基于指纹图谱和化学模式识别分析的车前子与炒车前子质量评价Δ

何子骥[1*]，伍斌玺[1]，李雨昕[2]，沈志滨[1]，刘奇越[3]，王秋红[1,2#]（1.广东药科大学中药学院，广州 510006；2.黑龙江中医药大学教育部北药基础与应用研究重点实验室/黑龙江省中药及天然药物药效物质基础研究重点实验室，哈尔滨 150040；3.广州采芝林药业有限公司，广州 510145）

中图分类号 R917；R284 **文献标志码** A **文章编号** 1001-0408（2022）14-1700-06
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2022.14.07

摘 要 目的 建立评价车前子与炒车前子质量的方法。**方法** 采用高效液相色谱法建立15批车前子与15批炒车前子的指纹图谱。采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版）》确定共有峰，并进行相似度评价。采用SPSS 25.0、SIMCA-P 14.1软件进行化学模式识别分析（包括聚类分析、主成分分析及正交偏最小二乘回归分析），以变量重要性投影（VIP）值大于1为标准，筛选影响车前子与炒车前子质量差异的标志性成分。**结果** 15批车前子有18个共有峰，15批炒车前子有13个共有峰，两者共有8个共有峰，相似度均大于0.920；共指认了2个共有峰，分别为京尼平苷酸、毛蕊花糖苷。聚类分析结果显示，当欧氏距离为10时，30批样品可聚为3类，其中S1～S5为一类，S16～S20为一类，S6～S15、S21～S30为一类。主成分分析结果显示，前2个主成分的累计方差贡献率为82.575%。正交偏最小二乘回归分析结果显示，有3个共有峰的VIP值大于1，分别为峰E（毛蕊花糖苷）、峰D（京尼平苷酸）、峰G。**结论** 所建指纹图谱稳定、简便快速，结合化学模式识别分析可用于评价车前子与炒车前子的质量。毛蕊花糖苷、京尼平苷酸和峰G所代表的成分可能是影响车前子与炒车前子质量差异的标志性成分。

关键词 车前子；炒车前子；高效液相色谱法；指纹图谱；化学模式识别分析；质量评价

Quality evaluation of *Plantago asiatica* and fried *Plantago asiatica* based on fingerprint and analysis of chemical pattern recognition

HE Ziji[1], WU Binxi[1], LI Yuxin[2], SHEN Zhibin[1], LIU Qiyue[3], WANG Qiuhong[1,2]（1. School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China; 2. Key Laboratory of Foundation and Application Research of Northern Traditional Chinese Medicine, Heilongjiang University of Chinese Medicine, Ministry of Education/Heilongjiang Key Laboratory of Traditional Chinese Medicine and Natural Medicine Pharmacodynamic Material Bases, Harbin 150040, China; 3. Guangzhou Caizhilin Pharmaceutical Co. Ltd., Guangzhou 510145, China）

ABSTRACT OBJECTIVE To establish the method for evaluating the quality of *Plantago asiatica* and fried *P. asiatica*. **METHODS** The fingerprints of 15 batches of *P. asiatica* and 15 batches of fried *P. asiatica* were established by HPLC. The common peaks were identified with the *Similarity Evaluation System for Chromatographic Fingerprinting of TCM* (2012 edition), and similarity evaluation was performed. Analysis of chemical pattern recognition was performed by using SPSS 25.0 and SIMCA-P 14.1 software (cluster analysis, principal component analysis and orthogonal partial least squares regression analysis). The markers which affected the difference in the quality between *P. asiatica* and fried *P. asiatica* were screened with variable importance projection (VIP) value greater than 1. **RESULTS** There were 18 common peaks in the fingerprints of 15 batches of *P. asiatica* and 13 common peaks in the fingerprints of 15 batches of fried *P. asiatica*. A total of 8 common peaks were found in both of them. Their similarities were greater than 0.920. Two common peaks were identified as geniposidic acid, acteoside. The results of cluster analysis showed that when the spacing was 10, the 30 batches of samples could be clustered into three categories, with S1-S5 as one, S16-S20 as one, S6-S15 and S21-S30 as one. The results of the principal component analysis showed that the cumulative variance contribution rate of the first two principal components was 82.575%. The results of the orthogonal partial least squares regression analysis showed that the VIP values of the three common peaks were greater than 1, namely peak E (acteoside), peak D (geniposidic acid) and peak G. **CONCLUSIONS** Established fingerprints are stable, simple and rapid. It can be used for the quality evaluation of *P.*

