

UPLC-Q/TOF 法同时定性定量分析滇芹药材中主要化学成分

秦伟瀚¹, 冉继春¹, 叶良红², 花雷¹, 王云红¹, 郭延奎¹, 阳勇^{1*}

1. 重庆市中药研究院, 重庆 400065

2. 重庆市铜梁区中医院, 重庆 402560

摘要: **目的** 建立 UPLC-Q/TOF 法同时定性、定量分析滇芹中主要化学成分。**方法** 采用超高效液相色谱串联飞行时间质谱法进行分析, 色谱柱为 Agilent Poroshell 120 Hilic, 流动相为乙腈-0.1%甲酸水溶液, 梯度洗脱, 体积流量 0.3 mL/min; 定性、定量采用 Q-TOF 正负离子全扫描+IDA (信息关联采集) 模式。**结果** 利用已建立的筛查数据库将满足质量误差小于 5×10^{-6} 、同位素分布正确且含有二级碎片的离子作为分析目标化合物, 结合软件 Formula Finder、Mass Calculators 等功能、在线数据库 (Human Metabolome Database、PubChem、Chemical Book 等) 及二级碎片裂解规律, 共鉴定出 23 个化合物, 滇芹首次发现 4 个化合物。确定阿魏酸为定量分析指标性成分, 其定量、定性离子分别为 178 和 149; 阿魏酸检测质量浓度线性范围为 1.14~1 140 ng/mL ($r=1.000$), 检测限、定量限分别为 0.87、2.91 ng/mL, 精密度、稳定性、重复性试验的 RSD<2%, 加样回收率为 98.13%~101.25% (RSD=1.37%, $n=5$)。**结论** 该方法灵敏度高、重现性好, 分析快速、准确、可靠, 可用于同时定性、定量检测滇芹药材中主要化学成分; 云南滇芹中阿魏酸含量要高于西藏滇芹。

关键词: 滇芹; UPLC-Q/TOF; 阿魏酸; 6-(2-methoxyvinyl)-7-methyl-2H-1-benzopyran-2-one; 1-O- β -D-glucopyranosyl-1,3-octanediol; 2-pentylbutanedioic acid; 4,4-dimethylcholesta-8(9),14-dien-3 β -ol

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2018)15-3576-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2018.15.016

UPLC-Q/TOF method for simultaneous qualitative and quantitative analysis of main chemical constituents in medicinal materials of *Sinodielsia yunnanensis*

QIN Wei-han¹, RAN Ji-chun¹, YE Liang-hong², HUA Lei¹, WANG Yun-hong¹, GUO Yan-lei¹, YANG Yong¹

1. Chongqing Academy of Chinese Materia Medica, Chongqing 400065, China

2. Traditional Chinese Medicine Hospital of Tongliang, Chongqing 402560, China

Abstract: **Objective** To establish UPLC-Q/TOF method for simultaneous qualitative and quantitative analysis of main chemical components in *Sinodielsia yunnanensis*. **Methods** High performance liquid chromatography tandem flight time mass spectrometry was used. Chromatographic column was Agilent shell 120 Hilic, and the flow phase was acetonitrile-0.1% acid aqueous solution (gradient elution) at a flow rate of 0.3 mL/min; Qualitative and quantitative analysis adopted Q-TOF positive anion full scanning + IDA (information correlation acquisition) mode. **Results** Using the established screening database, the target compounds with a mass error of less than 5×10^{-6} , a correct isotope distribution and fragment ion are used as the target compounds. Combined with software Formula Finder, Mass Calculators and other functions, online database (Human Metabolome Database, PubChem, Chemical Book, etc.), and two stage fragmentation rule, 23 compounds were identified by qualitative identification. Ferulic acid was determined as a quantitative indicator component, and the quantitative and qualitative ions were 178 and 149, respectively; The linear range was 1.14—1 140 ng/mL ($r = 1.000$), and the limits of detection and quantitation respectively was 0.87 ng/mL and 2.91 ng/mL; RSDs of precision, stability, and reproducibility tests were lower than 2%; The recovery rate was 98.13%—101.25% (RSD = 1.37%, $n = 5$). **Conclusion** This method has high sensitivity, good reproducibility, and its analysis is fast, accurate, and reliable, and it can be used for simultaneous

收稿日期: 2018-02-01

基金项目: 国家科技重大专项 (2012ZX09103201-050); 重庆市科学技术委员会 (cstc2017shmsA130035, cstc2017shmsA130090, cstc2017jxjl-jbky120009, cstc2017jxjl-jbky130001); 重庆市卫生计生委科技项目 (ZY201702142); 重庆市铜梁区科技计划项目

作者简介: 秦伟瀚 (1982—), 男, 副研究员, 研究方向为中药新药开发及药物质量标准研究。Tel: (023)89029162 E-mail: qinweihaan8881@163.com

*通信作者 阳勇 (1979—), 男, 副研究员, 研究方向为中药新药开发及代谢组学研究。Tel: (023)89029162 E-mail: yangyongchem@126.com

qualitative and quantitative determination of main chemical components in the medicinal materials of *S. yunnanensis*; The content of ferulic acid in Yunnan is higher than that in Tibet.

