

UPLC-ESI-Q-TOF-MS 法分析兖州卷柏化学成分

邹 瑾¹, 周金彩¹, 龙红萍^{2*}, 李 静³, 陈文明²

(1. 湖南科技职业学院, 湖南 长沙 410007; 2. 湖南中医药大学第一附属医院, 湖南 长沙 410007; 3. 中南大学湘雅药学院, 湖南 长沙 410013)

摘要: **目的** 通过超高效液相色谱-电喷雾四极杆-飞行时间质谱 (UPLC-ESI-Q-TOF-MS) 分析兖州卷柏 *Selaginella involvens* Spring 化学成分。**方法** 兖州卷柏 75% 乙醇提取液的分析采用 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱 (3.0 mm × 100 mm, 1.8 μm); 流动相 0.1% 甲酸 (A) -乙腈 (B), 梯度洗脱; 体积流量 0.4 mL/min。质谱应用 ESI 离子源; 正负离子模式下采集数据; 利用 Agilent Masshunter Qualitative Analysis 工作站中的分子特征提取 (MFE) 功能, 根据化合物的准确相对分子质量、质谱碎片离子信息, 结合 SciFinder 数据库、相关文献、对照品信息进行分析。**结果** 从兖州卷柏中共鉴定出 36 种成分, 包括黄酮类 11 种, 苯丙素和木脂素 8 种, 萜类 5 种, 酚酸类 7 种, 甾体类 4 种, 蒽醌类 1 种。其中, 儿茶素、圣草酚-7-O-葡萄糖苷、圣草酚、3'-羟基芫花素、芫花素、芹菜素为首次从兖州卷柏中发现。**结论** 该方法快速准确, 可为兖州卷柏的质量评价和应用开发提供参考。

关键词: 兖州卷柏; 化学成分; UPLC-ESI-Q-TOF-MS

中图分类号: R284.1

文献标志码: B

文章编号: 1001-1528(2018)10-2334-04

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.10.047

兖州卷柏为卷柏科植物兖州卷柏 *Selaginella involvens* Spring 的全草,《本草图经》中记载其具有清热利湿、止咳、止血、解毒之功效,在民间被广泛使用^[1]。现代研究表明,其化学成分主要为双黄酮类、苯丙素和木脂素类、酚酸类、甾体类等^[2-6],提取物具有抗肿瘤、抗菌、抗氧化、免疫调节等作用^[7-8]。本课题组长期以来一直致力于卷柏类植物化学成分的研究^[9-16],目前相关方法主要是传统的先分离纯化,再利用波谱技术鉴定其结构,分析模式烦琐,存在重复分离已知成分、获得新成分纯品困难等问题;在质量控制方面仅采用 HPLC 法^[17],尚未见质谱分析报道。由于液质联用技术的高分离度、高灵敏度、高准确度在中药成分分析鉴定中呈现出强大的优势^[18],故本研究采用 UPLC-ESI-Q-TOF/MS 法对兖州卷柏化学成分进行分析,可为快速确定其活性成分和建立其质量控制提供数据支撑。

1 仪器与材料

Agilent 1290UPLC-6540 accurate mass Q-TOF 色谱-质谱联用仪 (美国安捷伦科技公司); MassHunter 质谱工作站 (美国 Agilent 公司); 超声仪 (上海科导超声仪器有限公司); Biofuge primoR 台式离心机 (美国 Thermo 公司); Milli-Q 超纯水制备仪 (美国 Millipore 公司); XS105 电子分析天平 (瑞士 Mettler-Toledo 公司)。乙腈为色谱纯 (德国

Merck Millipore 公司)。

3-羟基芫花素 (批号 121722-201603)、芫花素 (批号 121706-201603)、芹菜素 (批号 121675-201604) 对照品均购自中国食品药品检定研究院; 穗花杉双黄酮、罗波斯塔双黄酮、橡胶树双黄酮、尧花酚、4'-氧-甲基穗花杉双黄酮、银杏双黄酮均为自制 (含量均 > 99%)。

兖州卷柏于 2009 年 7 月采自于广西壮族自治区兴安县猫儿山,由厦门大学生命科学学院李振基教授鉴定为正品,标本 (200900167) 保存于中南大学湘雅药学院药物化学教研室。