Δ 基金项目 国家自然科学基金资助项目（No.81773904）；国家重点研发计划-中医药现代化研究项目（No.2018YFC1707100）

＊第一作者 硕士研究生。研究方向：中药炮制原理。电话：020-39353241。E-mail：554505370@qq.com

＃通信作者 教授，博士生导师，博士。研究方向：中药炮制原理、药效物质基础和作用机制。电话：020-39353241。E-mail：qhwang668@sina.com

asiatica and fried *P. asiatica*, by combining with analysis of chemical pattern recognition. Acteoside, geniposidic acid and the component represented by peak G may be the markers affecting the difference in quality of *P. asiatica* and fried *P. asiatica*.

KEYWORDS *Plantago asiatica*; fried *Plantago asiatica*; HPLC; fingerprint; analysis of chemical pattern recognition; quality evaluation

车前子为车前科植物车前*Plantago asiatica* L.或平车前*Plantago depressa* Willd.的干燥成熟种子[1]，其性寒，味甘，具有清热利尿通淋、渗湿止渴、明目、祛痰的功效，主要用于治疗热淋湿痛、水肿胀满、暑湿泄泻、目赤肿痛、痰热咳嗽等[2]。车前子主要含有多糖类、苯乙醇苷类、环烯醚萜类、三萜类、黄酮类、甾醇及生物碱类等化学成分[3]，具有利尿、消炎、降血糖、降血压、调血脂、抗氧化和调节免疫等药理作用[4]。

炒车前子为车前子炒制后的炮制品，除用于便秘的疗效显著外[5]，还可增强清热利尿、渗湿通淋的功效[6]。目前，关于炒车前子的研究主要为其炮制工艺优化[7-9]，以及以京尼平苷酸、毛蕊花糖苷含量为指标的质量标准研究[10]，加之关于车前子炒制前后整体化学成分变化以及炒车前子指纹图谱的研究较少，这使得难以综合评价车前子炒制前后的整体质量和特征成分。

中药指纹图谱技术结合聚类分析、主成分分析、正交偏最小二乘回归分析等化学模式识别分析能更加客观、全面地反映药材质量，已被广泛用于中药材的质量控制研究[11]。本课题组前期以2020年版《中国药典》（一部）车前子药材项下的京尼平苷酸、毛蕊花糖苷含量为指标，对车前子及炒车前子进行含量测定，结果显示，车前子中京尼平苷酸的含量为0.51%～1.38%，毛蕊花糖苷的含量为0.67%～1.06%；炒车前子中京尼平苷酸的含量为0.98%～1.47%，毛蕊花糖苷的含量为0.54%～0.94%，均符合药典规定[1]。基于此，本研究在车前子及炒车前子含量符合《中国药典》规定的基础上，采用高效液相色谱（high performance liquid chromatography，HPLC）法建立了15批车前子与15批炒车前子的指纹图谱，同时结合化学模式识别分析方法比较车前子与炒车前子的质量差异，旨在为完善车前子与炒车前子的质量标准提供参考。

1 材料

1.1 主要仪器

本研究所用主要仪器有Waters Alliance型HPLC仪（美国Waters公司），MS105DU型电子天平（瑞士Mettler Toledo公司），Milli-Q Advantage A10型台式纯水系统（德国Millipore公司），C21-WK2102型多功能电磁炉（广东美的生活电器制造有限公司）等。

1.2 主要药品与试剂

京尼平苷酸对照品（批号MB6001-S，纯度＞98%）、毛蕊花糖苷对照品（批号MB6742，纯度＞98%）均购自大连美仑生物技术有限公司；甲醇为色谱纯，其余试剂均为分析纯，水为超纯水。

15批车前子药材（编号S1～S15）均于2019年购自广州采芝林药业有限公司，经广东药科大学中药学院中药资源系刘基柱教授鉴定为车前科植物车前*P. asiatica* L.的干燥成熟种子。取15批干净的车前子药材（编号S1～S15）适量，置于预热电磁炉中，炒至略有爆声并有香气逸出时，取出放凉，即得炒车前子（对应编号为S16～S30）。15批车前子与15批炒车前子来源信息见表1。

