·实验研究·

HPLC-DAD 同时检测一枝蒿药材中的 5 种化学成分研究

穆合拜提·木合塔尔,赵　丰,买吾兰江·买提努尔
(中国科学院新疆理化技术研究所新疆特有药用资源利用重点实验室,乌鲁木齐 830011)

[摘要] **目的**:建立 HPLC-DAD 波长切换联合梯度洗脱法同时测定 10 批新疆不同产地的一枝蒿药材中 5 种化学成分(异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷、一枝蒿酮酸和金腰乙素)的分析方法。**方法**:采用 HPLC-DAD 法 InertSustainR C_{18}(250 mm×4.6 mm,5 μm)色谱柱;乙腈(A)-0.2% 磷酸(B)为流动相,流速为 1.0 mL·min^{-1},梯度洗脱;异绿原酸 A 和异绿原酸 C 的检测波长为 320 nm,蒙花苷检测波长为 334 nm,一枝蒿酮酸检测波长为 245 nm,金腰乙素检测波长为 350 nm;进样量为 10 μL。建立一枝蒿药材指纹图谱,并进行相似度评价,采用 SPSS 23.0 统计软件对含量测定结果进行聚类分析。**结果**:10 批样品指纹图谱有 25 个共有缝,相似度≥0.90;10 批样品聚为 2 类。**结论**:该方法操作简便、快速、准确,为一枝蒿药材的质量控制及药用价值评价提供了科学依据。

[关键词] 新疆一枝蒿;HPLC-DAD;指纹图谱;聚类分析
[中图分类号] R917　　[文献标志码] A　　[文章编号] 1003-3734(2021)17-1621-06

Simultaneous determination of five constituents in *Artemisia rupestris* L. by HPLC-DAD

MUHEBAITI Muhetaer, ZHAO Feng, MAIWULANJIANG Maitinuer
(*State Key Laboratory Basis of Xinjiang Indigenous Medicinal Plants Resource Utilization*, *Xinjiang Technical Institute of Physics and Chemistry*, *Chinese Academy of Sciences*, *Urumqi* 830011, *China*)

[**Abstract**] **Objective**: To develop an HPLC-DAD method for the simultaneous determination of the contents of 5 components (isochlorogenic acid A, isochlorogenic acid C, linarin, rupestonic acid, and chrysosptertin B) in *Artemisia rupestris* L. **Methods**: The chromatographic separation was achieved on a InerSustainR C_{18} (250 mm × 4.6 mm,5 μm) column with acetonitrile (A)-0.2% phosphoric acid (B) as mobile phase at a flow rate of 1.0 mL·min^{-1} for gradient elution. Isochlorogenic acid A, isochlorogenic acid C, linarin, rupestonic acid and chrysosptertin B were detected at 320, 320, 334, 245, 350 nm, respectively. Injection volume was set at 10 μL. To establish an HPLC chromatographic fingerprint of *Artemisia rupestris* L., the similarity evaluation was carried out. The cluster analysis was performed by using SPSS 23.0 software. **Results**: There were 25 common peaks in HPLC fingerprint of 15 batches of *Artemisia rupestris* L. The similarities of 10 batches of samples were more than 0.85. The 10 batches of samples can be divided into 2 categories by cluster analysis. **Conclusion**: The method is simple, quick, accurate, and helpful for the quality control of *Artemisia rupestris* L.

[**Key words**] *Artemisia rupestris* L.; HPLC-DAD; fingerprint; clustering analysis

新疆一枝蒿(*Artemisia rupestris* L.)是菊科(*Compositae*)蒿属(*Artemisia*)多年生草本植物[1]。主要分布在海拔 1 100~2 900 m 的新疆阿尔泰山,天山和昆仑山等地区,欧洲亦有分布。据维吾尔药志记载,新疆一枝蒿具有祛风活血、散瘀消肿、健胃

[基金项目] 天山青年计划资助项目(2018Q007);中国科学院西部之光青年学者资助项目(2018-XBQNXZ-BB-001)
[作者简介] 穆合拜提·木合塔尔,女,本科,实验员,研究方向:天然有机化学。E-mail:muhabbat@ms.xjb.ac.cn。
[通讯作者] 买吾兰江·买提努尔,男,博士,研究员,博士生导师,研究方向:中药质量标准研究。E-mail:mavlanjan@ms.xjb.ac.cn。