2 方法

2.1 色谱、质谱条件

2.1.1 色谱条件 Agilent ZORBAX Eclipse Plus C₁₈ 色谱柱 (3.0 mm × 100 mm, 1.8 μm); 正离子模式下流动相乙腈 (A) -水 (B, 含 0.1% 甲酸), 负离子模式下流动相乙腈 (A) -水 (B, 含 5 mmol/L 乙酸铵), 梯度洗脱 (0 ~ 10 min, 5% ~ 15% A; 10 ~ 20 min, 15% ~ 30% A; 20 ~ 30 min, 30% ~ 70% A; 30 ~ 40 min, 70% ~ 95% A); 体积流量 0.4 mL/min; 进样量 2 μL。

2.1.2 质谱条件 电喷雾离子化 (ESI), 准确质量数用 ESI-L Low Concentration Tuning Mix (G1969-85000) 校正,

收稿日期: 2017-09-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31370370); 湖南省教育厅基金一般项目 (15C1030)

作者简介: 邹 瑾 (1976—), 女, 硕士, 讲师, 从事中药新药研究与开发。Tel: 15974163306, E-mail: 646717862@qq.com

* **通信作者:** 龙红萍 (1984—), 女, 博士, 主管药师, 从事天然产物活性成分与新药开发研究。Tel: (0731) 85369253, E-mail: longhongping84@163.com

网络出版日期: 2017-10-20

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1368.R.20171020.1437.002.html>

正负离子分析模式，MRE 扫描方式。扫描检测 m/z 100 ~ 1 500；除溶剂气氮气；干燥气温度 325 ℃，体积流量 6.8 L/min；鞘气温度 350 ℃；毛细管电压 4.0 kV；Fragment 电压 110 V，扫描范围 m/z 100 ~ 1 700。

2.2 供试品溶液制备 药材粉碎，过 40 目筛，精密称取 5 g，加 50 mL 75% 乙醇加热回流提取 3 次，每次 2 h，合并提取液，减压回收乙醇至无醇味，冷冻干燥至棕褐色粉末（0.3 g），加 25 mL 甲醇超声溶解，8 000 r/min 离心 5 min，取上清液，摇匀，0.22 μm 微孔滤膜过滤，即得。

2.3 对照品溶液制备 精密称取 3'-羟基芫花素、芫花素、芹菜素、穗花杉双黄酮、罗波斯塔双黄酮、尧花酚、4'-氧-甲基穗花杉双黄酮、银杏双黄酮对照品各 2.0 mg，置于 10 mL 量瓶中，70% 甲醇超声溶解并定容，制成 200 μg/mL 贮备液，进样前 70% 甲醇稀释 10 倍，0.22 μm 微孔滤膜过滤，即得。

3 结果

3.1 化学成分分析 通过 UPLC-ESI-Q-TOF/MS 法进行定性分析，总离子流图见图 1。采用 Agilent Masshunter Quali-

tative Analysis 工作站中的分子特征提取（MFE）功能，通过设定合适的阈值参数，对总离子流图进行提取，获得化合物准离子分子峰（如 $[M + H]^+$ 、 $[M + Na]^+$ 、 $[M - H]^-$ ）信息，根据供试品色谱保留时间、质谱准分子离子峰、碎片离子等信息，结合 SciFinder 数据库、相关文献、对照品信息进行数据分析，鉴定出 36 种成分（图 1 和表 1），其中包括 11 种黄酮类（峰），8 种苯丙素和木脂素，5 种萜类，7 种酚酸类，4 种甾体类和 1 种蒽醌类。

