	江西	晒干
S1	市售	安徽	晒干	S11	市售	江西	晒干
S2	市售	广西	晒干	S12	市售	四川	晒干
S3	市售	广西	晒干				

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱：Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (150 mm×4.6 mm，5 μm)；流动相为乙腈(A)-0.1%甲酸水溶液(B)；梯度洗脱条件为 0~20 min，20%~70% A；检测波长 335 nm；柱温 30 ℃；体积流量 1 mL/min，进样体积 5 μL。

2.2 对照品溶液的制备

取野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素各

适量，精密称定，用 50%甲醇制成野黄芩苷 250 μg/mL、野黄芩素 130 μg/mL、木犀草素 150 μg/mL、芹菜素 140 μg/mL 的混合对照品溶液。

2.3 供试品溶液的制备

取半枝莲药材粉末(过三号筛)约 1 g，精密称定，置于具塞锥形瓶中，加入 50%甲醇 50 mL，称定质量，超声提取 30 min，冷却至室温，用 50%甲醇补足减失质量，摇匀，12 000 r/min 离心 30 min，取上清液，经 0.45 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 取同一供试品(S3)溶液, 在“2.1”项色谱条件下重复进样6次, 记录峰面积, 结果野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素峰面积的 RSD 值分别为 0.36%、0.45%、1.60%、0.99%, 以野黄芩素的保留时间和峰面积为参照, 考察其他共有峰的相对保留时间和相对峰面积, 结果各共有峰的相对保留时间 RSD 值均小于 0.49%, 相对峰面积的 RSD 值均小于 1.89%, 表明仪器精密度良好。

2.4.2 重复性试验 取同一批药材(S3)6份, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 在“2.1”项色谱条件下测定, 记录峰面积, 结果野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素峰面积的 RSD 值分别为 1.53%、1.38%、2.04%、1.58%, 以野黄芩素的保留时间和峰面积为参照, 考察其他共有峰的相对保留时间和相对峰面积, 结果各共有峰的相对保留时间 RSD 值均小于 1.3%, 相对峰面积的 RSD 值均小于 1.6%, 表明该方法重复性良好。

2.4.3 稳定性试验 取同一供试品(S3)溶液, 按“2.1”项色谱条件, 分别在溶液制备后 0、4、8、16、24、48 h 进行色谱分析, 记录峰面积, 结果野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素峰面积的 RSD 值分别为 1.42%、1.50%、1.08%、1.47%, 以野黄芩素的保留时间和峰面积为参照, 考察其他共有峰的相对保留时间和相对峰面积, 结果各共有峰的相对保留时间 RSD 值均小于 1.56%, 相对峰面积的 RSD 值均小于 3.85%, 样品溶液在 48 h 内基本稳定。

2.4.4 线性关系考察 取混合对照品储备溶液, 经适当稀释, 得到系列浓度的混合对照品溶液, 按“2.1”项色谱条件进样分析, 记录峰面积, 以待测成分进样量为横坐标(X), 峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归, 得回归方程与线性范围见表 2。

2.4.5 加样回收率试验 精密称取已知含量的样品(S3)粉末, 共 6 份, 每份约 0.5 g, 分别精密加

入混合对照品溶液(取野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素对照品适量, 加 50% 甲醇制成含野黄芩苷 0.550 mg/mL、野黄芩素 0.290 mg/mL、木犀草素 0.250 mg/mL、芹菜素 0.180 mg/mL 的混合溶液)适量, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 再按“2.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积并计算加样回收率, 野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素、芹菜素回收率分别为 100.07%、94.48%、94.14%、98.00%, RSD 分别为 0.39%、2.13%、2.65%、1.13%。

2.5 样品含量测定

取人工栽培组和市售组共 19 批样品粉末各适量, 按“2.3”项下方法制备供试品溶液, 再按“2.1”项下色谱条件进样测定, 记录峰面积并按标准曲线法计算样品中 4 种待测成分的含量, 平行操作 3 次, 结果见表 3。

