

中图分类号: R932; R284.1; R286.0 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2023)17-0063-06
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2023.17.015



超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱法同时测定 肋柱花药材中5种活性成分含量*

兰婷¹, 朱贲贲², 陈圆², 杨鹏杰², 王巍嵩^{1△}

(1. 内蒙古医科大学附属第一医院, 内蒙古呼和浩特 010050; 2. 北京大学肿瘤医院内蒙古医院·内蒙古医科大学附属肿瘤医院, 内蒙古呼和浩特 010040)

摘要:目的 建立同时测定肋柱花药材中5种活性成分含量的超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱法。方法 色谱柱为 Thermo Hypersil GOLD C₁₈ 柱(100 mm × 2.1 mm, 1.9 μm), 流动相为甲醇-含5 mmol/L 甲酸铵的0.1% 甲酸水溶液(梯度洗脱), 流速为0.25 mL/min, 柱温为30℃, 进样量为5 μL; 离子源为电喷雾电离(ESI), 电离模式为ESI⁻(木犀草素、芒果苷)和ESI⁺(异荜草苷、獐牙菜苦苷、当药黄素), 多反应监测(MRM)模式, 喷雾电压为3 500 V(正离子模式)和3 000 V(负离子模式), 雾化温度为300℃。采用SIMCA 14.1软件进行主成分分析。结果 木犀草素、异荜草苷、獐牙菜苦苷、芒果苷、当药黄素的质量浓度分别在0.404 1~12.931 2 mg/L、0.392 2~12.550 4 mg/L、0.283 8~9.081 6 mg/L、0.305 5~9.776 0 mg/L、0.356 7~11.414 4 mg/L范围内与峰面积线性关系良好($R^2 \geq 0.999 0$); 检测限分别为0.521 0, 1.319 8, 0.813 3, 1.219 4, 2.083 0 μg/L, 定量限分别为1.510 9, 3.931 2, 2.709 6, 4.024 1, 6.736 5 μg/L; 精密度、稳定性、重复性试验结果的RSD均小于3.5%($n=6$); 加样回收率分别为94.83%, 92.30%, 100.47%, 95.13%, 95.53%, RSD分别为1.49%, 2.50%, 0.92%, 0.91%, 1.48%($n=6$)。12批不同产地的药材样品中5种活性成分的总含量为39.85~67.82 mg/g, 獐牙菜苦苷的含量最多(33.87~61.44 mg/g)。主成分分析结果显示, 第一主成分、第二主成分的方差贡献率分别为36.30%和31.70%, 筛选出的主要贡献成分为木犀草素(0.623 0)、獐牙菜苦苷(0.520 5)和芒果苷(0.753 3)。结论 该方法操作简便、专属性强、结果准确、灵敏度高, 可用于肋柱花药材中活性成分的定量分析, 木犀草素、獐牙菜苦苷、芒果苷可作为肋柱花药材的质量控制标志物。

关键词:超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱法; 肋柱花; 活性成分; 含量测定

Content Determination of Five Active Components in Lomatogonii Rotati Herba by UPLC-QQQ-MS/MS

LAN Ting¹, ZHU Benben², CHEN Yuan², YANG Pengjie², WANG Weisong¹

(1. Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia, China 010050; 2. Peking University Cancer Hospital Inner Mongolia Hospital·Affiliated Cancer Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot, Inner Mongolia, China 010040)