Key words: *Sinodielsia yunnanensis* Wolff; UPLC-Q/TOF; simultaneous qualitative and quantitative analysis; ferulic acid; 6-(2-methoxyvinyl)-7-methyl-2H-1-benzopyran-2-one; 1-O- β -D-glucopyranosyl-1,3-octanediol; 2-pentylbutanedioic acid; 4,4-dimethyl-cholesta-8(9),14-dien-3 β -ol

滇芹 *Sinodielsia yunnanensis* Wolff 为伞形科滇芹属多年生草本植物滇芹的干燥根。其味苦辛、性温。具有解表利水、祛风止痛之功效^[1-3]。在云南本地俗称黄蘗本，将滇芹作为蘗本的习用品种使用，彝族用药名为“搓纳儿”，主要用于治疗上呼吸道感染、急性或慢性肾盂肾炎、偏头痛等症^[4-7]。传统认为滇芹主产地为云南省中西部^[8-9]，但通过实地考察，西藏自治区林芝地区该药材生药资源量也相当巨大，亦为主产地之一，在林芝被当地人称之为“土当归”，多将其作为一种日常食疗保健补品，民间使用量大且颇为频繁。

目前，对滇芹研究相对较少，化学成分方面的也鲜见报道^[10-14]。阿魏酸在伞形科植物中分布广泛，且为主要有效成分。根据《中国药典》2015年版对当归、川芎、蘗本等多味伞形科药材的相关规定，均以阿魏酸作为定量检测指标^[15]。本实验在采用 UPLC-Q/TOF 法定性分析滇芹化学成分的基础上，同时选择阿魏酸为定量成分对比分析了西藏滇芹和云南滇芹的含量差异。该实验结果有助于进一步开发和利用滇芹，并为其后续的质量控制提供科学依据。

1 仪器与材料

LC-30A 型超高效液相色谱仪，配置真空脱气机、二元高压泵、自动进样器、柱温箱（日本岛津公司）；TripleTOF4600 型四极杆串联飞行时间高分辨质谱仪，Analyst 1.6 工作站、PeakView1.2.0.3 数据处理软件、MultiQuant 2.1 数据处理软件（美国 AB 公司）；高速中药粉碎机（广东新丰机械公司）；CPA225D 十万分之一分析天平（德国赛多利斯公司）；HH-S8 水浴锅（江苏新宝仪器公司）；KH-55A 烘箱（广东康恒公司）。

西藏、云南滇芹药材样品分别购于林芝和德宏。经重庆市中药研究院生药所秦松云研究员鉴定为伞形科植物滇芹 *Sinodielsia yunnanensis* Wolff 的干燥根。乙腈、水（色谱纯，德国 Merck 公司）；甲酸（色谱级，美国 ACS 公司）；甲醇（分析纯，重庆川东化工公司）；对照品阿魏酸（批号 110773-200611）购自中国食品药品检定研究院，供定量测定用，HPLC 法测定质量分数 $\geq 98\%$ 。

2 方法与结果

2.1 色谱条件

色谱柱为安捷伦 Poroshell 120 Hilic (100 mm $\times$ 2.1 mm, 2.7 μ m)；流动相 A 为甲酸水溶液 (0.1%)，流动相 B 为乙腈，梯度洗脱程序：0~7 min, 100%~15% B；7~11 min, 15% B；11~11.5 min, 15%~100% B；11.5~15 min, 100% B；体积流量 0.3 mL/min；柱温 30 $^{\circ}$ C；进样体积 2 μ L。

2.2 质谱条件

TOF-MS 采用正负离子同时扫描+IDA（信息关联采集）：雾化气压力 379 kPa；气帘气压力 172 kPa；辅助气压力 379 kPa；离子源温度 600 $^{\circ}$ C；喷雾电压 5 500、-4 500 V；簇裂解电压 60 V；碰撞能量 40 V；碰撞能量滚动范围 15 V。扫描范围 m/z 50~1 000。监测响应值超过 1 000 cps 的化合物，并得到其子离子信息；TOF 全扫描获得的高质量精度数据用于筛选及定量分析，IDA 采集可获得尽可能多的二级碎片离子信息用于定性确证。

2.3 供试品溶液制备

取滇芹药材粉末约 0.5 g，精密称定，置 100 mL 圆底烧瓶中，加入 70%甲醇 50 mL，称定质量，于水浴锅 80 $^{\circ}$ C 回流 1.5 h，取出，放冷至室温，再次称定质量，并以 70%甲醇补足减失质量，混匀，过 0.22 μ m 微孔滤膜，即得。

2.4 滇芹化学成分定性分析

2.4.1 定性分析方法 色谱、质谱条件及供试品制备按“2.1”~“2.3”项下方法进行；通过文献资料查找到同为伞形科植物的当归、川芎及蘗本化学成分 140 余种^[16-23]，建立起滇芹化学成分筛查数据库；再将数据库化学式分类导入 PeakView 软件，以满足质量误差小于 5×10^{-6} 、同位素分布正确且有二级碎片的化合物确认为目标物质，并结合 PeakView 软件 FormulaFinder 等功能、在线数据库及二级碎片碎裂规律，进行数据定性鉴定处理分析。