表 3 样品含量测定结果

Table 3 Results of sample content determination

编号	质量分数/%			
	野黄芩苷	野黄芩素	木犀草素	芹菜素
Z1	0.140	0.031	0.000 72	0.006 6
Z2	0.110	0.034	0.001 40	0.006 6
Z3	0.120	0.053	0.003 20	0.007 0
Z4	0.086	0.026	0.001 80	0.005 7
Z5	0.100	0.010	0.001 80	0.001 9
Z6	0.850	0.180	0.069 00	0.069 0
Z7	0.790	0.150	0.074 00	0.069 0
S1	0.037	0.066	0.044 00	0.029 0
S2	0.041	0.011	0.000 34	0.004 3
S3	0.110	0.140	0.049 00	0.036 0
S4	0.067	0.049	0.024 00	0.026 0
S5	0.015	0.043	0.016 00	0.010 0
S6	0.097	0.073	0.023 00	0.024 0
S7	0.054	0.043	0.017 00	0.016 0
S8	0.037	0.017	0.002 00	0.004 1
S9	0.083	0.039	0.024 00	0.024 0
S10	0.067	0.028	0.002 60	0.005 4
S11	0.033	0.071	0.015 00	0.013 0
S12	0.027	0.019	0.013 00	0.013 0

2.6 指纹图谱的建立

2.6.1 半枝莲样品指纹图谱测定 将 19 批半枝莲按照“2.3”项下方法制备成供试品溶液, 按照“2.1”项下色谱条件进样分析, 记录色谱图。在相同色谱条件下测定对照品溶液, 并对供试品中各色谱峰进行指认。通过对照品指认, 2、5、8、10

表 2 各成分线性关系

Table 2 Linear relationships of various constituents

成分	回归方程	r	线性范围/($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)
野黄芩苷	$Y=9.5721X-5.1273$	0.999 9	2.50~250.0
野黄芩素	$Y=11.544X-0.7006$	0.999 9	0.13~130.0
木犀草素	$Y=11.632X+6.472$	0.999 9	0.15~150.0
芹菜素	$Y=26.376X+9.2472$	0.999 9	0.14~140.0

号色谱峰分别为野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素。对照指纹图谱和混合对照品HPLC色谱图见图1。

2.6.2 指纹图谱的建立 将色谱数据(AIA文件)导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2004A版),对19批半枝莲药材进行指纹图谱分析,得到稳定性较好的16个色谱峰作为共有峰。以Z1号药材图谱作为参照谱,选取“时间窗宽度”为0.2 min,采用中位数法计算,自动匹配,匹配后的19批样品色谱图见图2。

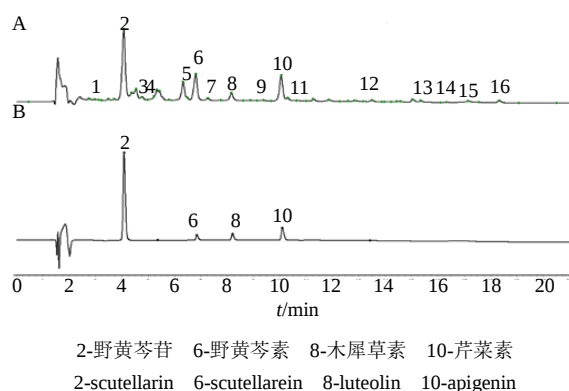


图1 对照指纹图谱(A)和混合对照品(B)HPLC色谱图
Fig. 1 HPLC fingerprints of Common mode of references (A) and mixed reference substance (B)

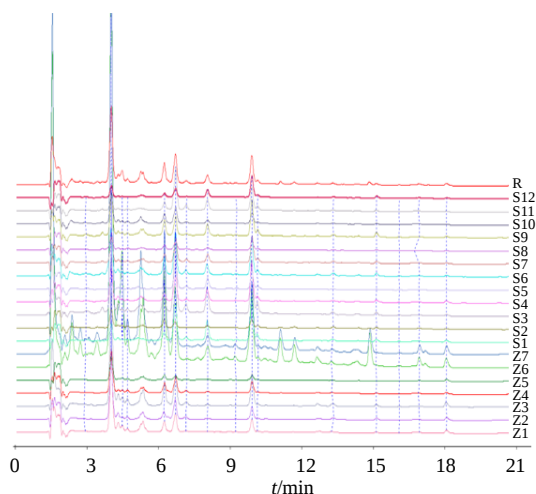


图2 19批半枝莲药材对照图谱和样品叠加图谱
Fig. 2 Chromatographic profiles of control and sample superposition of 19 batches of *S. barbata* samples

2.7 数据分析

2.7.1 4种黄酮类成分的含量分析 依据表3中数据分析可见,人工栽培组5批干燥方式为晒干的样品,4种黄酮类成分的平均质量分数为0.002%~0.113%,平均RSD为18.38%~50.56%。市售组12