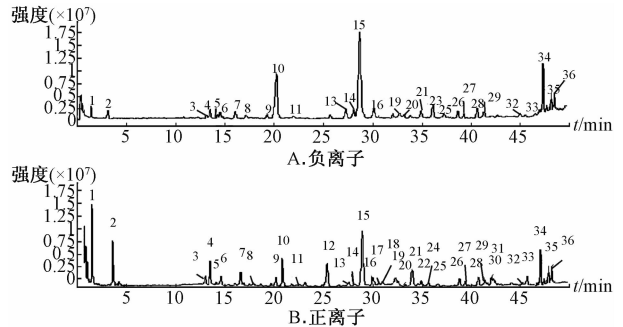


图 1 兖州卷柏总离子流图

表 1 兖州卷柏 UPLC-UPLC-ESI-Q-TOF/MS 鉴定结果

峰号	离子模式	t_R /min	相对分子质量		误差	特征碎片	分子式	化合物
			实测值	理论值				
1	-	1.683	169.014 1	169.020 8	-1.1	125, 97, 79	C ₇ H ₆ O ₅	没食子酸
2	+	3.664	181.052 1	181.045 6	0.7	137	C ₉ H ₈ O ₄	咖啡酸
3	-	13.612	289.070 8	289.078 1	-0.2	245, 203, 187	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	儿茶素
4	-	13.803	197.043 6	197.048 7	-0.2	182, 137, 95	C ₉ H ₁₀ O ₅	丁香酸
5	-	14.125	137.123 1	137.120 7	0.3	109	C ₇ H ₆ O ₃	原儿茶醛
6	-	14.781	137.123 2	137.120 7	0.3	93	C ₇ H ₆ O ₃	对羟基苯甲酸
7	-	16.315	177.083 6	177.062 8	1.6	152, 123	C ₁₀ H ₁₀ O ₃	香草酸
8	-	17.263	449.142 2	449.113 8	1.3	287, 269	C ₂₁ H ₂₂ O ₁₁	圣草酚-7-O-葡萄糖苷
9	-	19.131	163.139 1	163.157 1	-0.3	119	C ₉ H ₈ O ₃	4-羟基肉桂酸
10	-	20.892	147.035 8	147.048 9	-0.4	103	C ₉ H ₈ O ₂	肉桂酸
11	-	22.086	287.062 1	287.058 7	0.3	269	C ₁₅ H ₁₂ O ₆	圣草酚
12	+	26.225	301.112 1	301.066 7	1.1	283, 273, 247	C ₁₆ H ₁₂ O ₆	3'-羟基芫花素
13	+	27.485	285.088 4	285.071 8	0.6	257, 241	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	芫花素
14	+	28.216	271.072 6	271.056 2	0.4	245	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	芹菜素
15	-	29.118	537.080 9	537.076 9	0.3	469, 443, 417, 375, 331	C ₃₀ H ₁₈ O ₁₀	穗花杉双黄酮
16	-	30.815	537.080 9	537.076 9	0.3	417, 309	C ₃₀ H ₁₈ O ₁₀	罗波斯塔双黄酮
17	+	31.413	419.201 3	419.162 8	1.2	401, 387, 192	C ₂₂ H ₂₆ O ₈	丁香脂素
18	+	31.898	423.187 4	423.161 0	0.6	408, 390, 225	C ₂₁ H ₂₆ O ₉	刺五加酮
19	+	33.014	375.140 6	375.139 9	0.1	357, 172	C ₂₀ H ₂₂ O ₇	尧花酚
20	+	33.908	361.200 1	361.160 6	0.4	343, 164	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	落叶松树脂醇
21	+	34.623	391.135 9	391.134 8	0.1	375, 169	C ₂₀ H ₂₂ O ₈	去甲络石苷元
22	-	35.015	551.107 3	551.104 9	0.2	536, 469, 443	C ₃₁ H ₂₀ O ₁₀	4'-氧-甲基穗花杉双黄酮
23	+	36.113	361.200 3	361.160 6	0.7	343, 182	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	异落叶松树脂素
24	-	36.215	565.137 4	565.123 3	0.3	483, 457	C ₃₂ H ₂₂ O ₁₀	银杏双黄酮
25	-	36.917	579.097 7	579.116 9	-0.8	497, 471,	C ₃₃ H ₂₄ O ₁₀	橡胶树双黄酮
26	+	38.874	457.352 1	457.363 7	-0.2	439, 367, 343	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	熊果酸
27	+	39.514	387.354 2	387.358 2	-0.1	369, 257	C ₂₇ H ₄₆ O	胆甾醇
28	-	42.011	593.147 8	593.151 8	-0.4	511, 485	C ₃₄ H ₂₆ O ₁₀	7, 4', 7'', 4'''-氧-四-甲基穗花杉双黄酮
29	-	42.498	283.063 5	283.068 1	-0.2	269, 241, 195	C ₁₆ H ₁₂ O ₅	大黄素甲醚
30	+	43.276	413.374 1	413.373 9	0.1	395, 205	C ₂₉ H ₄₈ O	豆甾醇
31	+	43.281	499.374 3	499.370 2	0.4	433, 403, 321	C ₃₂ H ₅₀ O ₄	熊果酸乙酸脂
32	-	44.725	455.113 5	455.113 3	0.1	407, 393, 365	C ₃₀ H ₄₈ O ₃	齐墩果酸
33	-	45.618	425.341 7	425.352 2	-1.3	407, 313	C ₃₀ H ₅₀ O	β-香树醇
34	-	47.013	425.327 4	425.352 2	-1.5	319, 289	C ₃₀ H ₅₀ O	羽扇豆醇乙酸酯
35	+	48.611	413.345 7	413.347 7	-0.2	384, 356, 314	C ₂₉ H ₅₀ O	β-谷甾醇
36	-	48.993	427.364 1	427.363 8	0.1	409, 381	C ₂₉ H ₄₈ O ₂	5α-豆甾烷-3, 6-二酮