表1 15批车前子与15批炒车前子来源信息

药材编号	产地	药材批号	炒制品编号
S1	湖北省	YCB0F0001	S16
S2	湖北省	YCB0F0002	S17
S3	湖北省	YCB0F0003	S18
S4	湖北省	YCB0F0004	S19
S5	湖北省	YCB0F0005	S20
S6	江西省	YCB0F0006	S21
S7	江西省	YCB0F0007	S22
S8	江西省	YCB0F0008	S23
S9	江西省	YCB0F0009	S24
S10	江西省	YCB0F0010	S25
S11	山东省	YCB0F0011	S26
S12	山东省	YCB0F0012	S27
S13	山东省	YCB0F0013	S28
S14	山东省	YCB0F0014	S29
S15	山东省	YCB0F0015	S30

2 方法与结果

2.1 HPLC指纹图谱的建立

2.1.1 色谱条件 以SunFire C_{18}（250 mm×4.6 mm，5 μm）为色谱柱，以甲醇（A）-0.5%乙酸溶液（B）为流动相进行梯度洗脱（0～5 min，5% A；5～15 min，5% A→20% A；15～25 min，20% A→60% A；25～30 min，60% A；30～35 min，60% A→5% A）；流速为1.0 mL/min；检测波长为254 nm；柱温为30 ℃；进样量为10 μL。

2.1.2 供试品溶液的制备 取车前子或炒车前子样品粉末（过三号筛）1.0 g，置于具塞锥形瓶中，精密称定，加60%甲醇50 mL，精密称定；连接冷凝管加热回流提取2 h，放冷，再次精密称定，用60%甲醇补足减失的质量，摇匀，滤过；取续滤液，于25 ℃以13 000 r/min离心10 min，取上清液，经0.45 μm微孔滤膜滤过，取续滤液，即得供

试品溶液。

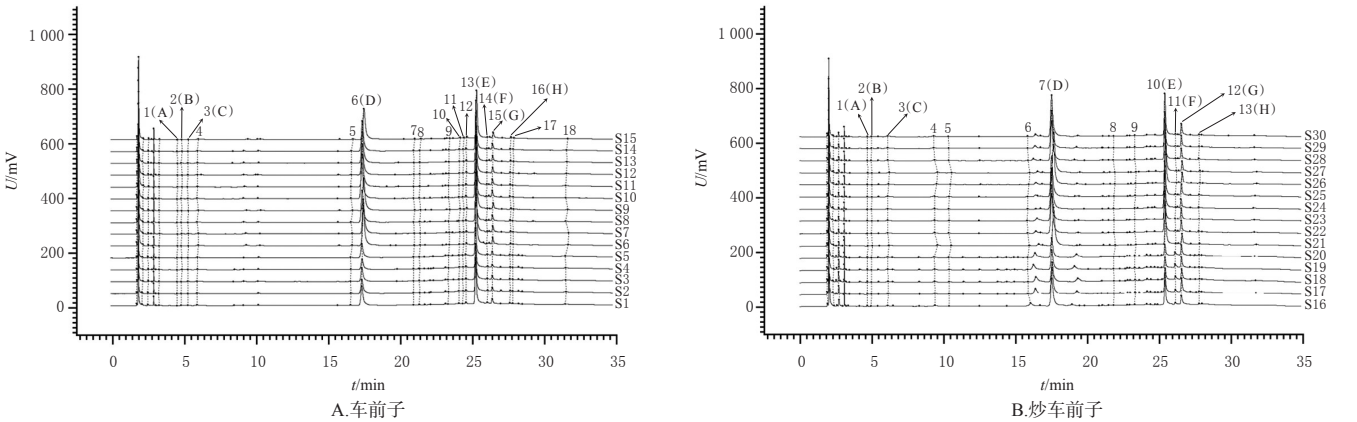
2.1.3　对照品溶液的制备　精密称取京尼平苷酸、毛蕊花糖苷对照品各0.1 mg，分别加60%甲醇，制成京尼平苷酸、毛蕊花糖苷质量浓度均为0.1 mg/mL的单一对照品溶液，经0.45 μm微孔滤膜滤过，取续滤液，即得。

2.1.4　精密度试验　取“2.1.2”项下供试品溶液（编号S11），按“2.1.1”项下色谱条件连续进样测定6次，以京尼平苷酸为参照峰，计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示，各共有峰相对保留时间的RSD为0.03%～0.37%（n=6），相对峰面积的RSD为0.56%～1.62%（n=6），表明仪器精密度良好。

2.1.5　稳定性试验　取“2.1.2”项下供试品溶液（编号S11），分别于室温下放置0、2、4、6、8、16、18、24 h时按“2.1.1”项下色谱条件进样测定，以京尼平苷酸为参照峰，计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示，各共有峰相对保留时间的RSD为0.09%～0.41%（n=8），相对峰面积的RSD为0.63%～1.95%（n=8），表明供试品溶液于室温下放置24 h内稳定性良好。