消食、抗过敏等功效,临床上用于治疗感冒、发烧、消化不良、肝炎、荨麻疹、过敏性疾病等[2-3]。其化学成分主要含黄酮类、酮酸类、倍半萜类、氨基酸类、挥发性化合物、生物碱类、多糖类及其苷等[4-5]。

复方一枝蒿颗粒、莲蒿颗粒、蒿蓝感冒颗粒[6-9]等感冒药的主要活性成分是一枝蒿药材中的一枝蒿酮酸和黄酮类化合物,一枝蒿酮酸具有抗炎、消肿、抗病毒、抗过敏、活血、保肝、解蛇毒等作用[10-11]。黄酮作为一枝蒿中其他主要有效成分,也具有抗菌、抗氧化、抗病毒的药理作用[12-14]。

中药材指纹图谱作为一种综合的、可量化的色谱鉴定手段,在中药材质量控制和鉴别中都起到重要作用。采用指纹图谱技术,更能够全面、准确、整体地反映药材质量[15-17]。相比单波长,建立多波长切换 HPLC 指纹图谱更能使色谱峰达到最理想的响应值,进而准确直观地反映多组分下的色谱峰信息[18]。聚类分析着重区分类别内和类别间元素组成,按照一定规则将对象分成若干类群,常用于果实品质分析统计[19]。本实验利用 HPLC-DAD 变波长法及指纹图谱技术构建了不同地区一枝蒿药材的指纹图谱,同时测定异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷、一枝蒿酮酸、金腰乙素 5 种主要成分的含量。并结合聚类分析对 5 种主要成分含量测定结果进行综合分析,通过多技术手段更加全面地控制一枝蒿药材的质量。

材　　料

1　药物

10 批一枝蒿药材采自新疆不同地区,来源信息见表 1。所有样品均经过中国科学院新疆理化技术研究所鲁春芳副研究员鉴定为是菊科(*Compositae*)蒿属(*Artemisia*)植物一枝蒿(*Artemisia rupestris* L.)。植物标本存于中国科学院新疆理化技术研究所,乌鲁木齐,标本号:WY01223。

表 1　10 批一枝蒿药材来源信息

样品编号	产地	品种	样品编号	产地	品种
1	乌鲁木齐-南山	野生	6	昌吉	栽培
2	富蕴	野生	7	富蕴-库尔特	栽培
3	富蕴-杜热	栽培	8	富康	栽培
4	哈密-板房沟	野生	9	哈密-伊吾	野生
5	哈密-巴里坤	野生	10	奇台	野生

2　仪器

HPLC 系统为 G4212B 1260DAD 型检测器(美国安捷伦公司);KQ-250B 型超声清洗仪(昆山市超声仪器有限公司);Sartorius CPA124s 电子天平(赛多利斯公司)。

3　试剂

异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷均购自中国食品药品检定研究院(批号分别为:111782-201706,111894-201102,111528-01509);金腰乙素对照品(成都普菲德生物技术有限公司,批号:151020,纯度:98%);一枝蒿酮酸对照品(新疆理化技术研究所自制,批号:20170710,纯度:98%)[20];乙腈(德国默克股份公司,色谱纯);磷酸(天津市百世化工有限公司,分析纯);无水乙醇(天津市汇杭化工科技有限公司,分析纯);甲醇(天津市益力化学试剂有限公司,分析纯);水为市售纯净水(杭州娃哈哈集团)。

方法与结果

1　色谱条件

色谱柱为 InertSustainR C_{18}(250 mm × 4.6 mm,5 μm);流动相为乙腈(A)-0.2% 磷酸溶液(B);梯度洗脱(0 ~ 16 min,18 ~ 23% A;16 ~ 24 min,23% ~ 30% A;24 ~ 30 min,30% ~ 34% A;30 ~ 50 min,34% ~ 90%);流速为 1.0 mL·min^{-1};检测波长(0 ~ 12 min,350 nm;12 ~ 25 min,320 nm;25 ~ 28 min,334 nm;28 ~ 36 min,245 nm;36 ~ 50 min,350 nm);柱温为 30 ℃;进样量为 10 μL。

2　混合对照品溶液的制备

分别称取异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷、一枝蒿酮酸和金腰乙素对照品适量于量瓶中,配制成含异绿原酸 A 44.48 μg·L^{-1}、异绿原酸 C 22.68 μg·L^{-1}、蒙花苷 15.204 μg·L^{-1}、一枝蒿酮酸 42.3 μg·L^{-1}和金腰乙素 24 μg·L^{-1}的混合对照品甲醇溶液。

