

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2021.13.021

不同产地茺蔚子饮片超高效液相色谱指纹图谱研究*

吴世蓉¹, 张波^{1△}, 吴文平², 李国卫²

(1. 安徽省中医院, 安徽 合肥 230031; 2. 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 广州 528244)
摘要:目的 建立不同产地茺蔚子饮片的超高效液相色谱(UPLC)指纹图谱,并评价饮片质量。方法 色谱柱为 Waters HSS T₃ 柱(150 mm×2.1 mm, 1.8 μm),流动相为乙腈-0.1%三氟乙酸溶液(梯度洗脱),流速为 0.30 mL/min,检测波长为 254 nm,柱温为 30 ℃。以 4-羟基苯甲酸为参照,测定 18 批茺蔚子饮片的 UPLC 图谱,采用“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.0 版)”软件进行相似度评价,确定共有峰,并对其进行聚类分析和主成分分析。结果 18 批茺蔚子饮片的 UPLC 图中有 13 个共有峰,相似度为 0.801~0.982;18 批茺蔚子饮片可聚为 3 类;峰 4、峰 10 和峰 12 是判断不同产地茺蔚子饮片质量的重要因素。结论 不同产地茺蔚子饮片的质量有显著差异。所建立的 UPLC 指纹图谱可为茺蔚子饮片的真伪鉴别和质量评价提供参考。

关键词: 茺蔚子;产地;超高效液相色谱;指纹图谱;聚类分析;主成分分析;质量评价

中图分类号:R932;R284.1;R286.0

文献标志码:A

文章编号:1006-4931(2021)13-0074-05

UPLC Fingerprint of *Leonuri Fructus* From Different Habitats

WU Shirong¹, ZHANG Bo¹, WU Wenping², LI Guowei²

(1. Anhui Province Hospital of Chinese Medicine, Hefei, Anhui, China 230031; 2. Guangdong Yifang Pharmaceutical Co., Ltd. · Guangdong Key Laboratory of TCM Formula Granules Enterprises, Guangzhou, Guangdong, China 528244)

Abstract: Objective To establish an ultra-performance liquid chromatographic(UPLC) fingerprints of *Leonuri Fructus* from different habitats, and evaluate its quality. **Methods** The chromatographic column was waters HSST3 column(150 mm×2.1 mm, 1.8 μm), the mobile phase was acetonitrile-0.1% trifluoroacetic acid(gradient elution), the flow rate was 0.30 mL/min, the detection wavelength was 254 nm, and the column temperature was 30 ℃. 4-hydroxybenzoic acid was taken as reference, the UPLC chromatograms of 18 batches of herbal pieces were determined. The *Similarity Evaluation System for Chromatographic Fingerprint of Traditional Chinese Medicine*(Version 2012.0) software was used to evaluate the similarity, determine the common peaks, and carry out cluster analysis and principal component analysis. **Results** There were 13 common peaks in the UPLC fingerprints of *Leonuri Fructus*, and the similarity of *Leonuri Fructus* from different habitats was in the range of 0.801-0.982. Eighteen batches of *Leonuri Fructus* could be classified into three groups. Peak 4, peak 10 and peak 12 were the important factors to judge the quality of *Leonuri Fructus* from different habitats. **Conclusion** The quality of *Leonuri Fructus* from different habitats is significantly different. The established UPLC fingerprints can provide a reference for the authenticity identification and quality evaluation of *Leonuri Fructus*.

Key words: *Leonuri Fructus*; habitats; UPLC; fingerprints; cluster analysis; principal component analysis; quality evaluation