2.4.2 定性分析结果 从滇芹醇提样品中共找到 64 个化合物，确认结构的有 23 个，其中 4 个为文献未报道的物质，基于定性结果选择提取离子流（XIC）丰度高、干扰小的阿魏酸作为检测成分，并对

其定量、定性离子对做进一步选择分析, 结果表明 m/z 178 碎片更适合作为定量分析离子。滇芹定性鉴定结果见表 1, 阿魏酸二级谱图及裂解规律见图 1。

2.4.3 其他化合物裂解规律分析 将二级质谱中母离子精确分子质量输入 Human Metabolome、Chem Spider、metlin 等在线数据库, 采用 PeakView 软件 Mass Calculators 功能对每个碎片离子差值进行计

算, 结合二级碎片裂解规律, 认为理论值与实测值之差小于 0.01, 即为该化合物可能的裂解方式。4 个新发现的化合物的二级质谱及可能的裂解规律图见图 2~5。

2.5 滇芹中阿魏酸定量测定

2.5.1 阿魏酸定量检测方法 色谱、质谱条件及供试品制备按“2.1”~“2.3”项下方法进行。Q-TOF

表 1 滇芹 UPLC-Q/TOF 分析结果

Table 1 Analysis results for *S. yunnanensis* by UPLC-Q/TOF

编号	t_R/min	离子峰 归属	m/z		二级碎片离子	偏差 ($\times 10^{-6}$)	分子式	鉴定结果
			实测值	理论值				
1	0.90	$[\text{M}-\text{H}]^-$	341.107 8	341.108 9	179.054 3, 161.043 7	3.2	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	蔗糖
2	0.93	$[\text{M}-\text{H}]^-$	179.054 7	179.056 1	101.025 0, 89.023 5	7.8	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	甘露糖
3	1.18	$[\text{M}+\text{H}]^+$	355.173 7	355.172 4	163.040 0, 135.044 4	0.7	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_9$	绿原酸
4	1.20	$[\text{M}+\text{H}]^+$	163.037 5	163.039 0	145.029 3, 117.034 1	0.9	$\text{C}_9\text{H}_6\text{O}_3$	伞形香豆素
5	1.40	$[\text{M}-\text{H}]^-$	167.033 8	167.035 0	152.007 4, 123.043 7	0.7	$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_4$	香草酸
6	1.41	$[\text{M}-\text{H}]^-$	179.034 6	179.035 0	135.043 2, 117.032 0, 107.049 3	2.2	$\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	咖啡酸
7	1.60	$[\text{M}+\text{H}]^+$	247.097 2	247.096 5	229.086 3, 213.054 6, 175.039 3, 147.043 7	2.5	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_4$	新白当归醇
8	1.61	$[\text{M}+\text{H}]^+$	409.148 9	409.149 3	247.098 1, 229.087 3, 187.040 6	0.8	$\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_9$	紫花前胡苷
9	2.07	$[\text{M}-\text{H}]^-$	193.049 8	193.050 6	178.023 3, 149.058 2, 134.034 3	4.1	$\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_4$	阿魏酸
10	3.38	$[\text{M}-\text{H}]^-$	205.086 8	205.085 9	227.068 9, 211.037 3, 187.036 7	4.1	$\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{O}_4$	二氢欧山芹醇
11	4.45	$[\text{M}+\text{H}]^+$	217.050 3	217.049 5	202.027 0, 174.032 9, 161.060 6, 118.042 0	3.8	$\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_3$	6-(2-methoxyvinyl)-7-methyl-2H-1-benzopyran-2-one●
12	5.90	$[\text{M}-\text{H}]^-$	307.073 6	307.072 7	179.030 7, 161.019 4	2.9	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_7$	1-O- β -D-glucopyranosyl-1,3-octanediol●
13	6.15	$[\text{M}+\text{H}]^+$	195.138 3	195.137 9	177.127 7, 149.133 6	3.9	$\text{C}_{12}\text{H}_{18}\text{O}_2$	蛇床内酯
14	6.42	$[\text{M}+\text{H}]^+$	191.107 4	191.106 7	173.097 0, 145.102 1, 115.054 9, 103.054 9	3.5	$\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_2$	蛇床酞内酯
15	6.44	$[\text{M}+\text{H}]^+$	189.091 0	189.091 4	171.082 0, 153.062 7, 143.085 4, 128.063 1	2.3	$\text{C}_9\text{H}_{16}\text{O}_4$	2-pentylbutanedioic acid●
16	6.53	$[\text{M}+\text{H}]^+$	329.139 8	329.138 4	247.097 7, 229.087 3, 213.055 6, 186.068 5	1.8	$\text{C}_{19}\text{H}_{20}\text{O}_5$	哥伦比亚内酯
17	6.98	$[\text{M}+\text{H}]^+$	279.231 7	279.231 9	261.221 9, 223.169 4, 209.154 6	1.2	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	亚麻仁油酸
18	7.53	$[\text{M}+\text{H}]^+$	413.380 7	413.377 8	299.275 7, 281.265 0	9.5	$\text{C}_{29}\text{H}_{48}\text{O}$	4,4-dimethylcholesta-8(9),14-dien-3 β -ol●
19	7.63	$[\text{M}+\text{H}]^+$	205.085 9	205.085 9	187.074 5, 149.023 8, 121.028 5	4.1	$\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{O}_3$	3-[(Z)-butylidene]-7-hydroxy-1(3H)-isobenzofuranone
20	7.63	$[\text{M}+\text{H}]^+$	279.159 8	279.159 1	149.024 1, 121.029 3	2.4	$\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$	邻苯二甲酸单乙基基酯
21	7.70	$[\text{M}+\text{H}]^+$	413.232 4	413.232 3	353.174 4, 191.107 4	0.5	$\text{C}_{25}\text{H}_{32}\text{O}_5$	川芎萜内酯
22	7.72	$[\text{M}+\text{H}]^+$	381.206 4	381.206 0	191.108 1, 173.097 4, 145.102 5	1.0	$\text{C}_{24}\text{H}_{28}\text{O}_4$	藁本内酯二聚体
23	7.88	$[\text{M}-\text{H}]^-$	259.170 2	259.170 4	189.127 9, 161.130 7, 149.131 6	0.6	$\text{C}_{17}\text{H}_{24}\text{O}_2$	发卡二醇