3　供试品溶液的制备

取药材粉末各 0.5 g(0.000 1),精密称定,置于具塞锥形瓶中,加 50% 甲醇 50 mL 超声(200 W,40 kHz)提取 40 min,放凉至室温,再称定重量,用 50% 甲醇补足失重,摇匀,过滤,用 0.45 μm 微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

4　方法学考察

4.1　线性关系考察　分别精密吸取 4,8,12,16,20,24,28 和 32 μL 对照品溶液,按照“**1**”项色谱条

件测定。以对照品进样量为横坐标(X),对各成分的峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归,计算线性方程[21],结果见表 2。

表 2 5 种成分线性关系结果

成分	线性范围/μg	回归方程	R^2
异绿原酸 A	88.96 ~ 1 601.28	Y = 1 988X + 28.157	0.999 6
异绿原酸 C	46.36 ~ 816.48	Y = 2 235.3X + 15.355	0.999 7
蒙花苷	30.41 ~ 425.71	Y = 2 258.1X + 7.713 6	0.999 6
一枝蒿酮酸	0.085 ~ 1.184	Y = 2 716.5X + 2.051 57	1.000 0
金腰乙素	0.048 ~ 0.672	Y = 3 391.1X + 2.020 1	1.000 0

4.2 精密度实验 按“**2**”项下方法制备对照品溶液并用 0.45 μm 微孔滤膜过滤,在“**1**”项色谱条件下进样 6 次,测得异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷、一枝蒿酮酸和金腰乙素的色谱峰面积的 RSD 分别为 0.19%,0.08%,0.06%,0.05% 和 0.06%,表明仪器精密度良好。

4.3 重复性实验 取 S6 样品,按“**3**”项下方法制备 6 份供试品溶液,在“**1**”项色谱条件下测定,算得异绿原酸 A、异绿原酸 C、蒙花苷、一枝蒿酮酸和金腰乙素含量分别为 0.08%,0.19%,0.16%,0.63% 和 0.21%,其 RSD 分别为 2.98%,1.83%,2.96%,2.76% 和 2.93%,表明该方法的重复性良好。

4.4 稳定性实验 取 S6 样品,按“**3**”项下方法制备 6 份供试品溶液,在“**1**”项色谱条件下分别于 0,2,4,6,8,12 和 24 h 测定,记录各成分峰面积,算得峰面积 RSD 分别为 0.84%,0.69%,0.72%,0.96% 和 1.04%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定。

4.5 加样回收率实验 精密称取含 5 种主要成分且含量已知的样品,加入一定量对照品按“**3**”项下方法制备供试品溶液,计算回收率,结果见表 3。

表 3 加样回收率实验结果 n = 6

成分	含有量/μg	加入量/μg	测定量/μg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
异绿原酸 A	17.000	18.070	35.400	102.04	108.67	3.21
	17.000	18.070	36.510	107.89		
	16.990	18.070	36.920	109.93		
	17.030	18.070	36.300	106.73		
	17.030	18.070	36.000	104.83		
	16.950	18.070	37.500	113.96		
异绿原酸 C	9.430	9.450	18.710	97.70	102.29	2.72
	9.430	9.450	18.800	99.31		
	9.420	9.450	19.220	103.37		
	9.440	9.450	19.000	100.70		
	9.450	9.450	19.100	102.14		
	9.400	9.450	19.410	103.93		
蒙花苷	8.060	7.600	15.400	96.37	99.10	2.46
	8.020	7.600	15.700	100.59		
	8.050	7.600	15.600	99.80		
	8.080	7.600	15.320	95.12		
	8.040	7.600	15.810	101.86		
	8.040	7.600	15.520	98.15		
一枝蒿酮酸	30.650	22.240	53.000	100.51	99.63	2.34
	30.480	22.240	52.000	96.89		
	30.630	22.240	52.600	98.95		
	30.730	22.240	53.200	98.42		
	30.570	22.240	52.510	100.99		
	30.560	22.240	53.420	102.86		
金腰乙素	10.910	12.000	22.630	97.68	101.15	2.50
	10.940	12.000	23.500	104.42		
	11.010	12.000	23.250	102.01		
	11.000	12.000	22.870	98.54		
	10.970	12.000	23.390	103.47		
	10.970	12.000	22.960	99.95		