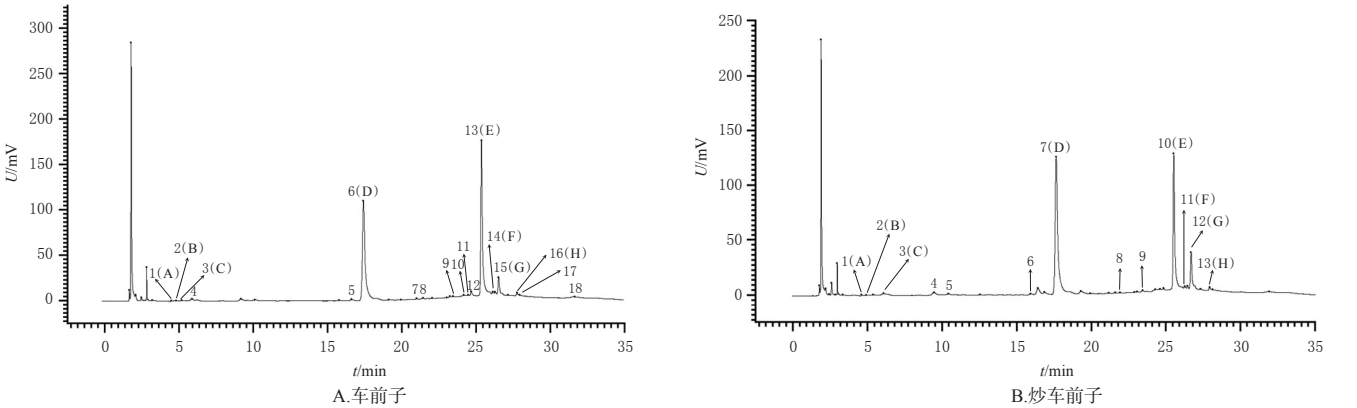
2.1.6　重复性试验　取车前子（编号S11），共6份，按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液，再按“2.1.1”项下色谱条件进样测定，以京尼平苷酸为参照峰，计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示，各共有峰相对保留时间的RSD为0.05%～0.41%（n=6），相对峰面积的RSD为0.27%～1.75%（n=6），表明方法重复性良好。

2.1.7　HPLC指纹图谱的建立　分别取15批车前子及15批炒车前子样品，按“2.1.2”项下方法制备供试品溶液，再按“2.1.1”项下色谱条件进样测定，将得到的色谱数据导入《中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版）》，采用中位数法，车前子以S11样品为对照图谱，炒车前子以S26样品为对照图谱（因S11、S26样品的色谱峰峰形较好），时间窗宽度设置为0.2，得到15批车前子及15批炒车前子的HPLC叠加指纹图谱和对照图谱。结果显示，15批车前子有18个共有峰，15批炒车前子有13个共有峰。经对比发现，车前子与炒车前子共有8个共有峰，即车前子指纹图谱中的峰1～峰3、峰6、峰13～峰16，炒车前子指纹图谱中的峰1～峰3、峰7、峰10～峰13（车前子中的峰6、峰13～峰16分别与炒车前子中的峰7、峰10～峰13对应，为方便后文描述，将对应的共有峰依次标记为峰A～峰H）。15批车前子与15批炒车前子的HPLC叠加指纹图谱见图1，对照图谱见图2。



A.车前子　　B.炒车前子

图1　15批车前子与15批炒车前子的HPLC叠加指纹图谱



A.车前子　　B.炒车前子

图2　车前子与炒车前子的对照图谱

2.1.8　相似度评价　采用《中药色谱指纹图谱相似度评价系统（2012版）》对15批车前子及15批炒车前子进行相似度评价。结果显示，30批样品与对照图谱的相似度均大于0.920，表明车前子炒制前后的化学成分种类相似。结果见表2。

表2　15批车前子与15批炒车前子的相似度评价结果

编号	相似度	编号	相似度	编号	相似度
S1	0.994	S11	1.000	S21	0.997
S2	0.991	S12	1.000	S22	0.998
S3	0.991	S13	0.999	S23	0.999
S4	0.987	S14	1.000	S24	0.991
S5	0.991	S15	0.999	S25	0.998
S6	0.998	S16	0.997	S26	0.998
S7	0.999	S17	0.983	S27	0.996
S8	0.999	S18	0.942	S28	0.998
S9	0.999	S19	0.939	S29	0.999
S10	0.999	S20	0.922	S30	0.998