●-滇芹中未报道成分

●-unreported constituents in *S. yunnanensis*

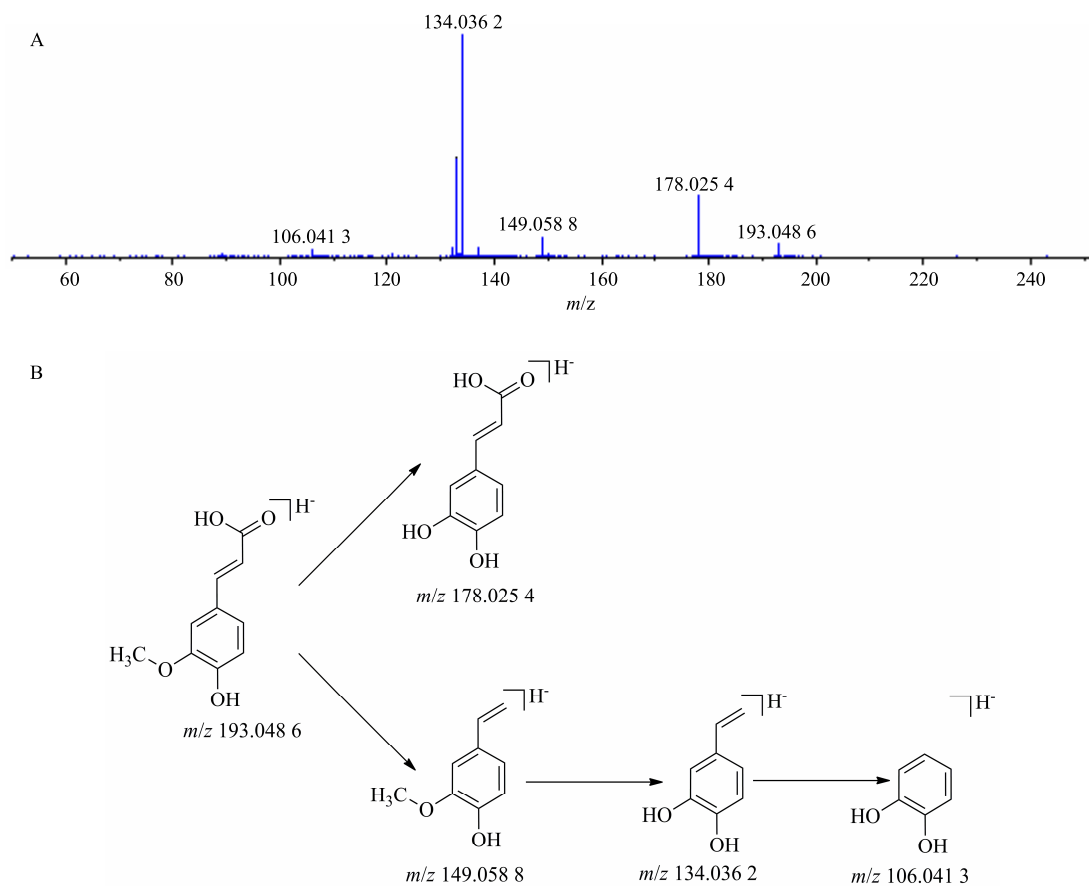


图 1 阿魏酸二级谱图 (A) 和可能的裂解规律 (B)