批药材4种黄酮类成分的平均含量为0.017%~0.029%,平均RSD为53.02%~80.38%。人工栽培组的野黄芩苷含量较高,批次间各成分含量相对稳定;市售组野黄芩素、木犀草素和芹菜素的含量较高,批次间各成分含量差异相对较大的;Z4与Z6、Z5与Z7为相同批次不同干燥方法的两组药材,比较其4种成分的含量数据,发现微波干燥的样品各成分含量均明显高于晒干的样品。

2.7.2 指纹图谱相似度分析 采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”(2004A版)进行相似度分析。对人工栽培组和市售组共19批半枝莲药材指纹图谱进行自动匹配,生成半枝莲对照指纹图谱,并计算不同批次之间的相似度。人工栽培组7批半枝莲药材与对照品指纹图谱的相似度结果分别为0.849、0.887、0.897、0.915、0.885、0.856、0.817,人工栽培组各批次药材间相似度为0.836~0.994,与市售组药材S2、S8、S10的相似度较高均大于0.9,与市售组其余9批药材的相似度为0.454~0.881;市售组12批半枝莲药材与对照指纹图谱的相似度结果分别为0.861、0.921、0.958、0.954、0.830、0.989、0.986、0.977、0.962、0.940、0.888、0.915,市售组各批次药材间相似度为0.598~0.986;整体上市售组药材相似度较高,主要成分有较好的一致性,市售组药材饮片所含化学成分存在一定差异,不同批次间稳定性较差。

2.7.3 共有峰面积差异分析 市售组药材各共有峰峰面积RSD为10.41%~143.69%,且6~8、10~13号共有峰峰面积相对较高;人工栽培组药材中,干燥方法为晒干的5批半枝莲药材各共有峰峰面积RSD为9.25%~59.98%,且1~5、9、14~16号共有峰峰面积相对较高;整体上市售组各批药材饮片的共有峰峰面积差异较大,人工栽培组差异相对较小,且人工栽培组药材中,其中2号共有峰野黄芩苷的峰面积最高。人工栽培组中微波干燥样品Z6和Z7的各共有峰峰面积值明显高于其他样品,且Z4与Z6、Z5与Z7为相同批次不同干燥方法的两组药材,提示微波干燥的样品各共有峰峰面积均高于晒干的样品。

2.7.4 主成分分析 对19批半枝莲药材共有峰峰面积进行主成分分析前,先进行KMO检验和Bartlett检验,得到KMO度量值为0.781, $P < 0.001$,提示可以进行主成分分析。利用SPSS19.0软件分析,得到主成分的特征值和方差贡献率见表4。以主成分

表 4 特征值和方差贡献率

Table 4 Eigenvalue and variance contribution rate

成分	初始特征值			方差贡献率/%		
	总计	方差百分比/%	方差累计值	总计	方差百分比	方差累计值
1	14.278	89.239	89.239	14.28	89.24	89.24
2	1.125	7.029	96.268	1.12	7.03	96.27
3	0.251	1.570	97.838			
4	0.167	1.043	98.881			
5	0.067	0.419	99.299			
6	0.062	0.387	99.687			
7	0.023	0.144	99.831			
8	0.008	0.053	99.884			
9	0.007	0.046	99.930			
10	0.005	0.031	99.961			
11	0.003	0.021	99.982			
12	0.001	0.008	99.990			
13	0.001	0.004	99.994			
14	0.001	0.004	99.998			
15	0.000	0.001	99.999			
16	0.000	0.001	100.000			

的特征值和累积贡献率作为确定主成分保留个数的依据。共有 2 个主成分特征值大于 1, 且 2 个主成分的累积贡献率为 96.268%。陡坡图 (图 3) 可看出提取出来的前 2 个主成分的坡度较为陡峭而后续形成的陡坡趋于平缓, 说明前 2 个主成分可以代表半枝莲药材的质量, 因此可提取这两者为主成分对 19 批样品进行质量评价。故针对前 2 个主成分进行分析, 得到主成分得分、综合得分和排序, 见表 5。利用 SIMCA14.1 软件对 19 批半枝莲药材共有峰峰面积色谱数据进行分析, 变量解释度 $R^2_X > 0.963$, 变量预测度 $Q^2 > 0.926$, 提示建立的主成分分析数据模型可靠, 得到 PCA 得分图和荷载图, 见图 4。