Abstract: Objective To establish an ultra-high performance liquid chromatography triple-quadrupole-tandem mass spectrometry (UPLC-QQQ-MS/MS) method for the simultaneous determination of five active components in Lomatogonii Rotati Herba. **Methods** The chromatographic column was Thermo Hypersil GOLD C₁₈ column (100 mm × 2.1 mm, 1.9 μm), the mobile phase was methanol-0.1% formic acid aqueous solution containing 5 mmol/L ammonium formate (gradient elution), the flow rate was 0.25 mL/min, the column temperature was 30℃, and the injection volume was 5 μL. The ion source was electric spray ionization (ESI), the ionization mode was ESI⁻ (luteolin, mangiferin) and ESI⁺ (isoorientin, swertimarin and swertisin), the multi-reaction monitoring (MRM) mode was adopted with spray voltages of 3 500 V (positive ion mode) and 3 000 V (negative ion mode), and the atomization temperature was 300℃. SIMCA 14.1 software was used for principal component analysis (PCA). **Results** The linear ranges of luteolin, isoorientin, swertimarin, mangiferin and swertisin were 0.404 1-12.931 2 mg/L, 0.392 2-12.550 4 mg/L, 0.283 8-9.081 6 mg/L, 0.305 5-9.776 0 mg/L, 0.356 7-11.414 4 mg/L ($R^2 \geq 0.999 0$), respectively. The limits of detection (LOD) were 0.521 0, 1.319 8, 0.813 3, 1.219 4 and 2.083 0 μg/L, respectively. The limits of quantitation (LOQ) were 1.510 9, 3.931 2, 2.709 6, 4.024 1 and 6.736 5 μg/L, respectively. The RSDs of precision, stability, and repeatability test results were all lower than 3.5% ($n=6$). The average recoveries of luteolin, isoorientin, swertimarin, mangiferin and swertisin were 94.83%, 92.30%, 100.47%, 95.13%, and 95.53%, with RSDs of 1.49%, 2.50%, 0.92%, 0.91%, and 1.48% ($n=6$), respectively. The total content of five active components in 12 batches of samples from different different producing areas was in the range of 39.85-67.82 mg/g, and the content of swertimarin was the highest (33.87-61.44 mg/g). The PCA results showed that the variance contribution rates of the first principal component and the second principal component were 36.30% and 31.70%, respectively. The main contribution components screened were luteolin (0.623 0), swertimarin (0.520 5), and mangiferin (0.753 3). **Conclusion** The

*基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金[2020MS08107]。

第一作者: 兰婷, 女, 大学本科, 主管药师, 研究方向为临床药学与药物分析, (电子信箱)247291576@qq.com。

△通信作者: 王巍嵩, 男, 硕士, 副主任药师, 研究方向为临床药学与药物分析, (电子信箱)nmgwangweisong@126.com。

method is simple, specific, accurate and sensitive, which can be used for the quantitative analysis of the active components in Lomatogonii Rotati Herba. Luteolin, swertimarin, and mangiferin can be used as quality control markers of Lomatogonii Rotati Herba.

Key words: UPLC - QQQ - MS / MS; Lomatogonii Rotati Herba; active components; content determination

肋柱花为龙胆科肋柱花属植物肋柱花 *Lomatogonium rotatum* (L.) Fries ex Nym. 的干燥全草, 分布于我国东北、内蒙古、陕西、四川、新疆、甘肃、青海等地^[1-2]。蒙药名为哈比日干·地格达, 亦称查干·特木日·地格达、扎格地格·嘎日布^[3]。味苦, 性寒, 效钝、糙、轻、燥, 具有平息协日、清热、愈伤、健胃等功效, 主治协日热、肝胆热、瘟疫、伤寒、黄疸、消化不良、中暑头痛、伤热等症, 是蒙医用于治疗肝胆疾病的传统药物^[4]。肋柱花药材主要含有獐牙菜苦苷、木犀草素、异荛草苷、当药黄素、芒果苷等活性成分, 具有清肝利胆、抗菌消炎、解热镇痛等药理活性^[5-9]。其现行标准收载于《中华人民共和国卫生部药品标准·蒙药分册》, 但未测定其中活性成分的含量。目前, 多采用高效液相色谱(HPLC)法对肋柱花药材中少数活性成分进行定量分析^[10-13], 难以反映药材的整体质量。超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱(UPLC-QQQ-MS/MS)法不仅能提供充足的化合物结构信息, 且特有的多反应监测(MRM)模式具有较高的选择性、专属性和灵敏度, 在色谱峰不需要完全达到基线分离的情况下即可实现多种含量差异较大化合物的同时定量分析^[14-15]。本研究中采用UPLC-QQQ-MS/MS法同时测定肋柱花药材中木犀草素、异荛草苷、獐牙菜苦苷、芒果苷、当药黄素的含量, 并结合主成分分析(PCA), 以高效、准确、全面地对蒙药材肋柱花进行质量分析和控制, 为其进一步开发利用奠定药效物质基础。现报道如下。

