

苗药大乌泡茎乙醇提取物的化学成分研究^Δ

杜士杰*,周郭宁,杨来娣,王兆岩(铜仁学院材料与化学工程学院,贵州 铜仁 554300)

中图分类号 R284.1 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2018)12-1644-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2018.12.14

摘要 目的:研究苗药大乌泡茎乙醇提取物的化学成分。方法:采用硅胶柱、制备液相色谱、Sephadex LH-20凝胶柱等对大乌泡茎乙醇提取物进行分离纯化,根据理化性质和波谱(质谱、氢谱、碳谱)数据分析鉴定化合物结构。结果:从大乌泡茎乙醇提取物中分离得到10个化合物,分别鉴定为5,4'-二羟基-8-(3,3-二甲基烯丙基)-2'',2''-二甲基吡喃[5,6:6,7]异黄酮(1)、3-羟基-1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯)-1-丙酮(2)、3 β -羟基豆甾-5-烯-7-酮(3)、羽扇豆醇(4)、松柏醛(5)、反式对羟基肉桂酸(6)、染料木黄酮(7)、1-O-对羟基肉桂酰单甘油酯(8)、东莨菪内酯(9)、山柰酚(10)。结论:化合物1~9均为首次从大乌泡植物中分离得到,化合物2、5、8为首次从悬钩子属植物中分离得到。该研究可为大乌泡的进一步开发利用奠定基础。

关键词 苗药;大乌泡;茎;乙醇提取物;化学成分;结构鉴定

Study on Chemical Constituents in Ethanol Extract from the Stem of Miao Medicine *Rubus multibracteatus*

DU Shijie, ZHOU Guoning, YANG Laidi, WANG Zhaoyan (College of Material and Chemical Engineering, Tongren University, Guizhou Tongren 554300, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To study the chemical constituents in ethanol extract from the stem of Miao medicine *Rubus multibracteatus*. METHODS: The ethanol extract from the stem of Miao medicine *R. multibracteatus* was isolated and purified by silica gel column, preparative liquid chromatography and Sephadex LH-20 gel column, etc. The structure of compounds were analyzed and identified according to physicochemical properties and spectrum data (MS, hydrogen spectrum and carbon spectrum). RESULTS: Ten compounds were isolated from the ethanol extract of *R. multibracteatus* stem, i.e. 5,4'-dihydroxy-8-(3,3-dimethylallyl)-2'',2''-dimethylpyrano [5,6:6,7] isoflavone (1), 3-hydroxy-1-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)propan-1-one (2), 3 β -hydroxysitosterol (3), Lupeol (4), Coniferaldehyde (5), *E-p*-hydroxy-coumaric acid (6), Genistein (7), 1-*O-p*-coumaroylglycerol (8), Scopoletin (9), and Kaempferol (10). CONCLUSIONS: Compound 1-9 are isolated from the plants of *R. multibracteatus* for the first time, and Compound 2, 5, 8 are isolated from the plants of *Rubus* L. for the first time. The study lays the foundation for further development and utilization of *R. multibracteatus*.

KEYWORDS Miao medicine; *Rubus multibracteatus*; Stem; Ethanol extract; Chemical constituent; Structure identification

大乌泡(*Rubus multibracteatus* Levl. et Vant.)又名乌袍、六月泡、倒生根、牛毛泡刺,为蔷薇科悬钩子属(*Rubus* L.)的一种落叶灌木^[1]。该植物分布于我国鄂、湘、滇、川、贵等地区,生长于海拔500~3 000 m的山坡、林缘或灌丛中,全株皆可入药,其味苦、性凉,入脾、肝二经,具有清热解毒、凉血、止血、祛风除湿及接骨等功效^[2]。大乌泡为常用苗药,是上市中药制剂龋齿宁含片中的一味重要药材,主要用于治疗龋齿痛及牙周炎^[3]。相关研究显示,大乌泡地上部分水提取物对小鼠具有良好的镇痛效果^[4],且其叶高极性粗提物的镇痛效果更佳^[5]。此外,大乌泡叶提取物对金黄色葡萄球菌、大肠埃希菌和白色念珠菌等病原菌均具有体外抑制作用^[6]。民间常针对不同病症使用大乌泡的不同部位,如清热解毒多以叶入药,