*基金项目:安徽中医药大学校级探索性科研项目[2016ts058];安徽中医药大学合作研究项目[2014yfhz009]。

第一作者:吴世蓉,女,主管药师,研究方向为中药饮片的质量控制,(电子信箱)1535584283@qq.com。

△通信作者:张波,男,教授,主任医师,研究方向为中西医结合治疗脑病,(电话)0551-62850122(电子信箱)13956934348@139.com。

- 中国医药科技出版社,2020:319-320.
- [2] 张洁,马百平,杨云,等. 黄精属植物甾体皂苷类成分及药理活性研究进展[J]. 中国药理学杂志,2006,41(5):330-332.
- [3] 陈晔,孙晓生. 黄精的药理研究进展[J]. 中药新药与临床药理,2010,21(3):328-330.
- [4] 李 晓,来国防,王易芬,等. 滇黄精的化学成分研究(Ⅱ)[J]. 中草药,2008,39(16):825-828.
- [5] 曹明菊,郑晓燕,陈丽华. 黄精多糖的研究进展[J]. 中国食品添加剂,2008,19(4):52-55.
- [6] 徐兵兵,于勇杰,吴帆,等. 黄精多糖研究综述[J]. 中国野生植物资源,2015,34(4):38-41.
- [7] LIU L, DONG Q, DONG XT, et al. Structural Investigation of Two Neutral Polysaccharides Isolated from Rhizome of *Polygonatum Sibiricum*[J]. Carbohydr Polym, 2007, 70(3):304-309.
- [8] 陈燕,王杰,李慧,等. 黄精多糖的闪式提取及对乳酸菌发酵特性的影响[J]. 食品工业,2017,38(6):161-166.
- [9] 骆文灿. 超声波辅助提取长梗黄精多糖工艺的研究[J]. 福建农业学报,2016,31(4):431-436.
- [10] 王艳芳. 滇黄精多糖改善大鼠脂代谢紊乱的作用研究[D]. 昆明:云南中医学院,2017.
- [11] 李 莺,齐建红. 不同黄精材料中多糖含量的比较[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):2082.
- [12] 王晓丹,田芳,史桂云,等. 不同产地黄精中多糖含量的比较[J]. 泰山医学院学报,2008,29(9):657-658.
- [13] 李楠,李卓,张燕,等. 高效分子排阻色谱法同时测定白及多糖分子量和含量[J]. 药物分析杂志,2012,32(10):1801-1803.
- [14] 陆春芳. 中药材白及质量标准研究[D]. 苏州:苏州大学,2014.
- [15] 王川,张燕,李楠,等. HPSEC-ELSD 法同时测定白及多糖的分子量和含量[J]. 中国药房,2018,29(9):1198-1201.

(收稿日期:2020-12-29)

茺蔚子为唇形科植物益母草 *Leonurus japonicus* Houtt. 的干燥成熟果实,性微寒,味苦、辛,有活血调经、清肝明目之功效,临床多用于治疗月经不调、经来腹痛、目赤翳障等证^[1]。其化学成分主要包括生物碱、黄酮类、二萜类、强心苷等^[2-3]。已有文献报道茺蔚子的质量控制方法,但多集中于茺蔚子中盐酸水苏碱的含量测定,对药材的指纹图谱研究较少^[4-5]。茺蔚子在全国各地均有分布和种植^[6],市售品产地众多,质量不一,采用单一成分的含量测定方法来评价,不能全面反映其整体质量。本研究中采用超高效液相色谱(UPLC)法对不同产地茺蔚子饮片进行指纹图谱研究,旨在为更加科学地制订茺蔚子饮片的质量控制标准提供有效依据。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Waters H-Class 型超高效液相色谱仪(美国 Waters 公司);HWS28 型恒温水浴锅(上海一恒科学仪器有限公司);ME204E 型电子分析天平(精度为 0.1 mg),XP26 型电子分析天平(精度为 0.001 mg),均购自梅特勒-托利多国际贸易(上海)有限公司。

1.2 试剂

4-羟基苯甲酸对照品(中国食品药品检定研究院,批号为 101149-201903,含量为 100.0%);甲醇、乙腈、三氟乙酸均为色谱纯,其余试剂均为分析纯,水为超纯水;18 批茺蔚子饮片(市售品),经安徽省中医院李立华主任中药师鉴定为正品,产地及编号见表 1。

表 1 18 批茺蔚子饮片的产地信息

Tab. 1 Producing habitats of 18 batches of *Leonuri Fructus*

编号	产地	编号	产地	编号	产地
S1	河南南阳	S7	河南信阳	S13	黑龙江绥化
S2	河南南阳	S8	河南信阳	S14	黑龙江绥化
S3	河南南阳	S9	广西玉林	S15	黑龙江绥化
S4	河南信阳	S10	广西玉林	S16	山东临沂
S5	河南信阳	S11	广西玉林	S17	山东临沂
S6	河南信阳	S12	黑龙江绥化	S18	山东临沂