1 仪器与试剂

1.1 仪器

Thermo U3000型超高效液相色谱仪, Thermo TSQ ULTRA EMR型三重四极杆质谱仪, 均购自美国Thermo公司; CPA225D型分析天平(精度为十万分之一), BSA423S-CW型分析天平(精度为万分之一), 均购自德国Sartorius公司; KQ2200DE型台式超声清洗器(昆山市超声仪器有限公司, 功率为500 W, 频率为40 kHz)。

1.2 试剂

木犀草素对照品(C1, 批号为111520-202107, 纯度为96.3%), 异荛草苷对照品(C2, 批号为111974-201401, 纯度为94.0%), 獐牙菜苦苷对照品(C3, 批号为110785-201404, 纯度为98.3%), 芒果苷对照品(C4, 批号为111607-201704, 纯度为98.1%), 均购自中国食品药品检定研究院; 当药黄素对照品(C5, 上海融禾医药科技发展公司, 批号为210710, 纯度为98.0%); 甲醇(美国Fisher Scientific公司, 色谱纯、分析纯); 超纯

水(美国Millipore公司); 其余试剂均为分析纯; 肋柱花药材信息见表1, 每个产地分别收集3批, 经内蒙古锡林郭勒盟蒙医医院敖德毕力格主任药师鉴定均为正品。

表1 肋柱花药材信息

Tab. 1 Information of Lomatogonii Rotati Herba samples

序号	收集地点	收集时间	批号
1	内蒙古克什克腾旗	2021年8月	NK01, NK02, NK03
2	内蒙古锡林郭勒盟东乌旗	2021年8月	NX01, NX02, NX03
3	青海省门源回族自治县	2021年9月	QM01, QM02, QM03
4	甘肃省定西市彭县	2021年9月	GD01, GD02, GD03

2 方法与结果

2.1 试验条件

2.1.1 色谱条件

色谱柱: Thermo Hypersil GOLD C₁₈柱(100 mm × 2.1 mm, 1.9 μm); 流动相: 甲醇(A) - 含5 mmol/L 甲酸铵的0.1% 甲酸水溶液(B), 梯度洗脱(0~2 min时5%A, 2~5 min时5%A → 95%A, 5~10 min时95%A, 10~10.1 min时95%A → 5%A, 10.1~12 min时5%A); 流速: 0.25 mL/min; 柱温: 30 °C; 进样量: 5 μL。

2.1.2 质谱条件

扫描模式: MRM; 离子源: 电喷雾电离(ESI); 电离模式: ESI⁻(木犀草素、芒果苷), ESI⁺(异荛草苷、獐牙菜苦苷、当药黄素); 喷雾电压: 3 500 V(正离子模式)、3 000 V(负离子模式); 雾化温度: 300 °C; 吹扫气压力: 40 psi; 辅助气压力: 10 psi; 毛细管温度: 350 °C。其他质谱条件见表2。

表2 肋柱花药材中5种活性成分的质谱条件

Tab. 2 MS parameters of five active components in Lomatogonii Rotati Herba

成分	保留时间 (min)	定量离子对质荷比扫描范围	碰撞能量 (eV)	透镜补偿 电压(V)
木犀草素	6.14	285.01 → 133.10[M-H] ⁻	32	100
异荛草苷	9.43	449.48 → 431.11[M-H] ⁺	40	110
獐牙菜苦苷	7.45	392.14 → 192.53[M+NH ₄] ⁺	28	100
芒果苷	9.45	421.41 → 300.69[M-H] ⁻	35	100
当药黄素	7.66	477.22 → 267.18[M+H] ⁺	29	110