2.1.9　共有峰的指认　将车前子及炒车前子的对照图谱（图2）与对照品的色谱图（图3）进行比较，共指认了2个共有峰，分别为车前子中的峰6（京尼平苷酸）、峰13（毛蕊花糖苷），炒车前子中的峰7（京尼平苷酸）、峰10（毛蕊花糖苷）。由于京尼平苷酸的分离度较好，含量较高，邻近峰较少，易于区分，故选择京尼平苷酸为参照峰，分别计算各共有峰的相对保留时间和相对峰面积。结果显示，车前子中各共有峰相对保留时间的RSD为0.08%～0.55%，相对峰面积的RSD为3.86%～44.09%；炒车前子中各共有峰相对保留时间的RSD为0.08%～0.64%，相对峰面积的RSD为12.51%～58.61%。各样品相对保留时间的RSD差异较小，相对峰面积的RSD差异较大，表明同一品种、不同产地、不同批次车前子炒制前后所含化学成分的种类具有较高的相似度，但含量存在较大差异。

2.2　聚类分析

以15批车前子与15批炒车前子共有峰的峰面积为变量进行标准化处理，使用SPSS 25.0软件，采用质心聚类法，以平方欧氏距离为测度进行聚类分析。结果显示，当欧氏距离为5时，30批样品可聚为6类，其中S1为一类，S2～S5为一类，S6～S15为一类，S16～S17为一类，S18～S20为一类，S21～S30为一类；当欧氏距离为10时，30批样品可聚为3类，其中S1～S5为一类，S6～S15、S21～S30为一类，S16～S20为一类；当欧氏距离为16时，30批样品可聚为2类，S1～S5、S16～S20为一类，S6～S15、S21～S30为一类。结果见图4。

2.3　主成分分析

以15批车前子与15批炒车前子共有峰的峰面积为变量，使用SPSS 25.0软件进行主成分分析。结果显示，前2个主成分的累计方差贡献率为82.575%，表明前2个主成分可以反映样品的质量。通过碎石图可知，前2个主成分的曲线陡峭，后面6个主成分的曲线较平缓，表明前2个主成分在车前子及炒车前子中具有重要作用。结果见表3、图5。