Fig. 1 MS/MS spectra (A) and possible fragmentation pathway (B) of ferulic acid

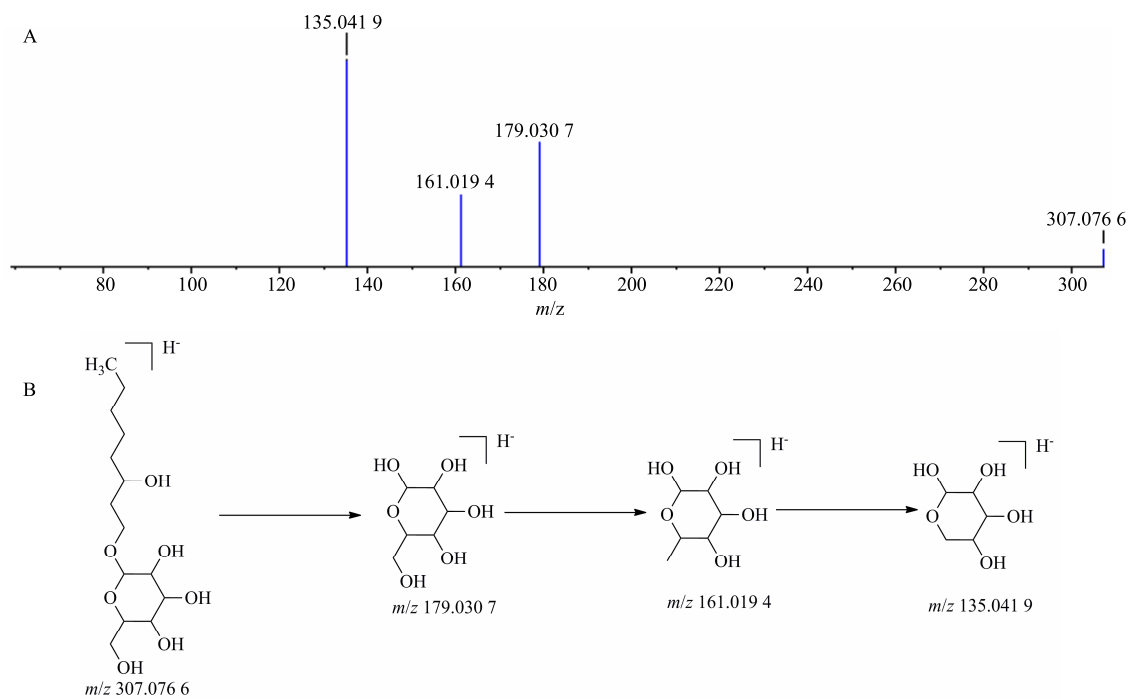


图 2 1-O-β-D-glucopyranosyl-1,3-octanediol 二级谱图 (A) 和可能的裂解规律 (B)

Fig. 2 MS/MS spectra (A) and possible fragmentation pathway (B) of 1-O-β-D-glucopyranosyl-1,3-octanediol

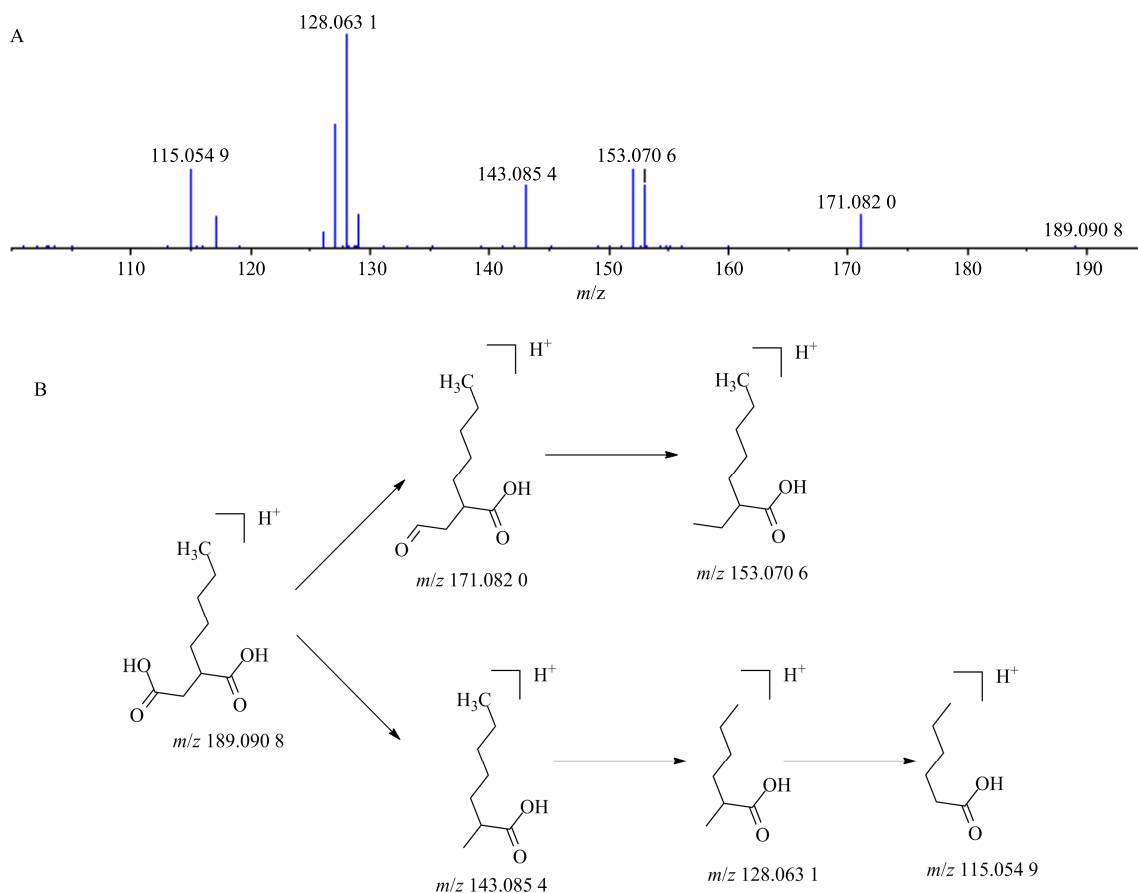


图 3 2-pentylbutanedioic acid 二级谱图 (A) 和可能的裂解规律 (B)