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱:Waters HSS T₃ 柱(150 mm×2.1 mm,1.8 μm);流动相:乙腈(A)-0.1% 三氟乙酸溶液(B),梯度洗脱(0~3 min 时 0 A,3~15 min 时 0 A→4% A,15~22 min 时 4% A→6% A,22~25 min 时 6% A→9% A,25~28 min 时 9% A→10% A,28~40 min 时 10% A,40~40.1 min 时 10% A→80% A,40.1~45 min 时 80% A);流速:0.30 mL/min;检测波长:254 nm;柱温:30 ℃。

2.2 溶液制备

称取 4-羟基苯甲酸对照品适量,精密称定,加甲

醇制成质量浓度为 20 μg/mL 的对照品溶液。取药材饮片样品粉末(过 50 目筛)约 2.0 g,精密称定,置具塞锥形瓶中,加入 70% 甲醇 100 mL,称定质量,加热回流 30 min,静置,冷却至室温,再次称定质量,用 70% 甲醇补足缺失的质量,摇匀,滤过,取续滤液,即得供试品溶液。

2.3 方法学考察

精密度试验:取 2.2 项下供试品溶液适量,按 2.1 项下色谱条件进样测定 6 次,以 4-羟基苯甲酸峰为参照峰,计算各共有峰的相对保留时间及相对峰面积。结果各共有峰相对保留时间和相对峰面积的 RSD 均小于 3% (n=7),表明仪器精密度良好。

稳定性试验:取 2.2 项下供试品溶液适量,分别于室温下放置 0,2,4,6,8,12,24 h 时按 2.1 项下色谱条件进样测定,以 4-羟基苯甲酸峰为参照峰,计算各共有峰的相对保留时间及相对峰面积。结果各共有峰相对保留时间和相对峰面积的 RSD 均小于 3% (n=7),表明供试品溶液在室温放置 24 h 内基本稳定。

重复性试验:取药材饮片样品(编号为 S1)适量,各 6 份,按 2.2 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。以 4-羟基苯甲酸峰为参照峰,计算各共有峰的相对保留时间及相对峰面积。结果各共有峰相对保留时间和相对峰面积的 RSD 均小于 3% (n=6),表明方法重复性良好。

2.4 指纹图谱研究

指纹图谱建立:取茺蔚子饮片 18 批,按 2.2 项下方法制备供试品溶液,按 2.1 项下色谱条件进样测定,18 批茺蔚子饮片的指纹图谱见图 1。将色谱图导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.0 版)”软件,与对照图谱进行自动匹配,即得对照指纹图谱,详见图 2。标定共有峰 13 个,各批样品的共有峰峰面积见表 2。通过与对照品比对,鉴定出 1 个主成分,详见图 3。

相似度计算:将 18 批茺蔚子饮片的指纹图谱均导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012.0 版)”软件,计算相似度。结果 18 批饮片与对照指纹图谱的相似度范围为 0.801~0.982,仅玉林市的 3 批与对照指纹图谱相似度小于 0.88(表 3),表明各产地饮片质量较接近。

聚类分析:采用 SPSS 20.0 统计学软件分别对 18 批茺蔚子饮片进行聚类,采用组间平均数联结法,以夹角余弦作为相似度的判定公式。结果,18 批饮片样品聚为 3 类,Ⅰ类包括 S7,S8,S16,S17,S18(信阳市 2 批、临沂市 3 批);Ⅱ类包括 S1,S2,S3,S4,S5,S6,S12,S13,S14,S15(绥化市 4 批、信阳市 3 批、南阳市 3 批);Ⅲ类包括 S9,S10,S11(均来自玉林市)。详见图 4。