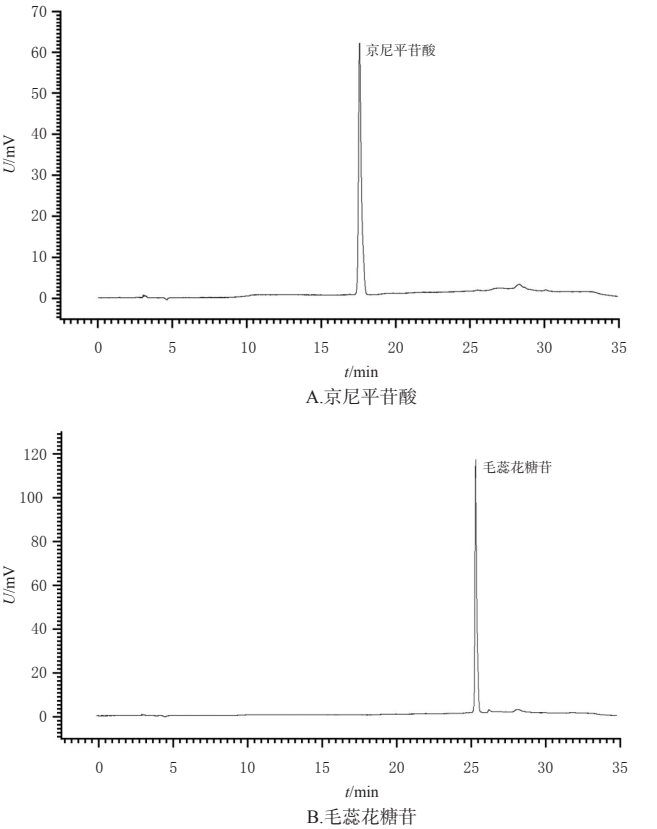


图3　京尼平苷酸与毛蕊花糖苷对照品的HPLC图

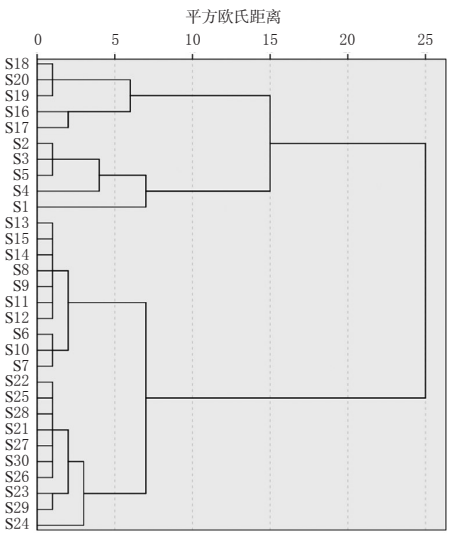


图4　15批车前子与15批炒车前子的聚类分析树状图

主成分载荷的绝对值越大，表示主成分的变量代表性越大[12]。采用SPSS 25.0软件进行主成分因子载荷矩阵。结果显示，峰A、峰C、峰E、峰F、峰H在主成分1上具有较高的载荷值，表明这5个峰对主成分1的影响较大；峰D、峰G在主成分2上具有较高的载荷值，表明这2个峰对主成分2的影响较大；峰B在主成分1、主成分2

上的载荷值均不高，表明其对主成分1、主成分2的影响较小。结果见表4。

表3　8个共有峰的特征值及方差贡献率

主成分	初始特征值			提取载荷平方和		
	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	总计	方差贡献率/%	累计方差贡献率/%	总计
1	57.186	57.186	4.575	57.186	57.186	4.575
2	25.389	82.575	2.031	25.389	82.575	2.031
3	7.328	89.902	0.586			
4	5.236	95.139	0.419			
5	3.337	98.475	0.267			
6	0.939	99.415	0.075			
7	0.500	99.915	0.040			
8	0.085	100.000	0.007			

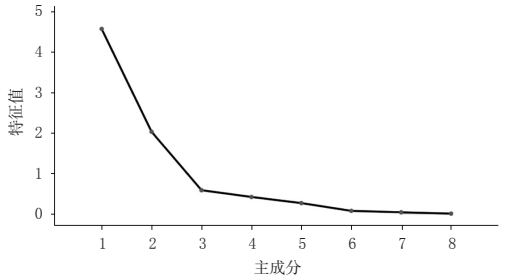


图5　车前子与炒车前子的主成分分析碎石图

表4　车前子与炒车前子的主成分因子载荷矩阵

共有峰编号	主成分1	主成分2	共有峰编号	主成分1	主成分2
A	0.952	0.116	E	−0.926	0.283
B	−0.698	−0.538	F	0.894	−0.042
C	0.742	0.088	G	0.569	0.758
D	−0.352	0.899	H	−0.725	0.507

综合评分能够反映样品的整体质量，评分越高表明样品的整体质量越好[13]。采用方差贡献率计算15批车前子与15批炒车前子的综合评分。使用SPSS 25.0软件得到主成分1（Z_1）和主成分2（Z_2）的评分分别为Z_1=0.445×峰A−0.326×峰B+0.347×峰C−0.165×峰D−0.433×峰E+0.418×峰F+0.266×峰G−0.339×峰H；Z_2=0.081×峰A−0.378×峰B+0.062×峰C+0.631×峰D+0.199×峰E−0.029×峰F+0.532×峰G+0.356×峰H。其中，峰A～峰H为共有峰的峰面积，Z_1、Z_2的系数为主成分1、2的载荷值与特征值开平方的比值，按公式计算综合评分（Z），Z=Z_1×主成分1的方差贡献率+Z_2×主成分2的方差贡献率。结果显示，车前子的综合评分均小于0，炒车前子的综合评分均大于0（S24样品除外），表明综合评分可以较好地区分车前子与炒车前子。结果见表5。

2.4　正交偏最小二乘回归分析

以15批车前子与15批炒车前子共有峰的峰面积为变量，采用SIMCA-P 14.1软件进行正交偏最小二乘回归分析。结果显示，车前子均位于得分图的左侧，炒车前子均位于得分图的右侧，二者能明显分开。模型累计解释能力参数R^2X（cum）为0.991，R^2Y（cum）为0.965，模型预测度Q^2（cum）为0.942，均大于0.500，表明模型构建成功，预测能力较强，拟合度好[14]。结果见图6。