Fig. 3 MS/MS spectra (A) and possible fragmentation pathway (B) of 2-pentylbutanedioic acid

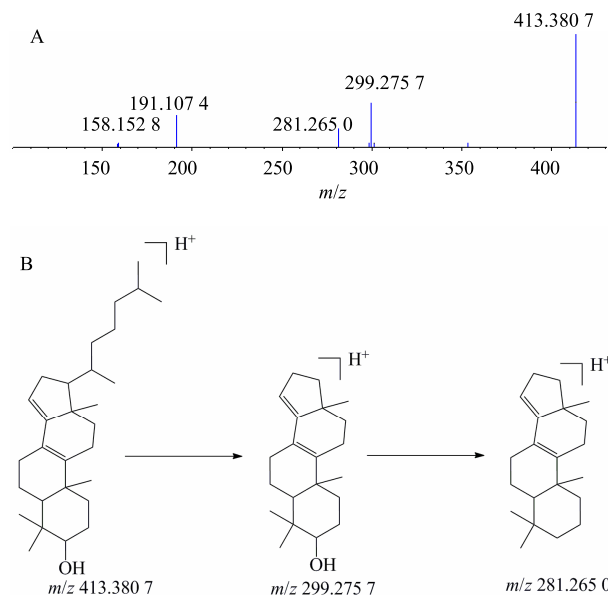


图 4 4,4-dimethylcholesta-8(9),14-dien-3β-ol 二级谱图 (A) 和可能的裂解规律 (B)

Fig. 4 MS/MS spectra (A) and possible fragmentation pathway (B) of 4,4-dimethylcholesta-8(9),14-dien-3β-ol

定量处理方法：母离子提取范围 m/z 193.04～193.06，定量离子提取范围 m/z 178.02～178.03，定性离子提取范围 m/z 149.05～149.06。样品、对照品的 TIC 及提取离子图见图 6。

2.5.2 对照品贮备液的制备 取阿魏酸对照品适量，精密称定，置于量瓶中，加色谱甲醇适量使溶解，配制质量浓度为 0.114 mg/mL 对照品贮备液。

2.5.3 检测限及定量限确认 取“2.5.2”项下对照品贮备液适量，进行逐级稀释，按照上述色谱、质谱条件进样检测，分别以目标化合物响应为基线噪音响应 3 倍 ($S/N=3$) 及 10 倍 ($S/N=10$) 时的质量浓度为其检测限 (LOD) 和定量限 (LOQ)；阿魏酸 LOD 为 0.87 ng/mL，LOQ 为 2.91 ng/mL。

2.5.4 线性关系考察 取“2.5.2”项下对照品贮备液适量，用色谱甲醇逐级稀释为 6 个不同质量浓度 (1 140、570、114、57、11.4、5.7 ng/mL) 对照品溶液，按上述色谱、质谱条件分别进样 2 μ L，以峰面积为纵坐标 (Y)，进样浓度为横坐标 (X)，得到线性回归方程 $Y=16.383\ 54\ X-199.774\ 30$ ($r=$