而治疗痢疾和倒经则以根、茎入药^[3,7],可见该植物不同部位所含的化学成分及其药理活性有所差异。但目前关于大乌泡化学成分的系统研究还十分有限,仅有少数研究证实其含有氨基酸、多糖和维生素等成分,并从大乌泡叶中分离出了山柰素-3-*O*- β -D-葡萄糖苷等8个化合物^[7-8]。故为更好地研究和利用大乌泡这一宝贵的苗药资源,并为其后续活性成分及基础研究提供参考,本课题组对大乌泡茎的乙醇提取物进行了化学成分研究,现报道如下。

1 材料

1.1 仪器

BrukerAV型400 MHz核磁共振仪(瑞士Bruker公司);Technologies 6120 Quadrupole型液质联用(LC-MS)仪(美国Agilent公司);X4型显微熔点测定仪(北京中仪博腾科技有限公司);LC-20A型高效液相色谱仪、LC-20AT型制备液相色谱仪(日本Shimadzu公司);RE-52A型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂);YO-

^Δ 基金项目:贵州省教育厅普通高等学校工程研究中心建设项目(No.黔教合KY字[2017]024);铜仁市科技计划项目(No.铜市科研[2016]73号)

* 副教授,博士。研究方向:天然产物化学。电话:0856-8121928。E-mail:dsj5216@163.com

KO-BF-III型薄层电动涂敷器(武汉药科新技术开发有限公司)。

1.2 试剂

Sephadex LH-20凝胶(40~120 μm,美国 Amersham Biosciences 公司);C₁₈反相色谱柱填料(75~150 μm,美国 Merck 公司);GF254薄层硅胶板及柱色谱用硅胶(100~200、200~300目)(青岛海洋化工有限公司);甲醇、乙腈为色谱纯,石油醚、乙酸乙酯、甲醇、乙醇等为分析纯,水为蒸馏水。

1.3 药材

试验药材由笔者于2016年10月采于贵州省铜仁市川硐镇,由铜仁学院材料与化学工程学院鲁道旺教授鉴定为悬钩子属(*Rubus* L.)大乌泡(*Rubus multibracteatus* Levl. et Vant.),标本(编号:WLTRCW20161015)保存于铜仁学院天然产物标本室。

2 提取与分离

取大乌泡茎30 kg,自然阴干后,粉碎成粗粉。取上述粗粉4.3 kg,经90%乙醇室温浸提2次(每次10 L,每次浸提时间为7 d),残渣用90%乙醇加热回流提取24 h,醇提液减压回收,得乙醇提取物浸膏623 g。将浸膏用蒸馏水1.5 L分散溶解,依次用等体积的石油醚、乙酸乙酯、正丁醇萃取各3次,合并相同溶剂萃取液,减压浓缩得到石油醚部位浸膏78.3 g、乙酸乙酯部位浸膏72.6 g、正丁醇部位浸膏90.4 g。

取石油醚部位浸膏50 g,经硅胶(100~200目)柱,以石油醚-乙酸乙酯(100:0,100:1,50:1,30:1,20:1,10:1,5:1,2:1,1:1,1:2,1:5,0:1, *V/V*)梯度洗脱,经薄层色谱法(TLC)鉴别后合并,得6个流分(Fr.1~Fr.6),对Fr.3、Fr.4进行细分,反复以上述混合溶液梯度洗脱,分别得到化合物1(17 mg)和化合物2(25 mg)。