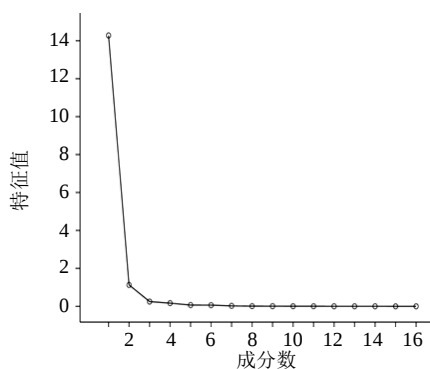


图 3 主成分分析陡坡图

Fig. 3 Scree plot of principal component analysis

表 5 主成分得分、综合得分和排序

Table 5 PCA score, comprehensive score and sort

编号	主成分 1	主成分 2	综合得分	排序
Z6	10.34	-0.39	9.20	1
Z7	10.03	-0.99	8.88	2
S3	1.65	2.77	1.67	3
S1	0.50	1.52	0.55	4
S4	0.25	0.90	0.28	5
S6	0.20	1.03	0.25	6
S9	-0.13	1.06	-0.04	7
Z3	-0.94	-0.64	-0.88	8
S7	-1.29	0.26	-1.13	9
S11	-1.45	0.30	-1.27	10
S12	-1.78	0.05	-1.58	11
Z2	-1.85	-0.76	-1.71	12
Z1	-1.91	-1.10	-1.78	13
S5	-1.99	-0.10	-1.78	14
Z4	-2.14	-0.88	-1.97	15
S10	-2.22	-0.61	-2.03	16
S2	-2.30	-0.60	-2.09	17
S8	-2.47	-0.75	-2.26	18
Z5	-2.48	-1.10	-2.29	19

第1、2主成分所反映的信息与上述主成分分析一致, 且样品被分为2类, I类: S1、S3、S4、S5、S6、S7、S9、S11、S12; II类: S2、S8、S10、Z1、Z2、Z3、Z4、Z5、Z6、Z7, 结合载荷图与共

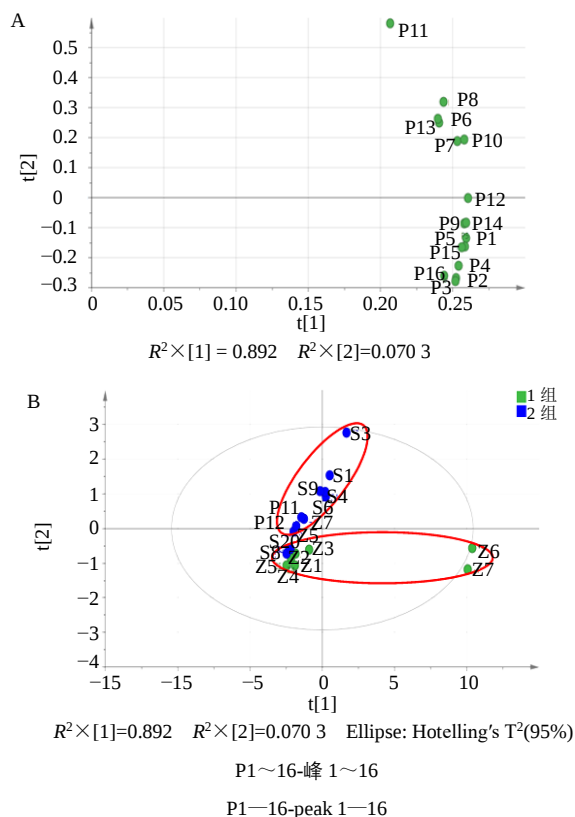


图 4 主成分分析得分图 (A) 与载荷图 (B)

Fig. 4 Score plot (A) and loading plot (B) of PCA

有峰峰面积数据可知, 6、7、8、10、11、12、13 号共有峰在 I 类各批样品中的相对含量较高, 1、2、3、4、5、9、14、15、16 号共有峰在 II 类各批样品中的相对含量较高。

3 讨论

根据主成分分析的结果可知, II 类药材中有 3 批市售药材 S2、S8、S10 和人工栽培组药材 Z1~Z7, 考虑 S2、S8、S10 的生长方式可能为人工栽培。由本实验数据分析可知, S2、S8、S10 与人工栽培组 7 批药材的相似度均大于 0.9, 说明 S2、S8、S10 所含化学成分种类与人工栽培组药材基本一致; 且 S2、S8、S10 的野黄芩苷的含量较高, 而 1~5、9、14~16 号共有峰的峰面积相对较高, 以上 2 个特征与人工栽培组药材一致; 人工栽培的药材, 由于其生长过程中受到人工干预的影响, 其所含化学成分的种类和含量与自然生长的药材有一定的差异, 而这种差异在人工栽培的药材间相对较小, 因此结合主成分分析、含量测定、指纹图谱相似度、指纹图谱共有峰峰面积数据, 可以认定市售组药材 S2、S8、S10 的生长方式为人工栽培, 而目前市售半枝莲的生长方式主要为人工栽培和野生,