2.2 溶液制备

取肋柱花药材(批号为NK01)适量, 粉碎, 过4号筛, 取粉末0.2 g(精确至0.000 1 g), 加甲醇25 mL(精确至0.01 mL), 密塞, 称定质量, 超声处理30 min, 冷却至室温, 再次称定质量, 用甲醇补足减失的质量, 摇匀, 经0.22 μm滤膜滤过, 取续滤液, 即得供试品溶液。

取干燥至恒定质量的木犀草素、异荛草苷、獐牙菜苦

苷、芒果苷、当药黄素对照品各适量,精密称定,分别加甲醇制备成质量浓度分别为12.9,12.6,9.1,9.8,11.4 mg/L的单一对照品贮备液,用于优化质谱条件。其他梯度浓度的对照品溶液由甲醇稀释单一对照品贮备液获得。

2.3 方法学考察

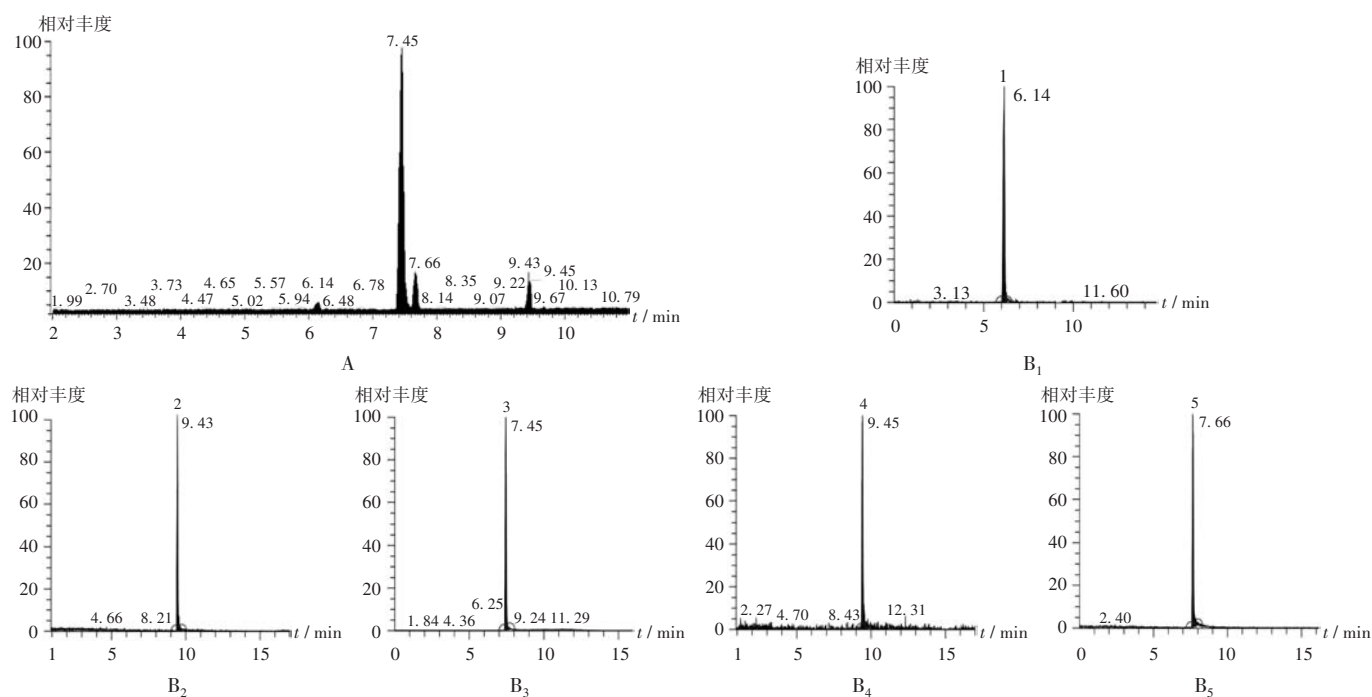
专属性试验:取2.2项下供试品溶液适量,按2.1项下试验条件进样测定,木犀草素、异荭草苷、獐牙菜苦苷、芒果苷、当药黄素均能有效分离,色谱峰峰形对称,表明方法专属性强。详见图1。