5 样品的测定

按“**3**”项下方法制备供试品溶液，在“**1**”项色谱条件下测定，结果见表 4。

表 4 主成分含量测定结果 %

样品	异绿原酸 A	异绿原酸 C	蒙花苷	一枝蒿酮酸	金腰乙素
S1	0.899	0.224	0.232	0.392	0.119
S2	0.703	0.166	0.244	0.552	0.133
S3	0.416	0.179	0.098	0.437	0.133
S4	0.199	0.199	0.147	0.562	0.198
S5	0.513	0.145	0.223	0.481	0.090
S6	0.146	0.063	0.229	0.215	0.065
S7	0.088	0.049	0.050	0.424	0.087
S8	0.204	0.107	0.073	0.188	0.093
S9	0.726	0.180	0.177	0.694	0.137
S10	0.430	0.102	0.157	0.285	0.061

结果表明，10 批一枝蒿药材中，各组分含量差异较大，说明地域差异对一枝蒿化学成分有所影响。总体而言，野生品种中待测组分含量大于栽培品种，异绿原酸 A、异绿原酸 C 和蒙花苷在 S1（乌鲁木齐南山野生）样品中含量最高，S9（哈密野生）样品中一枝蒿酮酸含量最大及金腰乙素在 S4（哈密板房沟野生）样品中有着最大含量。在一定的区域采集的栽培和野生的品种也有差异，如富蕴县栽培和富蕴县野生在异绿原酸 A 和蒙花甘的含量差异较大。同一个产地不同批次之间也有含量差异，这与一枝蒿药材不同生长期形态特征变化，采集时期有关[21]。

6 指纹图谱的建立

6.1 指纹图谱的制备 10 批不同产地的一枝蒿药材按“**3**”项下方法制备供试品溶液，在“**1**”项色谱条件下进样，并对所测数据进行中药材色谱指纹图谱相似度分析，将数据导入“中药色谱指纹图谱相似度评价系统”（2012 版），因 S3 样品色谱峰锋形和分离度良好，基线平整，故选择其作为参照谱图，时间宽度设为 0.1，采用平均数法、多点校正和自动谱峰匹配后，生成 10 批一枝蒿药材叠加图谱见图 1，对照图谱及混合对照品溶液的 HPLC 图见图 2。