取乙酸乙酯部位浸膏70 g,经硅胶(100~200目)柱,以石油醚-乙酸乙酯(100:0,100:1,30:1,20:1,10:1,7:1,5:1,3:1,2:1,1:1,1:3,1:5,0:1, *V/V*)梯度洗脱后,再以乙酸乙酯-甲醇(20:1, *V/V*)洗脱,洗脱液每2 L合并浓缩1次,经TLC法鉴别后合并,得13个流分(Fr.7~Fr.19)。其中,Fr.9经硅胶(200~300目)柱,以石油醚-乙酸乙酯(50:1,20:1,10:1,5:1,2:1, *V/V*)梯度洗脱,得11个亚流分(Fr.9A~Fr.9K)。其中,Fr.9A、Fr.9C、Fr.9D、Fr.9G、Fr.9J经制备液相色谱、Sephadex LH-20凝胶柱纯化,分别得到化合物3(17 mg)、化合物4(12 mg)、化合物5(9 mg)、化合物6(26 mg)和化合物7(18 mg)。Fr.11经硅胶(200~300目)柱,以石油醚-乙酸乙酯(50:1,20:1,10:1,5:1,2:1, *V/V*)梯度洗脱,得7个亚流分(Fr.11A~Fr.11G)。其中,Fr.11B、Fr.11D、Fr.11F经制备薄层色谱、

半制备液相色谱和Sephadex LH-20凝胶柱纯化,分别得到化合物8(13 mg)、化合物9(22 mg)和化合物10(14 mg)。

3 结构鉴定

化合物1~10的结构见图1。



图1 化合物1~10的结构

Fig 1 Structure of compound 1-10

化合物1:浅黄色晶体,分子式为C₂₀H₁₆O₅,熔点(mp):209~211 °C。电喷雾质谱(ESI-MS):*m/z* 337[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ: 12.89(1H, brs, 5-OH), 7.88(1H, s, H-2), 7.36(2H, d, *J*=8.4 Hz, H-2', H-6'), 6.86(2H, d, *J*=8.4 Hz, H-3', H-5'), 6.69(1H, d, *J*=10.4 Hz, H-4'), 6.30(1H, s, H-8), 5.60(1H, d, *J*=10.4 Hz, H-3''), 1.48(6H, s, 2''-CH₃)。 ¹³C-NMR(CDCl₃, 100 MHz) δ: 181.21(C-4), 159.77(C-7), 157.51(C-5), 156.98(C-9), 156.20(C-4'), 152.84(C-2), 130.47(C-2', C-6'), 128.38(C-3''), 123.79(C-3), 122.97(C-1'), 115.86(C-3', C-5'), 115.60(C-4''), 106.26(C-10), 105.78(C-6), 95.07(C-8), 78.26(C-2''), 27.64(C-5'', C-6'')。与文献[9]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为5,4'-二羟

基-8-(3,3-二甲基烯丙基)-2'',2''-二甲基吡喃[5,6:6,7]异黄酮{5,4'-dihydroxy-8-(3,3-dimethylallyl)-2'',2''-dimethylpyrano[5,6:6,7]isoflavone})}。

化合物2:黄色粉末,分子式为 $C_{10}H_{12}O_4$, mp: 181~182 °C。ESI-MS: m/z 197[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ : 7.61(1H, d, $J=2.0$ Hz, H-2'), 7.57(1H, dd, $J=2.0, 8.4$ Hz, H-6'), 6.81(1H, d, $J=8.4$ Hz, H-5'), 3.98(2H, t, $J=6.0$ Hz, H-3), 3.93(3H, s, 3'-OCH₃), 3.18(2H, t, $J=6.0$ Hz, H-2)。¹³C-NMR(CDCl₃, 100 MHz) δ : 199.70(C-1), 153.60(C-3'), 149.16(C-4'), 130.53(C-1'), 124.78(C-6'), 115.86(C-5'), 111.89(C-2'), 58.95(C-3), 56.39(3'-OCH₃), 41.66(C-2)。与文献[10-11]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为3-羟基-1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯)-1-丙酮[3-hydroxy-1-(4'-hydroxy-3'-methoxyphenyl)propan-1-one]。