线性关系考察:取2.2项下各单一对照品贮备液适量,用甲醇逐级稀释成系列混合对照品溶液,按2.1项下试验条件进样测定,以峰面积(Y)为纵坐标、待测化合物质量浓度(X , mg/L)为横坐标进行线性回归。结果见表3。

检测限与定量限确定:取线性关系考察项下混合对照品溶液适量,按2.1项下试验条件进样测定,以信噪比(S/N)为3时的质量浓度为检测限,以 S/N 为10时的质量浓度为定量限。结果见表3。

精密度试验:取线性范围低、中、高质量浓度混合对照品溶液,按2.1项下试验条件1 d内连续进样测定6次及连续测定6 d,根据回归方程计算质量浓度,并记录峰面积和保留时间。结果见表3,表明仪器精密度良好。

稳定性试验:取药材(批号为NK01)粉末适量,按2.2项下方法制备供试品溶液,分别于室温下放置0,2,4,8,16,24 h时按2.1项下试验条件进样测定,根据回归方程计算质量浓度。结果木犀草素、异荭草苷、獐牙菜苦苷、芒果苷、当药黄素峰面积的RSD分别为1.83%,0.92%,1.15%,1.86%,1.58% ($n=6$),表明供



1. 木犀草素 2. 异荭草苷 3. 獐牙菜苦苷 4. 芒果苷 5. 当药黄素

A. 总离子流图 B₁ - B₅. 二级质谱图

图1 超高效液相色谱-三重四极杆串联质谱图

1. Luteolin 2. Isoorientin 3. Swertimarin 4. Mangiferin 5. Swertisin

A. TIC chromatograms B₁ - B₅. Second order mass spectrum

Fig.1 UPLC-QQ-MS/MS spectrum

表3 线性关系考察、检测限与定量限确定、精密度试验结果

Tab.3 Results of the linear relation test, LOD, LOQ and the precision test

成分	回归方程	R^2	线性范围 (mg/L)	检测限 ($\mu\text{g/L}$)	定量限 ($\mu\text{g/L}$)	日内精密度试验的RSD(% , $n=6$)		日间精密度试验的RSD(% , $n=6$)	
						峰面积	保留时间	峰面积	保留时间
木犀草素	$Y = 389\ 654 X - 1\ 389$	0.999 0	0.404 1~12.931 2	0.521 0	1.510 9	2.05	0.23	2.13	0.29
异荭草苷	$Y = 351\ 920 X - 1\ 505$	0.999 1	0.392 2~12.550 4	1.319 8	3.931 2	1.83	0.20	1.69	0.22
獐牙菜苦苷	$Y = 1\ 352\ 854 X - 2\ 967$	0.999 5	0.283 8~9.081 6	0.813 3	2.709 6	2.65	0.30	3.15	0.33
芒果苷	$Y = 253\ 093 X - 7\ 088$	0.999 2	0.305 5~9.776 0	1.219 4	4.024 1	1.99	0.51	2.67	0.56
当药黄素	$Y = 609\ 540 X + 4\ 594$	0.999 4	0.356 7~11.414 4	2.083 0	6.736 5	2.37	0.42	3.46	0.60

试品溶液室温下放置24 h内稳定性良好。

重复性试验:取药材(批号为NK01)粉末0.2 g,精密称定,共6份,按2.2项下方法制备供试品溶液,按2.1项下试验条件进样测定,记录峰面积,并计算含量。结果木犀草素、异荭草苷、獐牙菜苦苷、芒果苷、当药黄素含量的RSD分别为1.62%, 2.00%, 0.89%, 1.96%, 1.02% (n=6),表明方法重复性良好。