3.2 黄酮化合物的质谱裂解规律分析 兖州卷柏中的黄酮类化合物主要为单黄酮和双黄酮,通过分析其在正离子质谱中的 $[M+Na]^+$ 、 $[M+H]^+$,以及在负离子质谱中相应的 $[M-H]^-$ 来确定相对分子质量,同时根据获得碎片峰的裂解规律鉴定结构。黄酮类苷元化合物在质谱解析中表现出了相似的裂解规律,如丢失中性碎片 CO (m/z 28 Da)、CO₂ (m/z 44 Da)、H₂O (m/z 18 Da),其中具有甲氧基取代的黄酮苷元二级串联质谱中均丢失甲基自由基 CH₃ (m/z 15 Da),黄酮苷脱去葡萄糖基 (m/z 162 Da)。通过这些特征丢失可以判断黄酮的基团取代情况,从而快速区分黄酮苷元的同分异构体。

以 8 号峰为例,它是圣草酚-7-O-葡萄糖苷的特征离子峰, m/z 451 $[M+H]^+$ 、473 $[M+Na]^+$ 、449 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 450,裂解过程见图 2。它脱去了 1 分子葡萄糖基 m/z 162,得到苷元离子峰 m/z 287 $[M-H]^-$,在此基础上继续脱去 H₂O (m/z 18 Da),得到 m/z 269 $[M-H-162-18]^-$,这是黄酮类有邻二羟基取代的脱水离子峰的特征。另外,8 号峰在相同质谱条件下与圣草酚-7-O-葡萄糖苷对照品的裂解规律和出峰时间一致,因此确定其为圣草酚-7-O-葡萄糖苷。

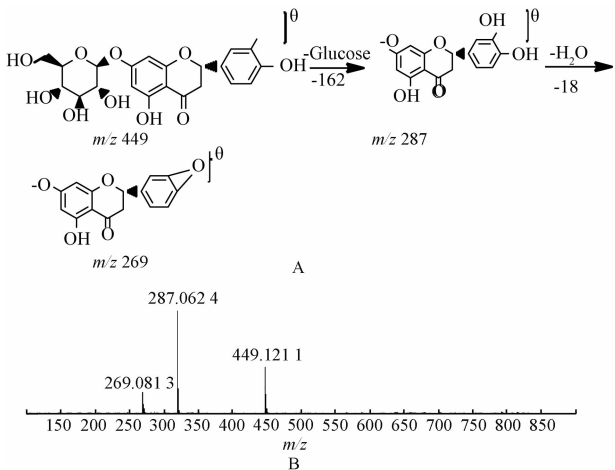


图 2 圣草酚-7-O-葡萄糖苷 (峰 8) 可能的裂解过程
(A) 及其质谱与对照品的比对图谱 (B)

另外,10 号峰是圣草酚的特征离子峰, m/z 289 $[M+H]^+$ 、311 $[M+Na]^+$ 、287 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 288。12 号峰是 3'-羟基茼蒿素的特征离子峰, m/z 301 $[M+H]^+$ 、323 $[M+Na]^+$ 、299 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 300。13 号峰是茼蒿素的特征离子峰, m/z 285 $[M+H]^+$ 、307 $[M+Na]^+$ 、 m/z 283 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 284。14 号峰是芹菜素的特征离子峰, m/z 271 $[M+H]^+$ 、293 $[M+Na]^+$ 、269 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 270。15 号峰是穗花杉双黄酮的特征离子峰, m/z 537 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 538,分子式为 C₃₀H₁₈O₁₀。16 号峰是罗伯斯塔双黄酮的特征离子峰, m/z 537 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 538,分子式为 C₃₀H₁₈O₁₀,与穗花杉双黄酮是同分异构体。22 号峰是 4'-氧-甲