共有峰主成分分析:采用 SPSS 20.0 统计学软件分别对 18 批茺蔚子饮片指纹图谱所得的 13 个共有峰进

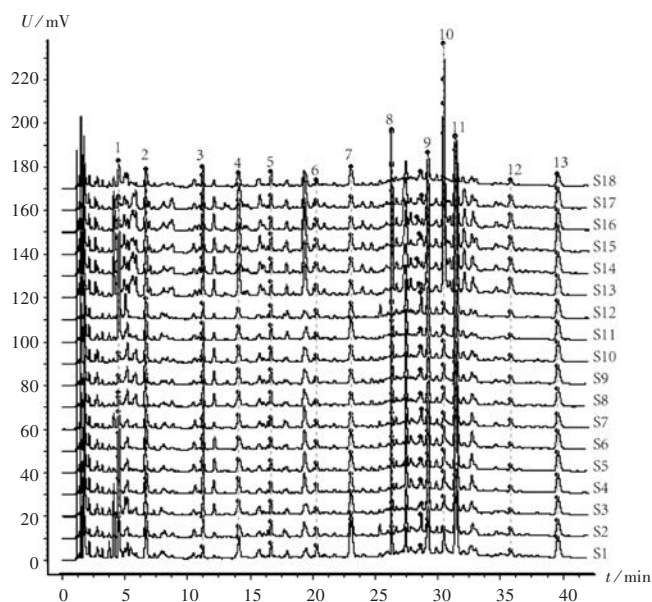


图1 18批茺蔚子饮片超高效液相色谱图叠加指纹图谱

Fig.1 UPLC superimposed fingerprints of 18 batches of *Leonuri*

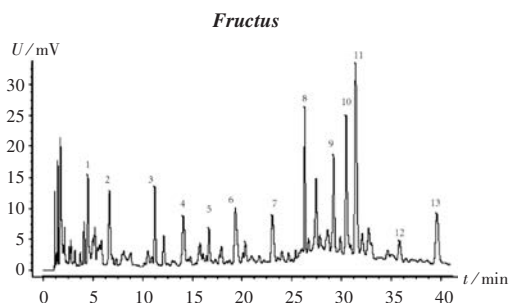


图2 茺蔚子饮片超高效液相色谱图对照指纹图谱

Fig.2 UPLC reference fingerprint of *Leonuri Fructus*

表2 18批茺蔚子饮片超高效液相色谱图共有峰的相对峰面积

Tab.2 Relative peak areas of common peaks in 18 batches of *Leonuri Fructus* by UPLC

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S1	23 523	150 044	121 141	92 714	51 007	17 881	90 556	162 777	141 263	99 266	281 460	43 688	165 841
S2	24 776	147 280	112 586	93 501	52 554	17 564	94 334	171 196	146 957	84 176	298 111	43 699	167 099
S3	22 966	157 383	117 280	96 984	50 686	19 803	105 856	162 370	150 282	90 494	309 089	40 990	175 332
S4	99 178	134 233	78 391	88 812	53 742	33 940	177 289	18 217	156 515	31 077	387 074	50 155	140 834
S5	125 046	156 556	43 929	130 967	52 559	54 248	292 617	151 620	226 057	123 412	376 287	45 536	193 033
S6	79 211	97 050	79 028	100 284	56 456	21 146	146 670	47 710	141 420	20 101	295 210	34 157	112 368
S7	22 053	106 826	134 227	175 175	50 647	19 680	86 302	222 934	167 374	326 762	449 320	89 418	184 395
S8	21 364	120 026	132 389	179 962	47 317	33 931	87 248	290 796	251 923	817 613	593 750	110 951	180 319
S9	404 492	135 162	69 660	104 461	54 950	21 486	155 678	137 925	157 055	58 144	332 299	27 706	164 873
S10	483 945	110 169	61 243	75 669	40 106	33 571	109 260	35 795	171 116	67 675	419 115	41 147	157 844
S11	473 288	150 999	94 338	90 178	49 233	10 368	164 652	138 300	165 106	79 972	301 905	33 252	150 379
S12	52 894	122 408	110 287	90 587	37 079	24 308	104 228	89 741	162 627	87 899	443 076	47 224	125 452
S13	45 317	152 123	125 675	96 583	38 255	30 204	139 566	90 531	194 926	94 244	529 509	32 379	163 909
S14	45 337	158 741	134 779	94 618	37 068	31 102	142 366	89 879	196 963	128 161	550 865	32 731	173 001
S15	50 776	153 887	129 479	97 933	38 228	28 006	140 081	94 606	195 842	100 755	550 213	34 584	170 391
S16	30 090	146 608	172 218	201 660	71 490	38 308	118 572	253 496	209 043	297 718	619 525	97 530	242 215
S17	25 611	122 470	148 712	189 402	51 825	32 052	95 802	324 939	261 829	843 063	602 046	115 714	185 292
S18	30 587	132 550	154 688	192 378	59 325	25 560	97 940	330 999	272 174	850 148	607 621	109 021	189 028