加样回收试验:分别取6份已知含量的药材(批号为NK01)粉末0.1 g,精密称定,等量精密加入混合对照品溶液,按2.2项下方法制备供试品溶液,按2.1项下试验条件进样测定,记录峰面积,并计算回收率。结果均符合AOAC Guidelines for Single Laboratory Validation of Chemical Methods for Dietary Supplements and Botanicals对供试品中回收率限度的要求。详见表4。

表4 加样回收试验结果(n=6)

Tab. 4 Results of the recovery test (n=6)

成分	样品含量(μg)	加入量(μg)	测得量(μg)	回收率(%)	\bar{X} (%)	RSD(%)
木犀草素	64.51	70.22	132.36	96.62	94.83	1.49
	64.70	70.22	130.18	93.25		
	65.86	70.22	131.68	93.73		
	64.64	70.22	130.57	93.89		
	65.41	70.22	132.26	95.20		
	64.38	70.22	131.97	96.25		
异荭草苷	72.58	78.64	143.89	90.68	92.30	2.50
	72.79	78.64	145.01	91.84		
	74.09	78.64	146.08	91.54		
	72.72	78.64	148.54	96.41		
	73.58	78.64	144.37	90.02		
	72.43	78.64	145.79	93.29		
獐牙菜苦苷	4954.32	5030.53	10050.15	101.30	100.47	0.92
	4969.06	5030.53	10029.33	100.59		
	5057.54	5030.53	10047.37	99.19		
	4964.15	5030.53	10032.92	100.76		
	5023.13	5030.53	10029.15	99.51		
	4944.49	5030.53	10048.00	101.45		
芒果苷	102.82	110.38	209.36	96.52	95.13	0.91
	103.12	110.38	208.03	95.04		
	104.96	110.38	208.51	93.81		
	103.02	110.38	207.98	95.09		
	104.24	110.38	209.50	95.36		
	102.61	110.38	207.44	94.97		
当药黄素	393.12	360.39	738.49	95.83	95.53	1.48
	394.29	360.39	742.21	96.54		
	401.31	360.39	739.06	93.72		
	393.90	360.39	740.96	96.30		
	398.58	360.39	736.68	93.82		
	392.34	360.39	741.85	96.98		

2.4 样品含量测定

分别取12批不同产地药材样品,按2.2项下方法制备供试品溶液,按2.1项下试验条件进样测定,记录峰面积,带入回归方程计算含量。结果见表5。

表5 肋柱花药材样品中5种活性成分含量测定结果(mg/g)

Tab. 5 Results of the content determination of five active components in Lomatogonii Rotati Herba (mg/g)

批号	木犀草素	异荭草苷	獐牙菜苦苷	芒果苷	当药黄素	合计
NK01	0.64	0.72	49.15	1.02	3.90	55.43
NK02	0.59	0.54	48.64	1.31	2.43	52.51
NK03	0.81	0.65	46.88	0.96	4.77	54.07
NX01	0.71	0.77	54.08	0.98	4.62	61.16
NX02	0.98	0.54	50.23	0.87	5.11	57.73
NX03	0.88	0.89	61.44	0.75	3.86	67.82
QM01	0.61	0.61	36.49	0.88	4.78	43.37
QM02	0.54	0.95	40.12	0.81	2.14	44.56
QM03	0.66	0.71	33.87	0.66	3.95	39.85
GD01	0.54	0.79	45.21	0.96	5.33	52.83
GD02	0.77	0.91	40.19	0.72	4.55	47.14
GD03	0.52	0.84	36.84	0.88	3.90	42.98

2.5 PCA

以12批药材样品中5种活性成分的含量为变量,导入SIMCA 14.1软件进行PCA,前2个主成分累积方差贡献率为68%,其中第一主成分(PC1)的方差贡献率为36.30%,第二主成分(PC2)的方差贡献率为31.70%。木犀草素、当药黄素均在PC1方向上呈正相关,在PC2方向上呈负相关;獐牙菜苦苷、芒果苷在PC1和PC2 2个方向上均呈正相关;异荭草苷在PC1和PC2 2个方向上均呈负相关。PC1的最大贡献成分为木犀草素(0.6230)和獐牙菜苦苷(0.5205),PC2的最大贡献成分为芒果苷(0.7533)。详见表6和图2。