表5　15批车前子与15批炒车前子的综合评分结果及排序

编号	主成分1	主成分2	综合评分	排序	编号	主成分1	主成分2	综合评分	排序
S1	−1.05	−1.40	−0.96	23	S16	2.22	−0.17	1.23	5
S2	−0.26	−2.55	−0.80	16	S17	3.02	1.37	2.08	4
S3	−0.45	−2.21	−0.82	17	S18	5.05	−0.64	2.73	2
S4	−0.37	−4.06	−1.24	29	S19	5.48	−0.41	3.03	1
S5	−0.64	−2.62	−1.03	25	S20	4.91	−0.63	2.65	3
S6	−2.14	1.14	−0.94	22	S21	−0.33	0.98	0.06	13
S7	−1.79	0.55	−0.88	21	S22	0.76	1.66	0.86	7
S8	−1.89	−0.21	−1.13	28	S23	0.51	0.15	0.33	9
S9	−1.69	0.02	−0.96	23	S24	−1.39	0.78	−0.60	15
S10	−2.13	0.58	−1.07	26	S25	0.68	1.55	0.78	8
S11	−1.46	0	−0.83	18	S26	−0.22	1.44	0.24	11
S12	−1.50	0.10	−0.83	18	S27	−0.54	1.26	0.01	14
S13	−2.10	−0.36	−1.29	30	S28	−0.37	1.16	0.08	12
S14	−1.72	−0.42	−1.09	27	S29	0.06	0.93	0.27	10
S15	−1.45	−0.09	−0.85	20	S30	0.77	2.13	0.98	6

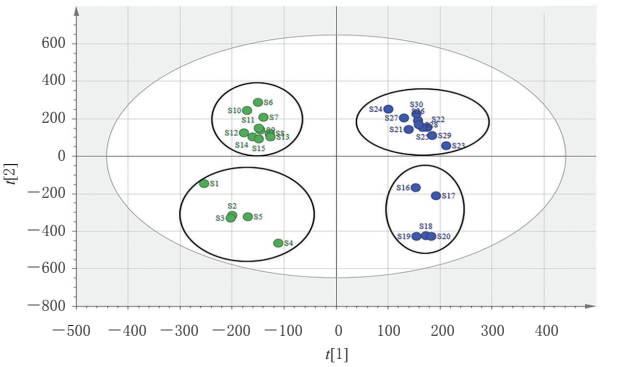


图6　15批车前子与15批炒车前子的正交偏最小二乘回归分析得分图

当变量重要性投影（variable importance in the projection，VIP）值大于1时，表示变量对整体的贡献较大[15]，故以VIP值大于1为标准，得到贡献相对较大的3个峰，分别为峰E（毛蕊花糖苷）、峰D（京尼平苷酸）、峰G，表明这3个峰对车前子与炒车前子的贡献较大，推测其可能是影响车前子与炒车前子质量差异的标志性成分。变量的点距离原点的距离越远，表示变量对模型的影响越大[16]。结果显示，峰E、峰D、峰G对车前子与炒车前子的影响较大。结果见图7、图8。

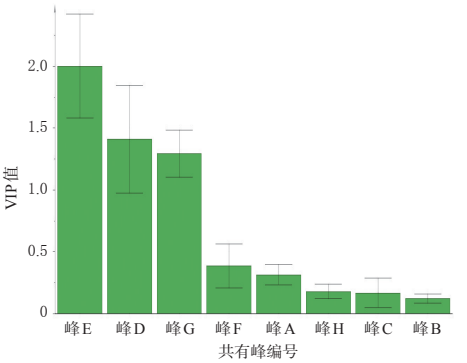


图7　8个共有峰的VIP值

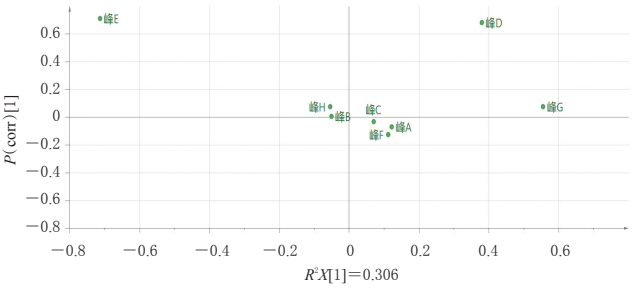


图8　15批车前子与15批炒车前子的正交偏最小二乘回归分析载荷图

3　讨论

本课题组前期分别对不同流动相（甲醇-0.1%甲酸溶液、甲醇-0.5%乙酸溶液）、不同流速（0.5、1.0 mL/min）、洗脱时间（35、45、55 min）、柱温（30、35 ℃）等进行考察。结果显示，采用本研究所用的色谱条件时，各色谱峰均能较好地分离，基线相对平稳。