基穗花杉双黄酮的特征离子峰, m/z 551 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 552,分子式为 C₃₁H₂₀O₁₀,与 15 号峰相比相差 14 (亚甲基),而且 22 号峰在相同质谱条件下与 4'-氧-甲基穗花杉双黄酮对照品的裂解规律和出峰时间相一致,因此确定其为 4'-氧-甲基穗花杉双黄酮。24 号峰是银杏双黄酮的特征离子峰, m/z 565 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 566,分子式为 C₃₂H₂₂O₁₀,与 15 号峰相比相差 28 (2 个亚甲基),而且 24 号峰在相同质谱条件下与银杏双黄酮对照品的裂解规律和出峰时间相一致,因此确定其为银杏双黄酮。25 号峰是橡胶树双黄酮的特征离子峰, m/z 579 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 580,分子式为 C₃₃H₂₄O₁₀,与 15 号峰相比相差 42 (3 个亚甲基),而且 25 号峰在相同的质谱条件下与橡胶树双黄酮对照品的裂解规律和出峰时间相一致,因此确定其为橡胶树双黄酮。28 号峰是 7, 4', 7'', 4''-氧-四-甲基穗花杉双黄酮-氧-四-甲基穗花杉双黄酮的特征离子峰, m/z 591 $[M-H]^-$,确定其相对分子质量为 592,分子式为 C₃₄H₂₆O₁₀,与 15 号峰相比相差 56 (4 个亚甲基),而且 28 号峰在相同质谱条件下与橡胶树双黄酮对照品的裂解规律和出峰时间相一致,故确定其为 7, 4', 7'', 4''-氧-四-甲基穗花杉双黄酮。

其中,儿茶素、圣草酚-7-O-葡萄糖苷、圣草酚、3'-羟基茼蒿素、茼蒿素和芹菜素为首次从兖州卷柏中发现。

4 讨论与结论

考察了 30%、50%、70% 乙醇作为提取溶剂制备兖州卷柏供试液的效果,发现 70% 乙醇提取物的总离子流峰最多,并根据色谱峰数量、峰形、柱效、分离度等参数,确定以其为最佳提取溶剂。在正离子色谱中,比较了乙腈-0.1% 甲酸和甲醇-0.1% 甲酸 2 种流动相,发现前者效果显著;负离子色谱的最佳流动相为乙腈-5 mmol/L 乙酸铵,分离度和离子化程度较好,梯度洗脱时可以得到良好的色谱峰形和较多的色谱峰数目。

综上所述,本实验通过 UPLC-ESI-Q-TOF-MS 法分析正负离子模式下质谱提供的准分子离子 $[M+H]^+$ 和 $[M-H]^-$ 数据,并结合质谱的高分辨率得到化合物的可靠相对分子质量,从而快速分析兖州卷柏提取物中的组分结构,这也是目前研究、推测中药成分的有效手段,可为该药材的质量控制,以及后续阐明其物质作用基础提供了详实的数据支撑。

参考文献:

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] Long H P, Zou H, Tan G S, et al. Flavonoids with 3'-aryl substituent from *Selaginella involvens* Spring [J]. *Fitoterapia*, 2015, 105(9): 254-259.
- [3] Long H P, Li F S, Xu K P, et al. Bioactive compounds from *Selaginella involvens* Spring that protect PC-12 cells [J]. *Chin Chem Lett*, 2014, 25(5): 805-808.
- [4] 龙红萍, 李福双, 谭桂山, 等. 兖州卷柏化学成分研究 (I)

[J]. 中成药, 2014, 36(5): 115-120.

[5] 龙红萍, 李福双, 徐康平, 等. 兖州卷柏肽类化学成分及其对缺氧/复氧 PC-12 细胞损伤的保护作用[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(6): 998-1003.

[6] 龙红萍, 谭桂山, 朱刚直, 等. 兖州卷柏苯丙素和木脂素类化学成分的研究[J]. 中草药, 2017, 47(21): 3773-3777.

[7] 谢永华, 温扬敏, 韩萍萍, 等. 兖州卷柏水提取物对四氯化碳致小鼠肝损伤的保护作用和抗氧化活性 (英文) [J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(2): 195-201.

[8] 谢永华, 温扬敏, 罗彩林, 等. 兖州卷柏乙醇提取物对食管癌细胞增殖及 NO-cGMP 通路的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2016, 28(3): 424-428.

[9] Banks J A, Nishiyama T, Hasebe M, *et al.* The *Selaginella* genome identifies genetic changes associated with the evolution of vascular plants[J]. *Science*, 2011, 332(6032): 960-963.