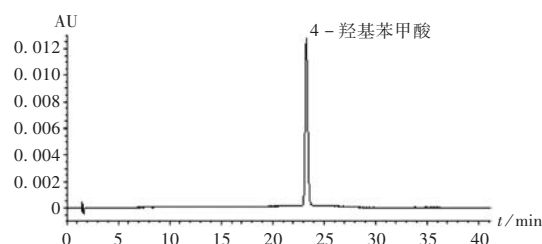


图3 对照品溶液高效液相色谱图

Fig.3 HPLC chromatograms of the reference solution

表3 18批茺蔚子饮片指纹图谱相似度评价结果

Tab.3 Similarity evaluation of fingerprints of 18 batches of *Leonuri*

<i>Fructus</i>					
编号	相似度	编号	相似度	编号	相似度
对照	1.000	S7	0.971	S14	0.963
S1	0.958	S8	0.887	S15	0.957
S2	0.956	S9	0.842	S16	0.982
S3	0.958	S10	0.804	S17	0.887
S4	0.920	S11	0.801	S18	0.890
S5	0.939	S12	0.965		
S6	0.928	S13	0.956		

行主成分分析,得出相关矩阵的特征值及其方差,详见表4。可见,前3个成分的特征值分别为6.446,2.124,1.437,对总方差的累计贡献率达76.981%,基本保留了原样本的信息,故确定提取的主成分有3个。主成分1主要影响因素为色谱峰4,10,12,主成分2为色谱峰2,3,主成分3为色谱峰6,7,故用前3个主成分即可表示原UPLC数据的主要信息,详见表5。权重值的前3名变

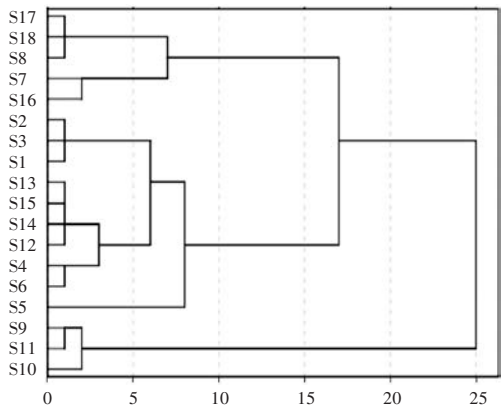


图 4 18 批茺蔚子饮片聚类分析结果

Fig. 4 Results of cluster analysis of 18 batches of *Leonuri Fructus*

表 4 特征根、各主成分的贡献率

Tab. 4 Contribution rate of characteristic root and each principal components

编号	特征根	贡献率(%)	累计贡献率(%)
S1	6.446	49.587	49.587
S2	2.124	16.341	65.928
S3	1.437	11.053	76.981
S4	1.325	10.194	87.175
S5	0.768	5.906	93.081
S6	0.469	3.609	96.690
S7	0.235	1.808	98.498
S8	0.120	0.927	99.425
S9	0.044	0.341	99.767
S10	0.014	0.110	99.877
S11	0.010	0.079	99.956
S12	0.005	0.036	99.992
S13	0.001	0.008	100.000

表 5 各因子初始因子载荷矩阵

Tab. 5 Initial factor load matrix of each factor

主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 1	主成分 2	主成分 3
-0.199	-0.644	0.157	0.815	0.380	-0.140
-0.452	0.634	0.427	0.757	0.365	0.332
0.413	0.780	-0.407	0.887	0.262	-0.131
0.933	0.278	0.021	0.601	0.555	0.132
0.527	-0.110	0.068	0.942	0.236	-0.139
0.313	0.092	0.831	0.523	0.559	0.340
-0.236	-0.266	0.872			

量分别为 0.942, 0.933, 0.887, 对应色谱峰 12, 4, 10, 即为判断不同产地茺蔚子饮片质量的重要因素。

不同产地茺蔚子饮片综合评价: 针对前 3 个主成分对茺蔚子饮片进行综合评价, 按方差贡献率加权计算综合得分, 结果见表 6。排名前 5 的样品中包括临沂市的 3 批和信阳市的 2 批; 排名前 5~10 的样品中包括绥化市的 3 批和信阳市的 2 批。总体来说, 临沂市的茺蔚子饮片质量较优且稳定; 玉林市的整体质量较差, 综合排名