表6 肋柱花药材样品中5种活性成分对主成分的贡献值

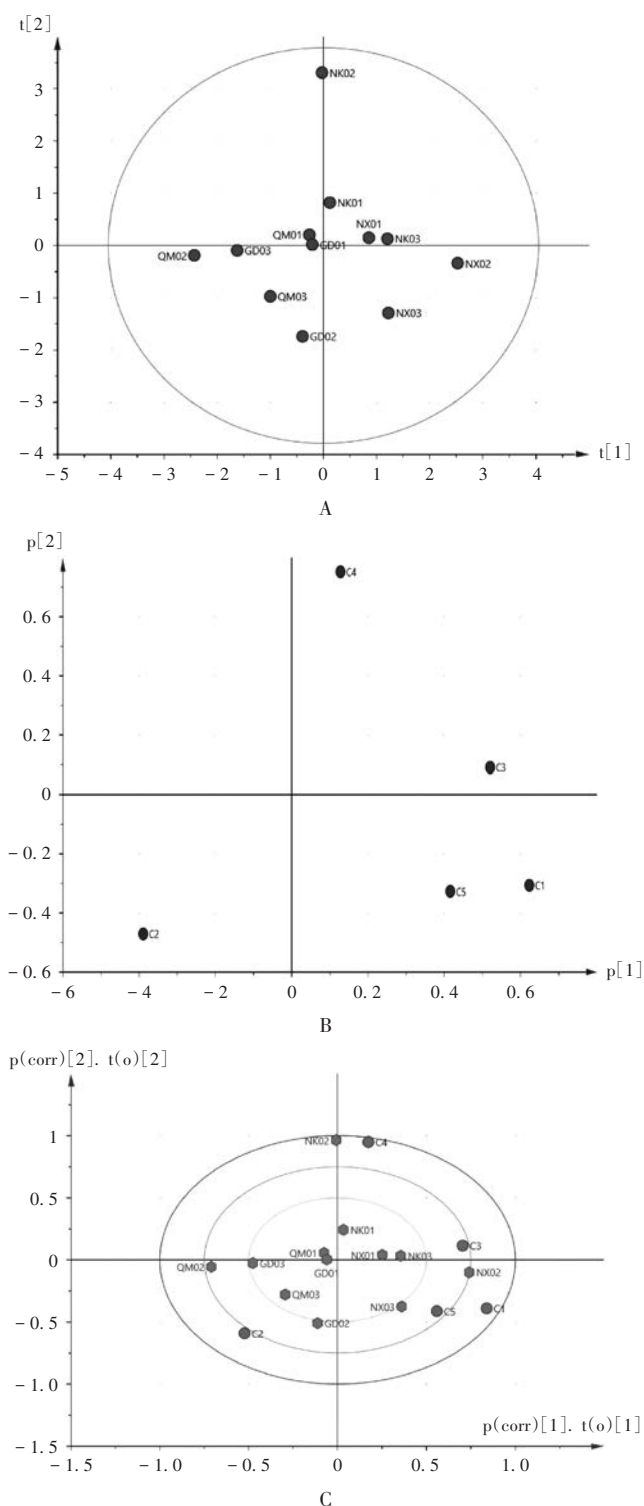
Tab. 6 The contribution values of five active components to the principal components in Lomatogonii Rotati Herba

成分	PC1	PC2
木犀草素	0.6230	-0.3072
异荭草苷	-0.3891	-0.4712
獐牙菜苦苷	0.5205	0.0913
芒果苷	0.1288	0.7533
当药黄素	0.4158	-0.3284