化合物3:浅黄色粉末,分子式为 $C_{29}H_{48}O_2$, mp: 202~204 °C。ESI-MS: m/z 429[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ : 5.68(1H, s, H-6), 3.67(1H, m, H-3), 1.19(3H, s, H-19), 0.91(3H, d, $J=6.0$ Hz, H-21), 0.82(3H, t, $J=7.6$ Hz, H-29), 0.80(3H, d, $J=7.6$ Hz, H-27), 0.79(3H, d, $J=7.6$ Hz, H-26), 0.67(3H, s, H-18)。¹³C-NMR(CDCl₃, 100 MHz) δ : 202.45(C-7), 165.49(C-5), 126.29(C-6), 70.70(C-3), 54.87(C-17), 50.13(C-14), 50.10(C-9), 45.99(C-24), 45.58(C-8), 43.26(C-13), 41.96(C-4), 38.86(C-10), 38.43(C-12), 36.50(C-1), 36.24(C-20), 34.11(C-22), 31.36(C-2), 29.30(C-16), 28.71(C-25), 26.48(C-15), 26.47(C-23), 23.21(C-28), 21.38(C-11), 19.95(C-26), 19.20(C-27), 19.08(C-21), 17.46(C-19), 11.80(C-18), 12.13(C-29)。与文献[12]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为3 β -羟基豆甾-5-烯-7-酮(3 β -hydroxysitost-5-en-7-one)。

化合物4:白色粉末,分子式为 $C_{30}H_{50}O$, mp: 172~174 °C。ESI-MS: m/z 427[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ : 4.69(1H, s, H-29a), 4.57(1H, s, H-29b), 3.20(1H, dd, $J=11.3, 4.9$ Hz, H-3), 1.66(3H, s, H-30), 1.03(3H, s, H-26), 0.97(3H, s, H-23), 0.95(3H, s, H-27), 0.83(3H, s, H-25), 0.79(3H, s, H-28), 0.76(3H, s, H-24)。¹³C-NMR(CDCl₃, 100 MHz) δ : 151.04(C-20), 109.35(C-29), 79.04(C-3), 55.30(C-5), 50.45(C-9), 48.31(C-19), 48.01(C-18), 43.03(C-17), 42.85(C-14), 40.84(C-8), 40.03(C-22), 38.89(C-4), 38.72(C-1), 38.06(C-13), 37.19(C-10), 35.60(C-16), 34.29(C-7), 29.86(C-21), 28.01(C-23), 27.46(C-2), 27.43(C-15), 25.14

(C-12), 20.94(C-11), 19.33(C-30), 18.34(C-6), 18.03(C-28), 16.15(C-25), 15.99(C-24), 15.96(C-26), 14.57(C-27)。与文献[13]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为羽扇豆醇(Lupeol)。

化合物5:白色粉末,分子式为 $C_{10}H_{10}O_3$, mp: 81~83 °C。ESI-MS: m/z 179[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ : 9.65(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-9), 7.42(1H, d, $J=16.0$ Hz, H-7), 7.14(1H, d, $J=2.0$ Hz, H-2), 7.09(1H, dd, $J=2.0, 8.0$ Hz, H-6), 6.96(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5), 6.60(1H, dd, $J=8.0, 16.0$ Hz, H-8), 6.00(1H, s, 4-OH), 3.95(3H, s, 3-OCH₃)。¹³C-NMR(CDCl₃, 100 MHz) δ : 193.67(C-9), 153.12(C-7), 148.95(C-4), 146.96(C-3), 126.70(C-1), 126.47(C-8), 124.10(C-6), 114.95(C-5), 109.47(C-2), 56.03(3-OCH₃)。与文献[14]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为松柏醛(Coniferaldehyde)。