说明市售组其余 9 批药材为野生半枝莲。

Z6、Z7 为微波干燥的 2 批半枝莲, 由表 5 数据可知其综合得分明显高于晒干的药材; 而 Z6 与 Z4、Z7 与 Z5 为人工栽培组相同批次不同干燥方法的 2 组药材, 由相似度差异分析可知, Z6 与 Z4 的相似度为 0.964、Z7 与 Z5 的相似度为 0.954, Z6、Z7 的各共有峰峰面积明显高于 Z4、Z5, 提示微波干燥与晒干的样品所含化学成分基本一致, 但微波干燥后的样品各成分含量高于晒干样品, 故建议加工半枝莲药材方法由“采挖后全部洗净、晒干”^[1], 改为“采挖后全部洗净、微波干燥”, 但本研究样本量较少, 有待通过大样本实验进行进一步验证。

本研究针对半枝莲药材, 采用高效液相色谱法, 建立了半枝莲药材的化学指纹图谱, 同时测定了半枝莲药材中野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素 4 种化学成分的含量, 并结合主成分分析对市售药材和人工栽培药材进行了评价与比较。所建立的方法简便、准确, 为评价半枝莲药材的质量提供了方法保障与数据支撑。

近年来半枝莲药材的质量评价多集中在野黄芩苷、野黄芩素、木犀草素和芹菜素 4 种黄酮类成分的含量测定和指纹图谱研究^[7,9,13-14], 本课题组后续可以结合液质联用技术对未知的共有峰进行定性分析, 以便更加全面地评价半枝莲药材的质量, 为半枝莲的谱效关系及其相关制剂的研究提供理论依据。

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] 李娜, 王平, 孙铁峰, 等. 半枝莲化学成分、药理作用及质量控制研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(21): 5117-5128.
- [3] 李洁. 半枝莲的本草考证 [J]. 中医研究, 2006, 19(12): 21-23.
- [4] 刘东方, 赵丽娜, 李银峰, 等. 中药指纹图谱技术的研究进展及应用 [J]. 中草药, 2016, 47(22): 4085-4094.
- [5] 邵建强. 中药指纹图谱的研究进展 [J]. 中草药, 2009, 40(6): 994-998.
- [6] 欧水平, 王森, 陈灵, 等. 白花蛇舌草-半枝莲药对配伍研究分析 [J]. 中国中医基础医学杂志, 2015, 21(2): 215-217.
- [7] 田宇柔, 冯玉, 麻景梅, 等. 半枝莲饮片标准汤剂质量评价体系的建立 [J]. 中药新药与临床药理, 2019, 30(7): 851-857.
- [8] 杨敏娟, 罗宇琴, 官永河, 等. 基于超高效液相色谱指

- 纹图谱和主成分分析法评价不同主产地半枝莲的质量 [J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2019, 21(10): 2247-2252.
- [9] 王秀芹, 林彤. 半枝莲配方颗粒质量标准的研究 [J]. 中成药, 2017, 39(7): 1524-1527.
- [10] 张铁军. 中药质量认识与质量评价 [J]. 中草药, 2011, 42(1): 1-9.
- [11] Liu S, Liang Y Z, Liu H T. Chemometrics applied to quality control and metabolomics for traditional Chinese medicines [J]. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, 2016, 1015/1016: 82-91.
- [12] 楚中亚, 张博, 靳颖颖. 中药质量控制模式的现状和发展趋势 [J]. 河南医学研究, 2021, 30(2): 271-273.
- [13] 夏云岭, 张振凌, 张洪坤, 等. HPLC 法同时测定半枝莲饮片中 4 种黄酮类成分的含量及主成分分析 [J]. 中国药房, 2019, 30(20): 2839-2844.
- [14] 赖昌威, 张蜀, 邓红, 等. UPLC-PDA 法同时测定半枝莲-白花蛇舌草药对中 3 种成分 [J]. 中成药, 2019, 41(3): 685-688.

[责任编辑 时圣明]