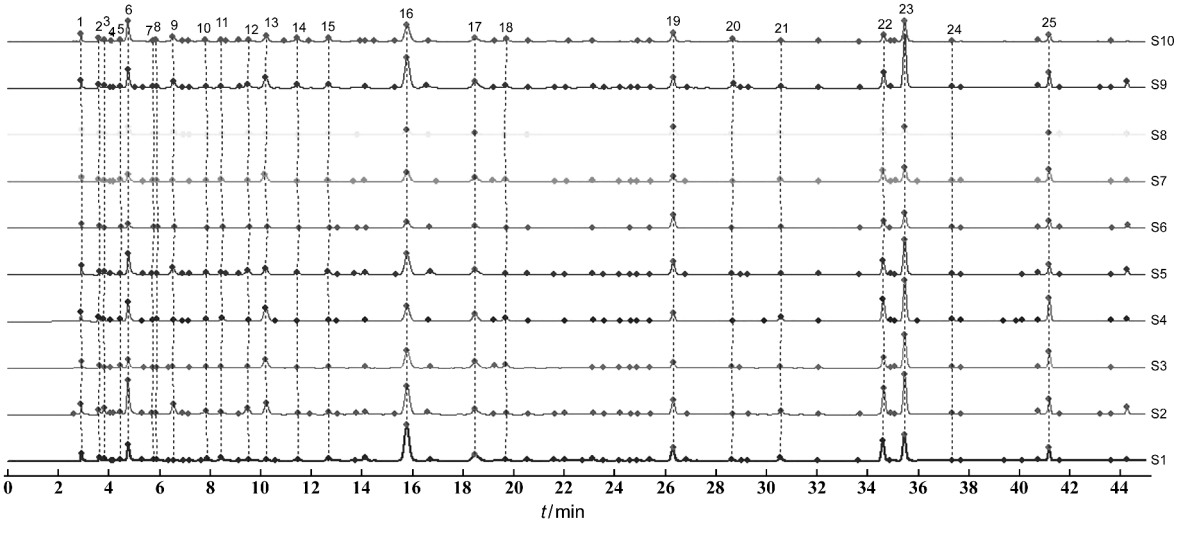


图 1 10 批一枝蒿药材叠加 HPLC 图

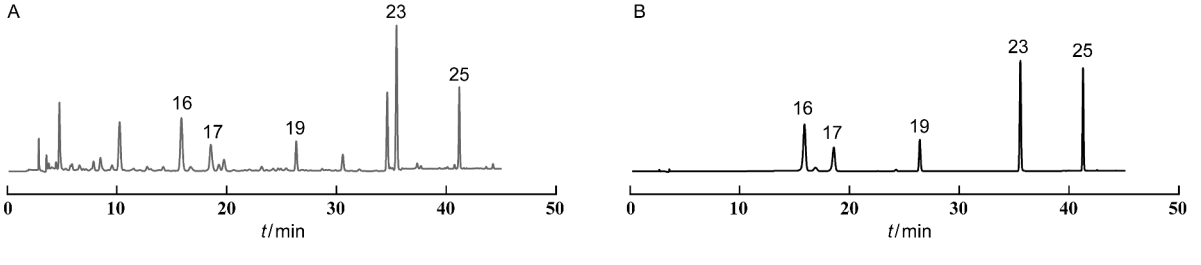


图 2 对照图谱（A）和对照品溶液 HPLC 图（B）

6.2　峰的归属　取混合对照品溶液 10 μL,注入 HPLC 仪,在上述色谱条件下进样,对比各吸收峰的相对保留时间可知,指纹图谱中 16 号为异绿原酸 A,17 号为异绿原酸 C,19 号为蒙花苷,23 号为一枝蒿酮酸,25 号为金腰乙素。计算得到各共有峰的相对保留时间 RSD 均 <0.5%,但是相对峰面积的 RSD 相差较大,分别是 56.0%,40.8%,33.9%,48.2% 和 47.6%,表明不同批次一枝蒿药材中成分含量差异较大,结果见表 4。

7　相似度计算与比较

分析结果显示,10 批样品的色谱图与指纹图谱相似度较好,说明各产地的药材有较好的一致性,可以用于综合评价新疆一枝蒿药材的整体质量,分析结果见表 5。

表 5　10 批样品的相似度结果

样品号	相似度	样品号	相似度
1	0.940	6	0.0
2	0.983	7	0.957
3	0.970	8	0.923
4	0.950	9	0.984
5	0.989	10	0.967

8　HPLC 指纹图谱的聚类分析

以所测 10 批一枝蒿样品中标定的共有峰峰面积为变量,运用 SPSS 23.0 数据统计软件进行聚类分析,采用组间连接法,利用欧式距离作为样品测定,标准化数据选择全距从 0 ~ 1,如图 3 所示。

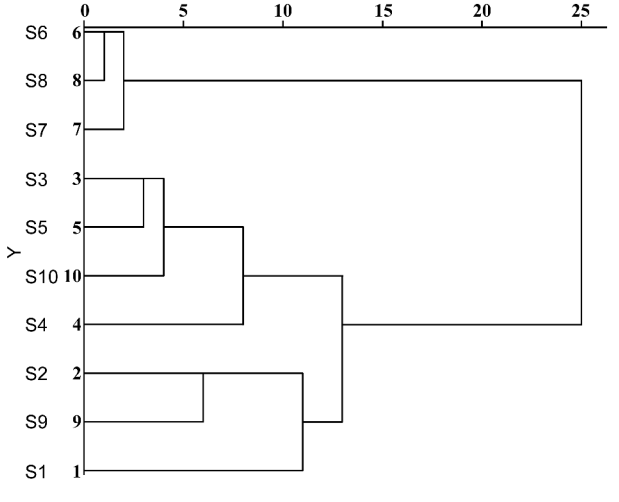


图 3　10 批样品聚类分析树状图

10 批一枝蒿样品被分为 2 类,其中 S6,S7 和 S8 聚为一类品种均为栽培;S1,S2,S3,S4,S5,S9,S10 聚为一类,其中 S3 品种是栽培,剩余都是野生,S3 中 5 个主成分含量和野生品种相近,因此聚为一类。此结果与指纹图谱相似度分析结果相似。