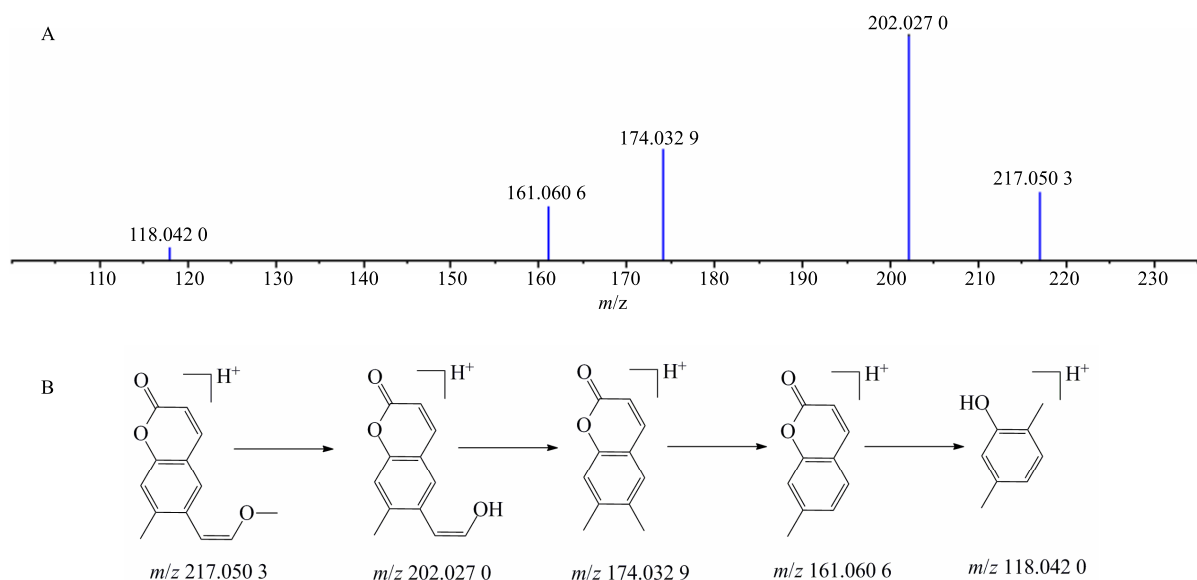
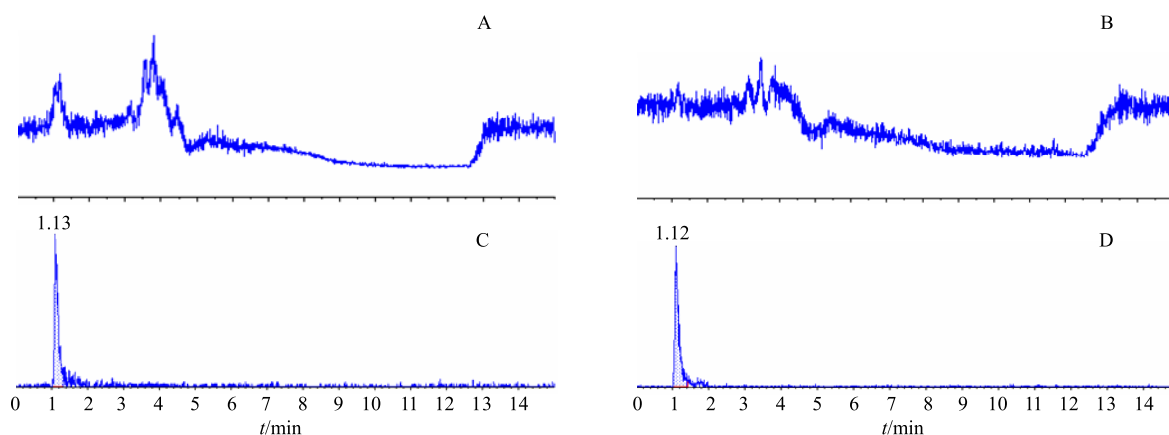


图 5 6-(2-methoxyvinyl)-7-methyl-2H-1-benzopyran-2-one 二级谱图 (A) 和可能的裂解规律 (B)

Fig. 5 MS/MS spectra (A) and possible fragmentation pathway (B) of 6-(2-methoxyvinyl)-7-methyl-2H-1-benzopyran-2-one



A-样品 TIC 图 B-标准品 TIC 图 C-样品提取离子图 D-对照品提取离子图
A-sample of TIC B-standard of TIC C-sample extraction ion diagram D-standard extraction ion diagram

图 6 样品及对照品 Q-TOF 谱图

Fig. 6 Q-TOF spectrogram of sample and control sample

1.000), 表明阿魏酸在 (1.14~1 140 ng/mL) 质量浓度范围内呈良好线性关系。

2.5.5 精密度试验 精密量取阿魏酸对照品溶液 2 μ L (阿魏酸质量浓度为 570 ng/mL), 连续进样 5 次, 记录峰面积, 计算 RSD 值, 为 1.17%, 表明仪器精密度良好。

2.5.6 重复性试验 精密称取云南滇芹药材样品 6 份, 按照“2.3”项下方法制备供试品溶液, 进样 2 μ L, 根据峰面积计算成分含量, 结果显示阿魏酸的平均质量分数为 0.004 2%, RSD 值为 1.23%, 表明该方法重复性良好。

2.5.7 稳定性试验 取同一供试品溶液 (云南滇芹药材样品), 按上述色谱、质谱条件, 分别于室温下放置 0、2、4、8、12 h 进样分析, 记录峰面积。结果显示阿魏酸峰面积 RSD 值为 1.44%, 表明该方法稳定性良好。

2.5.8 加样回收率试验 取云南滇芹药材样品 5 份各 0.25 g, 精密称定, 置于 100 mL 圆底烧瓶中, 精密加入对照品溶液 0.1 mL, 按“2.3”项下方法制备成供试品溶液, 进样测定, 记录峰面积, 计算加样回收率及 RSD 值, 结果平均回收率为 99.56%, RSD 值为 1.37%, 表明该方法回收率良好。

2.5.9 样品含量测定 精密称取2个产地滇芹药材粉末0.5 g,按照“2.3”项下制备供试品溶液,进样2 μL ,分别计算阿魏酸质量分数,结果西藏滇芹阿魏酸质量分数为0.003 1%,云南滇芹阿魏酸质量分数为0.004 2%。

3 讨论

3.1 提取方法优化

本实验考查了不同提取溶剂(甲醇、乙醇、5%甲酸甲醇、5%乙酸甲醇)、不同提取方法(冷浸、超声、索式、回流)、不同溶剂比例(60%、70%、80%、90%、100%)及不同提取时间(0.5、1.0、1.5、2.0 h),最终确定以70%的甲醇回流提取1.5 h为最佳的提取方案。