表 6 主成分得分、综合得分及排序

Tab. 6 Principal components scores, comprehensive scores and their ranking

编号	主成分 1(分)	主成分 2(分)	主成分 3(分)	综合得分(分)	排名
S1	-0.823	0.489	-0.912	-1.246	13
S2	-0.707	0.336	-0.830	-1.201	12
S3	-0.865	0.714	-0.502	-0.653	11
S4	-0.453	-0.798	0.617	-0.635	10
S5	0.157	-0.533	3.298	2.923	2
S6	-0.126	-1.912	-0.774	-2.812	18
S7	0.842	-0.261	-1.191	-0.610	9
S8	1.619	0.181	-0.264	1.536	5
S9	-0.228	-1.271	0.232	-1.268	14
S10	-0.136	-1.691	0.178	-1.649	16
S11	-0.666	-0.794	-0.196	-1.656	17
S12	-0.632	-0.162	-0.836	-1.630	15
S13	-0.905	1.060	0.331	0.486	8
S14	-0.993	1.418	0.466	0.891	6
S15	-0.904	1.202	0.293	0.592	7
S16	1.228	1.164	0.683	3.075	1
S17	1.812	0.326	-0.266	1.872	4
S18	1.780	0.531	-0.329	1.983	3

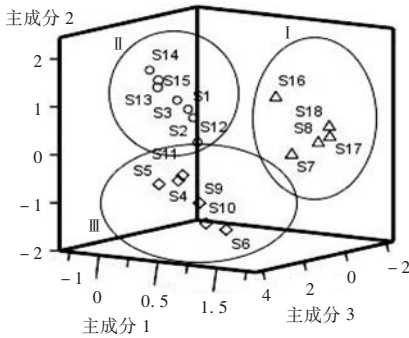


图 5 主成分三维得分散点图

Fig. 5 3D scatter plot of principal components

靠后; 南阳市的质量一般且稳定; 信阳市的质量不是很均匀, 有优有劣。由三维得分散点图可知, 18 批饮片可分为 3 类, 其中, I 类包括 S7, S8, S16, S17, S18(信阳市 2 批、临沂市 3 批); II 类包括 S1, S2, S3, S12, S13, S14, S15(绥化市 4 批、南阳市 3 批); III 类包括 S4, S5, S6, S9, S10, S11(玉林市、信阳市各 3 批)。详见图 5。

3 讨论

3.1 供试品制备方法及液相色谱条件优化

预试验中对不同提取溶剂(无水甲醇、70% 甲醇、50% 甲醇、乙醇、70% 乙醇、50% 乙醇)的提取效果进行了比较, 结果 70% 甲醇提取的色谱峰信息更丰富, 峰面积响应值较高且基线相对平稳。对不同提取方式(超声提取、加热回流提取)、不同提取时间(15, 30, 60 min)的考察结果表明, 加热回流提取 30 min 的提取效果较好。

前期研究中发现,茺蔚子的化学成分较丰富,考虑采用HPLC法的分析时间可能较长,故采用UPLC法分析,通过对条件进行优化,最终在45 min内完成对图谱的分析,并确定13个共有峰,在保证全面反映茺蔚子饮片全貌的前提下,提高了分析效率。

3.2 特征图谱测定结果

目前,茺蔚子的研究主要针对茺蔚子的生物碱、氨基酸、脂肪酸等成分进行分析^[5,7-11]。本研究中通过建立茺蔚子饮片UPLC指纹图谱,对茺蔚子饮片的成分进行了较全面地分析,18批茺蔚子饮片与对照指纹图谱的相似度范围为0.801~0.982,15批饮片与对照指纹图谱的相似度在0.88以上,为不同产地茺蔚子饮片的质量评价提供了参考。2020年版《中国药典(一部)》茺蔚子项下规定的含量测定指标为盐酸水苏碱,预试验中未找到与盐酸水苏碱对照品保留时间一致的色谱峰,通过与现有文献比对,推测可能原因是盐酸水苏碱为末端吸收,检测波长多以192 nm为主,本研究中为能反映茺蔚子饮片的整体成分,选择了色谱峰信息较丰富的254 nm作为检测波长。另外,盐酸水苏碱在茺蔚子中的含量较低,药典检测方法中需经中性氧化铝柱纯化富集,本研究为全面反映茺蔚子饮片质量的全貌,故采用超声提取。本研究中通过对照方式确定了1个成分,即4-羟基苯甲酸,最终确定为参照峰,提高了方法的专属性和耐用性。