3 讨论

3.1 色谱与质谱条件选择

超声提取法广泛应用于天然药物的定量分析,较回流提取法具有方便、快速、消耗溶剂少的优点。预试验中采用甲醇超声提取法提取肋柱花,超声处理30 min、料液比为1:125(g:mL)时提取效率最高。



A. 得分散点图 B. 载荷散点图 C. 双标散点图

图2 肋柱花药材样品中5种活性成分的主成分分析结果

A. Scores plot B. Loading plot C. Biplot

Fig. 2 PCA results of five active components in *Lomatogonii Rotati Herba*

流动相系统考察了甲醇-水和乙腈-水对各活性成分含量的影响,结果显示无差异。考虑甲醇价格低、毒性小,故流动相选择甲醇-水。在甲醇-水中添加0.1%甲酸可明显抑制拖尾现象,改善色谱峰峰形,且

具有较高的离子化效率,便于质谱定量。加入5 mmol/L甲酸铵后环烯醚萜类成分獐牙菜苦苷即形成稳定的 $[M - NH_4]^+$ 准分子离子峰,故最终确定流动相为甲醇-含5 mmol/L甲酸铵的0.1%甲酸水溶液。

5种活性成分的对照品溶液采用外接蠕动泵直接进样的方法,以子离子响应最强时的参数来优化待测离子对的扫描模式、碰撞能量及最优质谱条件。其中,异荛草苷、獐牙菜苦苷、当药黄素在正离子模式下更稳定、响应值更高;木犀草素、芒果苷在负离子模式下易失去1个质子,生成稳定的 $[M - H]^-$ 的准分子离子峰。故采用MRM模式下正负离子切换扫描模式同时对5种活性成分进行定量分析。

3.2 样品含量测定结果分析

由表5可知,肋柱花药材样品中5种活性成分的总含量为39.85~67.82 mg/g,不同产地肋柱花药材的含量差异明显,其中以8月收集于内蒙古锡林郭勒盟东乌旗的总含量最高;环烯醚萜类化合物獐牙菜苦苷含量最多(33.87~61.44 mg/g),其次为当药黄素(2.14~5.33 mg/g),黄酮类成分芒果苷、木犀草素、异荛草苷在各个产地的药材样品中均含量较低,表明活性成分含量与原药材的产地及生长状态相关。

PCA结果显示,PC1和PC2的方差累积贡献率大于50%,且5种活性成分在2个主成分方向上呈不同的相关性。筛选出的木犀草素、獐牙菜苦苷、芒果苷可作为肋柱花药材的质量控制标志物。

3.3 方法评价

本研究中建立的UPLC-QQQ-MS/MS法操作简便、专属性强、结果准确、灵敏度高,可同时定量分析肋柱花药材中环烯醚萜类、黄酮类、吡啶类化合物,作为蒙药材肋柱花质量控制、药理活性、药代动力学等相关研究的参考依据,且对其进一步开发利用、推动民族医药事业的高质量发展有重要意义。

参考文献

- [1] 赵一之. 内蒙古肋柱花属植物分类及其地理分布研究[J]. 植物研究, 2004, 24(1): 7-8.
- [2] 李玉林, 丁晨旭, 王洪伦, 等. 辐状肋柱花的萜类成分[J]. 西北植物学报, 2006, 26(1): 197-200.
- [3] 内蒙古自治区卫生厅. 内蒙古蒙药材标准[M]. 赤峰: 内蒙古科学技术出版社, 1987: 162-163.
- [4] 杨维霞, 周乐, 耿会玲, 等. 龙胆科药用植物化学成分的研究现状[J]. 西北植物学报, 2003, 23(12): 2235-2240.
- [5] 罗成, 李艳, 龙建纲, 等. 异荛草素的药理作用[J]. 航天医学与医学工程, 2016, 29(5): 381-384.
- [6] 王美丽, 田香, 白玉霞. RP-HPLC法同时测定蒙药蓝盆花中木犀草素和芹菜素的含量[J]. 中国药房, 2016, 27(18): 2540-2542.