3.2 液相、质谱方法优化

本实验考察了甲醇-水、乙腈-水、甲醇-(0.1%甲酸)水溶液、乙腈-(0.1%甲酸)水溶液、乙腈-5 mmol/L 乙酸铵水溶液等流动相以及安捷伦 SB-C₁₈、Waters SunFire-C₁₈、安捷伦 Poroshell 120 Hilic 等色谱柱,根据化合物 TIC 峰响应值及峰形,最终确定以乙腈-(0.1%甲酸)水溶液为样品分析的流动相,安捷伦 Hilic 极性柱为样品分析色谱柱。

用针泵以10 $\mu\text{L}/\text{min}$ 恒定体积流量注射阿魏酸对照品,在 TOF MS 模式下,逐个微调雾化气(Gas1)、辅助加热气(Gas2)、气帘气(CUR)、喷雾电压(IS)、离子源温度(TEM)及喷雾针位置等离子源参数,以使总离子流的响应值达到最佳。

3.3 定性结果讨论

通过 PeakView 软件筛查从样品中共找到23个化合物,其中4个(化合物11、12、15、18)为滇芹、当归、川芎及藁本中文献未报道的物质,基于定性结果选择阿魏酸作为检测成分,根据二级裂解规律选择母离子脱甲基 $[\text{M}-\text{H}-\text{CH}_3]^-$ 的 m/z 178 碎片作为定量提取离子,该离子对干扰小、响应高,适合于阿魏酸定量分析。

3.4 定量结果讨论

根据《中国药典》2015年版规定,川芎阿魏酸含量不得低于0.1%,当归、藁本不低于0.05%^[15],云南、西藏滇芹样品均未能达到上述要求。云南滇芹样品中阿魏酸含量要明显高于西藏滇芹,当然仅凭一种或一类成分来评价中药材质量也存在一定的片面性。在伞形科植物中包括了很多日常食用的蔬菜和香料,西藏林芝民间将滇芹作为一种保健食品,

常用作炖汤佐料,从而也反映出滇芹不仅具有一定的保健功效,口感和营养也应该尚佳,能否将滇芹开发成一种新的药食两用保健品种,还有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 朱兆云, 罗天浩, 寸润林, 等. 大理中药资源志 [M]. 昆明: 云南民族出版社, 1991.
- [2] 云南省药材公司. 云南中药资源名录 [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 (精选本) [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998.
- [4] 江苏植物所. 新华本草纲要 (第2册) [M]. 上海: 上海科技出版社, 1988.
- [5] 张晓南. 《滇南本草》的整理研究野烟和黄藁本的生药学研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2007.
- [6] Pu F T, Peng Y L. Taxonomic notes on *Meeboldia* H. Wolff (Umbelliferae) [J]. *Acta Phytotaxonom Sin*, 2005, 43(6): 552-556.
- [7] 李云森, 叶晓雯, 廖心荣, 等. 云南习用藁本的品种考证 [J]. 中草药, 2001, 32(3): 67-69.
- [8] 单人骅, 余孟兰. 中国植物志 (五十五卷第一分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [9] 中科院昆明植物所. 云南植物志 (第7卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [10] 叶晓雯, 李云森, 赵庆, 等. 薄层扫描法测定黄藁本中滇芹素 B 的含量 [J]. 湖北中医学院学报, 2004, 6(3): 29-30.
- [11] 赵宇新. 滇芹中的4个愈创木内酯 [J]. 国外医学: 中医中药分册, 2004, 26(4): 246.
- [12] 叶晓雯, 李云森, 赵庆, 等. 黄藁本挥发油化学成分分析 [J]. 云南中医学院学报, 2000, 23(2): 16-18.
- [13] 江滨, 韦群辉, 阮志国, 等. 黄藁本精油成分的研究 [J]. 中国民族民间医药杂志, 1997(27): 27-30.
- [14] Wang N H, Taniguchi M, Tsuji D, et al. Sinodiellides E-H, four new guaianolides, from the root of *Sinodielsia yunnanensis* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2003, 51(5): 499-501.
- [15] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [16] 韦玮, 徐鬼, 杨秀伟. 规范化种植川芎化学成分研究 [J]. 中草药, 2017, 48(15): 3017-3025.
- [17] 李静, 魏玉海, 秦雪梅, 等. 基于 NMR 代谢组学技术的当归不同部位化学成分比较 [J]. 中草药, 2017, 48(7): 1409-1415.
- [18] 陶益, 陈西, 李伟东, 等. 当归炮制品9种化学成分的比较研究 [J]. 中药新药与临床药理, 2017, 28(1): 88-92.
- [19] 徐璨. 当归化学成分分离与鉴定 [J]. 亚太传统医药, 2016, 12(24): 42-43.
- [20] 高健, 王自梁, 郑阳, 等. 川芎的化学成分研究 [J]. 延边大学医学学报, 2017, 40(2): 100-102.
- [21] 靳春斌. 川芎的化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国社区医师, 2017, 33(16): 8.
- [22] 杨艳, 易进海, 黄志芳, 等. 川芎、当归和藁本中挥发油成分比较研究 [J]. 中药材, 2015, 38(6): 1212-1216.
- [23] 李兴博, 齐耀东, 刘海涛, 等. 新疆藁本化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2013, 38(10): 1543-1547.