指纹图谱结果显示，15批车前子有18个共有峰，炒车前子有13个共有峰，车前子与炒车前子共有8个共有峰，共指认了2个共有峰，分别为车前子中的峰6（京尼平苷酸）、峰13（毛蕊花糖苷），炒车前子中的峰7（京尼平苷酸）、峰10（毛蕊花糖苷）。15批车前子与对照图谱的相似度均大于0.980，15批炒车前子与对照图谱的相似度均大于0.920，相似度较高，表明不同产地车前子、炒车前子的化学成分种类相似，具有较好的一致性。

聚类分析结果显示，当欧氏距离为10时，30批样品可聚为3类，其中S1～S5为一类，S6～S15、S21～S30为一类，S16～S20为一类；当欧氏距离为16时，30批样品可聚为2类，S1～S5、S16～S20为一类，S6～S15、S21～S30为一类，表明江西省和山东省产车前子有一定的相似性，能与湖北省产车前子区分开。主成分分析结果显示，前2个主成分的累计方差贡献率为82.575%，车前子的综合评分均小于0，炒车前子的综合评分均大于0（S24样品除外），表明炒车前子的整体质量较好。正交偏最小二乘回归分析结果显示，峰E（毛蕊花糖苷）、峰D（京尼平苷酸）和峰G可能是影响车前子与炒车前子质量差异的标志性成分，其可能与地理环境、气候条件、种植模式、采收期等有关。

综上所述，本研究所建指纹图谱稳定、简便快速，结合化学模式识别分析可用于评价车前子与炒车前子的质量。毛蕊花糖苷、京尼平苷酸和峰G所代表的成分可能是影响车前子与炒车前子质量差异的标志性成分。

参考文献

[1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典：一部[S]. 2020年版. 北京：中国医药科技出版社，2020：69-70.

[2] 郑秀棉，杨莉，王峥涛.车前子的化学成分与药理活性研究进展[J].中药材，2013，36(7)：1190-1196.

[3] 李冲冲，龚苏晓，许浚，等.车前子化学成分与药理作用研究进展及质量标志物预测分析[J].中草药，2018，49(6)：1233-1246.

[4] 徐硕，徐文峰，梁晓丽，等.车前子的化学成分及生物活性研究进展[J].西北药学杂志，2019，34(4)：567-570.

[5] 陶玉杰.车前子不同炮制品治疗慢性功能性便秘的临床疗效对比观察[J].中国实用医药，2017，12(31)：127-128.

[6] 刘振启，刘杰.“炒车前子”的炮制工艺与伪品鉴别[J].首都医药，2009，16(19)：33.

[7] 刘鑫，赫一鸣，蔡广知，等.多指标综合评分优选炒车前子工艺研究[J].辽宁中医药大学学报，2018，20(10)：78-81.

[8] 李潮，于欢，温柔，等.基于AHP-CRITIC混合加权法和响应面法的盐车前子炮制工艺优选及其利尿作用考察[J].中国实验方剂学杂志，2020，26(20)：124-131.

[9] 王宇.车前子盐炙工艺与质量标准研究[D]. 沈阳：辽宁中医药大学，2018.

[10] 赫一鸣，刘鑫，王玥玥，等.炒车前子质量标准的研究[J].中成药，2020，42(1)：44-47.

[11] 陈丽华，肖发林，黄诗雨，等.中药质量评价研究思路及创新发展趋势[J].中草药，2021，52(9)：2541-2547.

[12] 李雨昕，邢娜，张志宏，等.基于高效液相色谱和红外光谱的生三七及其炮制品的鉴别[J].中国药房，2021，32(18)：2194-2202.

[13] 祁航，谢涛，吕东峰，等.玉泉丸HPLC指纹图谱的建立及6个成分定量分析[J].中草药，2019，50(23)：5753-5759.

[14] 徐鑫，戚华文，高德嵩，等.基于化学模式识别的栀子UPLC定量指纹图谱研究[J].中国中药杂志，2020，45(18)：4416-4422.

[15] 韩晴雯，周斌，李玉平，等. HPLC指纹图谱技术结合模式识别分析评价参莲胶囊的质量[J].药物分析杂志，2020，40(7)：1300-1308.

[16] 严雅慧，李淑萍，热依木古丽·阿布都拉，等.芦荟的HPLC指纹图谱建立、化学模式识别分析及其含量测定[J].天然产物研究与开发，2021，33(3)：353-361.

（收稿日期：2022-01-20　修回日期：2022-06-09）

（编辑：陈　宏）