[10] Xu K P, Zou H, Tan Q, *et al.* Selaginellins I and J, two new alkynyl phenols from *Selaginella tamariscina* (Beauv.) Spring [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2011, 13(2): 93-96.

[11] Wang C J, Hu C P, Xu K P, *et al.* Effects of selaginellin on homocysteine-induced senescence in human umbilical vein endothelial cells[J]. *J Cardiovasc Pharmacol*, 2010, 55(6): 560-566.

[12] Zou H, Xu X P, Zou Z X, *et al.* A new flavonoid with 6-phenyl substituent from *Selaginella uncinata* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2013, 15(1): 84-88.

[13] Xu K P, Li J, Zhu G Z, *et al.* New selaginellin derivatives from *Selaginella tamariscina*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2015, 17(8): 819-822.

[14] Zou H, Xu K P, Li F S, *et al.* Unciflavones A-F, six novel flavonoids from *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring[J]. *Fitoterapia*, 2014, 99(1): 328-333.

[15] 谢 洋, 徐康平, 邹振兴, 等. 卷柏科植物化学成分多样性研究进展[J]. 中南药学, 2017, 15(2): 129-142.

[16] Zou H, Xu P S, Liu R, *et al.* Selacyclicbiflavone A, an unusual macrocyclic biflavone from *Selaginella uncinata* (Desv.) Spring[J]. *Tetrahedron Lett*, 2016, 57(8): 892-894.

[17] 龙红萍, 徐康平, 谭桂山, 等. 不同生长季节兖州卷柏中穗花杉双黄酮的含量变化[J]. 湖南师范大学学报 (医学版), 2011, 8(1): 76-78.

[18] 罗 芬. 液-质联用技术在中药分析中的应用[J]. 亚太传统医药, 2014, 10(11): 52-54.

五指毛桃香味萃取物成分分析

邓善滨¹, 陈坚平², 余楚钦^{1*}, 伍淑华³, 杨 怡¹, 杜孟姣¹
(1. 广东药科大学, 广东省药物新剂型重点实验室, 广东 广州 510006; 2. 中山大学附属第一医院, 广东 广州 510080; 3. 广州绿和缘生物科技有限公司, 广东 广州 510006)

摘要: **目的** 分析五指毛桃香味萃取物的化学成分。**方法** 采用亚临界流体萃取技术萃取五指毛桃的香味成分, 结合气质联用技术对香味萃取物进行成分分析。**结果** 五指毛桃亚临界萃取率高达 2.2%, 香味萃取物中共鉴定 16 种物质, 其中含有量较高的组分有齐墩果烷醋酸酯、补骨脂素、亚麻酸、棕榈酸、佛手柑内酯、油酸、角鲨烯、芥酸酰胺。**结论** 该方法简单快速, 可用于五指毛桃香味萃取物的成分分析。
关键词: 五指毛桃; 香味萃取物; 亚临界流体萃取; 气相色谱-质谱联用
中图分类号: R284.1 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-1528(2018)10-2337-03
doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2018.10.048

五指毛桃原植物为桑科粗叶榕 *Ficus hirta* Vahl. 多为灌木, 稀为小乔木, 全株密被粗毛, 主要分布在亚洲的温带和亚热带地区, 特别是在华南地区^[1]。五指毛桃被称为广东人参, 具有令人愉悦的椰奶香气, 已被客家人用于治疗肝炎、改善疲劳、增强抵抗力^[2]。研究表明, 五指毛桃具有良好的肝保护^[3]作用以及抗肿瘤^[4]、抗菌^[5]等生物活

性。五指毛桃产品开发过程中的提取、浓缩工艺会造成其香气损失, 采用水蒸气蒸馏收集香味成分收率低, 难满足大规模生产的需求。有关五指毛桃的挥发性成分, 已有文献[6-9]报道采用水蒸气蒸馏或有机溶剂(乙醚、无水乙醇)提取挥发油并进行 GC-MS 成分鉴定, 未见有文献报道五指毛桃的亚临界萃取以及对其亚临界萃取物的化学成分分析。

收稿日期: 2018-03-12
基金项目: 广东省科学技术厅-广东省中医药科学院联合科研项目 (2016A020226038)
作者简介: 邓善滨 (1994—), 男, 硕士生, 研究方向为药物研发与转化。Tel: 15975636692, E-mail: nh343147167@163.com
* 通信作者: 余楚钦 (1966—), 男, 高级工程师, 硕士生导师, 从事药物新剂型的开发研究。Tel: 13544501389, E-mail: pn333@163.com