3.3 聚类分析及主成分分析结果

以往对中药材样品仅进行含量测定或指纹图谱等常规化学试验分析,易忽略中药材质量与其性状、产地、采收、加工等因素的关联,近年来,通过化学计量学方式能进一步挖掘中药材的质量与性状、产地、采收、加工等因素间的联系,为中药材的质量研究提供了新的分析手段。本研究中在建立茺蔚子饮片UPLC指纹图谱的基础上,通过聚类分析、主成分分析进一步挖掘样品质量与产地间的关联。结果表明,茺蔚子饮片不同产地间存在显著差异,建立的化学识别模式可对不同产地的茺蔚子饮片进行科学评价,不同产地茺蔚子饮片大致可分为3类,其中临沂市所产的茺蔚子饮片在2种评价方法中均能稳定地分为1类,且主成分综合评分排名靠前,说明该产地饮片样品品质优且稳定;而玉林市的3批样品排名靠后,原因可能与茺蔚子饮片产地的南北分布有关。该结论与多项研究结果^[4,12-16]基本一致,说明所建立的方法具有一定的科学性和合理性,可用于茺蔚子饮片的质量评价。

3.4 方法评价

本研究中共收集了全国5个不同产地共18批茺蔚

子饮片,样品具有一定的代表性,基本可反映茺蔚子饮片的整体性与差异性。中药饮片质量易受生长环境、土壤性质、气候等因素影响,因此,通过运用聚类分析、主成分分析等评价手段,建立全面、客观、科学的茺蔚子质量评价方法,可为茺蔚子饮片的真伪鉴别和质量控制提供参考。

参考文献

- [1] 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: 252.
- [2] 张莲珠, 王会弟. 茺蔚子研究进展[J]. 长春中医药大学学报, 2012, 28(5): 920-921.
- [3] 刘玉红, 张文玉, 蒋海强. 茺蔚子中神经营养活性成分[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(8): 67-69.
- [4] 杨小露, 李水清, 王淑美, 等. 基于主成分分析的不同产地茺蔚子质量评价研究[J]. 广东药科大学学报, 2017, 33(4): 461-465.
- [5] 邵璐彬, 徐建中, 罗页思, 等. 不同产地益母草种质HPLC指纹图谱分析[J]. 浙江中西医结合杂志, 2019, 29(8): 691-694.
- [6] 王文蜀, 周亚伟, 叶蕴华, 等. 茺蔚子中黄酮类化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(10): 957-958.
- [7] 邓仙梅. 茺蔚子及炒茺蔚子质量标准的研究[D]. 广州: 广东药科大学, 2016.
- [8] 张美玲, 迟铁铮, 单英俏, 等. 茺蔚子饮片储藏过程中水苏碱变化的影响因素分析[J]. 中成药, 2015, 37(5): 1056-1059.
- [9] 张彦飞, 李智萌, 蔡广知, 等. 高效液相色谱-蒸发光散射检测器法测定中药茺蔚子中盐酸水苏碱的含量[J]. 中国医药导报, 2015, 12(15): 124-127.
- [10] 郭俊国, 解孝锋, 毕宏生. PITC柱前衍生HPLC法测定茺蔚子中游离和水解氨基酸的含量[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(1): 91-94.
- [11] 贾春燕, 李娟, 陈良. 炒茺蔚子质量标准的研究[J]. 新疆中医药, 2018, 36(5): 36-39.
- [12] 周苏娟, 麦小梅, 赵斌, 等. TOPSIS与灰色关联分析在不同产地炒茺蔚子质量评价中的应用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(15): 40-43.
- [13] 王迪, 刘磊, 李科, 等. 基于内切-1,3- β -葡聚糖酶水解的黄芪糖指纹图谱的建立及不同种质资源黄芪鉴别[J]. 中草药, 2018, 49(10): 2320-2327.
- [14] 黄卫娟, 韦卓纯, 姜松, 等. 不同产地姜黄药材高效液相色谱指纹图谱与化学模式识别研究[J]. 中国药业, 2019, 28(12): 24-27.
- [15] 胡南希, 郑亚杰, 唐其, 等. 不同产地博落回果化学成分指纹图谱研究[J]. 中草药, 2018, 49(18): 4417-4423.
- [16] 付士朋, 沈宏伟, 王谦博, 等. 指纹图谱结合灰色关联度分析对不同产地赤芍质量的评价研究[J]. 中草药, 2019, 50(23): 5865-5871.

(收稿日期: 2020-10-16; 修回日期: 2020-12-11)