讨　论

物质对光具有选择性吸收,物质的吸光度随入射波长的变化而变化,物质对光的吸收不是简单的线状光谱,而是复杂的带状光谱,每一个吸收带包含大量的吸收线,加上溶液中溶剂的影响,使得吸收光谱变成光滑连续的吸收峰,在最大吸收波长处吸收峰最大[23]。所以被检测物质出现吸收峰,是因为在其最大或者较大吸收波长处对光的能量进行吸收,从而出现明显的吸收峰。异绿原酸 A 和异绿原酸 C 在波长为 320 nm 时有较好的吸收,蒙花苷的最大吸收波长是 334 nm,一枝蒿酮酸的最大吸收波长是 245 nm,金腰乙素在波长为 350 nm 时有较好的吸收,故本文在满足含量测定要求的前提下,综合考虑到峰形、分离度等因素,采用 HPLC-DAD 法,以 245,320,334 和 350 nm 分别作为一枝蒿药材 5 种成分含量测定波长,不仅灵敏度高并可减少杂质干扰。

在考察不同浓度甲醇溶液(100%,70%,50%,30%)和乙醇溶液(100%,70%,50%,30%)及提取时间 20,40 和 60 min 对 5 种主成分提取率的影响中发现,以 50% 乙醇溶液提取 40 min 时,主成分提取率最高。此外,在以 50% 乙醇溶液提取 40 min 的基础上,比较了超声提取和加热回流 2 种提取方法,对主成分提取率的影响发现,2 种方法对主成分的提取率无显著影响,但因超声提取法消耗时间短、操作简便,故在此次研究中采用超声提取法。

虽然有关一枝蒿成分分析的研究[24-27]不曾间断,但对于其主成分为异绿原酸 A、异绿原酸 C 和金腰乙素的报道尚未见到,此外,金腰乙素更是第 1 次作为一枝蒿主成分被检出。木犀草素也是一枝蒿药材中一个主成分,但本研究忽略了木犀草素的分析,因为它不是 10 批药材中共有峰,有些批次里很少甚至没有。可见,生长环境对一枝蒿成分有较大影响。

一枝蒿富含黄酮和萜类化学成分[28],其中倍半萜成分一枝蒿酮酸含量较高,是一枝蒿药材的特异性成分,以该化合物作为药材对照品能够较好控制药材质量,且倍半萜类成分大多具有抗肿瘤等多种生物活性[29]。金腰乙素和蒙花苷是黄酮类化合物,具有抗菌、抗炎、抗病毒作用[30]。异绿原酸有抗炎、降血压和体外抗氧化活性。异绿原酸 A 和异绿原

酸 C 呈现较好的抗炎活性,能通过抑制白细胞迁移和炎症过程超氧阴离子的产生而发挥体外抗炎作用[31]。

本实验通过 HPLC-DAD 多波长切换指纹图谱技术,建立了不同产地一枝蒿药材指纹图谱,并采用相似度评价、聚类分析等化学计量学方法对新疆不同产地的一枝蒿药材进行了综合评价,对一枝蒿药材的质量控制具有重要意义。

[参 考 文 献]

[1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社, 1991, 76(2):17.
[2] 梁永红, 谭英, 孙颖. 一枝蒿的药理研究进展[J]. 新疆中医药, 2005,23(2): 67 - 68.
[3] 刘勇民, 沙吾提·伊克木. 维吾尔药志(上)[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1986: 1 - 3.
[4] 张素挽, 杨璐, 顾政一, 等. 新疆一枝蒿化学成分的研究[J]. 新疆医科大学学报, 2016, 39(4): 408 - 410.
[5] 方美珠, 晁群芳, 兰雁, 等. 新疆一枝蒿的研究进展[J]. 中草药, 2009,40(Suppl 1): S72 - S75.
[6] 陶海英, 孙玉华, 胡正梅, 等. 复方一枝蒿颗粒的抗炎、抗菌作用和对免疫功能的影响[J]. 中药药理与临床, 2007,23(2): 64 - 66.
[7] 李革, 侯桂萍, 徐鸿, 等. 复方一枝蒿颗粒质量标准的研究[J]. 中医药学刊, 2003, 21(11): 1963 - 1964.
[8] 刘桂花, 帕依曼·亥米提, 邢建国, 等. 莲蒿颗粒的质量标准研究[J]. 西北药学杂志, 2017,32(5): 555 - 559.
[9] 刘君康, 许馨燕, 刘砥威, 等. 蒿蓝感冒颗粒的质量标准研究[J]. 中成药, 2005, 27(3): 279 - 282.
[10] 梁永红, 谭英, 孙颖. 一枝蒿的药理研究进展[J]. 新疆中医药, 2005, 23(2): 67 - 68.
[11] 刘勇民, 刘伟新, 伊吾提·依克木, 等. 维吾尔药志[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1985:1 - 4.
[12] 王燕, 吐尔洪·阿西木, 堵年生. 新疆一枝蒿化学成分的研究[J]. 新疆医科大学学报, 2004, 27(4): 361 - 363.
[13] 梁永红, 谭英, 孙颖. 一枝蒿的药理研究进展[J]. 新疆中医药, 2005, 23(2): 67 - 68.
[14] 马雁鸣, 赵芸, 吴韬, 等. 高效液相制备色谱制备一枝蒿酮酸对照品[J]. 中草药, 2005, 36(7): 1002 - 1004.
[15] 李芸, 张立军, 戴海蓉, 等. 高乌头不同溶剂萃取部位 HPLC 多波长指纹图谱研究[J]. 中药新药与临床药理, 2018,29(5): 630 - 636.
[16] 聂韡, 朱培林, 房海灵, 等. HPLC 指纹图谱结合化学计量学评价不同产地广东紫珠药材的质量[J]. 中草药, 2017,48(1): 185 - 191.
[17] 杨冉冉, 姬蕾, 李二文, 等. 鸡血藤的 HPLC 指纹图谱及模式识别研究[J]. 中草药,2017,48(21):4530 - 4536.
[18] 尤春雪, 张振秋, 李峰, 等. HPLC 波长切换技术对葛根中 8 种成分的测定及指纹图谱研究[J]. 中草药,2013,44(5): 616 - 621.
[19] 高惠璇. 应用多元统计分析[M]. 北京:北京大学出版社, 2005.
[20] 马雁鸣, 赵芸, 吴韬, 等. 高效液相制备色谱制备一枝蒿酮酸对照品[J]. 中草药, 2005, 36(7): 1002 - 1004.
[21] 丁长玲, 崔俊凤, 石效荣, 等. HPLC-DAD 法同时测定柴黄片中 6 种成分的含量[J]. 中国药房, 2019,30(11): 1477 - 1481.
[22] 兰冬冬, 朱国强, 郭雄飞, 等. 不同生长期一枝蒿中 3 种化学成分的含量测定[J]. 中医药学报, 2017,45(6): 24 - 27.
[23] 向佳兰, 何曾亮, 林禹强, 等. HPLC 变波长法测定不同地区金银花中绿原酸和芦丁的含量[J]. 广东化工, 2016,43(24): 136 - 138.
[24] 贺飞, 侯桂萍, 仲婕, 等. 新疆一枝蒿药材高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 医药导报, 2010,29(7): 854 - 857.
[25] 蔡晓翠, 贺金华, 顾政一, 等. HPLC-MS/MS 法同时测定新疆一枝蒿药材中 5 个成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2013,33(10): 1672 - 1676.
[26] 汪豪, 杜慧斌, 朱峰妍, 等. 新疆一枝蒿化学成分的研究[J]. 中国药科大学学报, 2011, 42(4):310 - 313.
[27] 田红林, 马英, 轩辕欢, 等. HPLC 测定岩蒿茎、花、叶中一枝蒿酮酸、蒙花苷、木犀草素的含量[J]. 中药材, 2016,39(11):2566 - 2568.
[28] MAIWULANJIANG M, MAITUSONG J, NURBOLAT A, *et al*. Analysis of volatile chemical constituents in different parts of Artemisia rupestris L. by GC-MS/Q-TOF[J]. *J Essent Oil Bear Plants*, 2018, 21(5): 1327 - 1335.
[29] 曹长姝, 沈伟哉, 李药兰, 等. 臭灵丹中黄酮类化合物对人喉癌细胞 Hep-2 凋亡的影响及机制[J]. 中国病理生理杂志, 2010,26(7): 1362 - 1365.
[30] 马成, 杨敏, 张炬, 等. 高效液相色谱法测定新疆一枝蒿中一枝蒿酮酸的含量[J]. 时珍国医国药,2008,19(4):991 - 992.
[31] 侯彩平, 韩利文, 张风, 等. 异绿原酸 A 的抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技,2012,12(38):72 - 76.

编辑:刘卓越/接受日期:2021 - 03 - 18