化合物6:浅黄色粉末,分子式为 $C_9H_8O_3$, mp: 180~182 °C。ESI-MS: m/z 165[M+H]⁺。¹H-NMR(Acetone-*d*₆, 400 MHz) δ : 7.61(1H, d, $J=16.0$ Hz, H-7), 7.55(2H, d, $J=8.0$ Hz, H-2, H-6), 6.90(2H, d, $J=8.0$ Hz, H-3, H-5), 6.33(1H, d, $J=16.0$ Hz, H-8)。¹³C-NMR(Acetone-*d*₆, 100 MHz) δ : 168.12(C-9), 160.53(C-4), 145.54(C-7), 130.90(C-2, C-6), 127.10(C-1), 116.69(C-3, C-5), 115.82(C-8)。与文献[15]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为反式对羟基肉桂酸(*E-p*-hydroxy-coumaric acid)。

化合物7:浅黄色粉末,分子式为 $C_{15}H_{10}O_5$, mp: 293~295 °C。ESI-MS: m/z 271[M+H]⁺。¹H-NMR(Acetone-*d*₆, 400 MHz) δ : 13.03(1H, brs, 5-OH), 8.15(1H, s, H-2), 7.44(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-2', H-6'), 6.91(2H, d, $J=8.5$ Hz, H-3', H-5'), 6.40(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-6), 6.29(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-8)。¹³C-NMR(Acetone-*d*₆, 100 MHz) δ : 181.62(C-4), 165.04(C-7), 163.94(C-5), 159.03(C-9), 158.40(C-4'), 154.27(C-2), 131.16(C-2', C-6'), 124.01(C-3), 123.04(C-1'), 115.95(C-3', C-5'), 106.12(C-10), 99.84(C-6), 94.47(C-8)。与文献[16]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为染料木黄酮(Genistein)。

化合物8:白色粉末,分子式为 $C_{12}H_{14}O_5$, mp: 109~111 °C。ESI-MS: m/z 239[M+H]⁺。¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ : 7.57(1H, d, $J=16.0$ Hz, H-7'), 7.54(2H, d, $J=8.0$ Hz, H-2', H-6'), 6.79(2H, d, $J=8.0$ Hz, H-3', H-5'), 6.38(1H, d, $J=16.0$ Hz, H-8'), 4.15(1H, dd, $J=6.4, 11.2$

Hz, H-1 α), 4.02 (1H, dd, $J=6.4, 11.2$ Hz, H-1 β), 3.71 (1H, m, H-2'), 3.39 (2H, m, H-3)。¹³C-NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 166.64 (C-9'), 159.80 (C-4'), 144.65 (C-7'), 130.26 (C-2', C-6'), 125.10 (C-1'), 115.77 (C-3', C-5'), 114.22 (C-8'), 69.42 (C-2), 65.61 (C-1), 62.69 (C-3)。与文献[17]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为1-*O*-对羟基肉桂酰单甘油酯(1-*O*-*p*-coumaroylglycerol)。

化合物9:白色针状晶体,分子式为C₁₀H₈O₄, mp: 199~201 °C。ESI-MS: m/z 193[M+H]⁺。¹H-NMR (Acetone-*d*₆, 400 MHz) δ : 7.84 (1H, d, $J=9.6$ Hz, H-4), 7.20 (1H, s, H-5), 6.80 (1H, s, H-8), 6.19 (1H, d, $J=9.6$ Hz, H-3), 3.91 (3H, s, 6-OCH₃)。¹³C-NMR (Acetone-*d*₆, 100 MHz) δ : 161.34 (C-2), 151.81 (C-9), 151.14 (C-7), 145.96 (C-6), 144.70 (C-4), 113.32 (C-3), 112.10 (C-10), 109.95 (C-5), 103.71 (C-8), 56.71 (6-OCH₃)。与文献[18-19]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为东莨菪内酯(Scopoletin)。

化合物10:浅黄色粉末,分子式为C₁₅H₁₀O₆, mp: 273~275 °C。ESI-MS: m/z 287[M+H]⁺。¹H-NMR (DMSO-*d*₆, 400 MHz) δ : 12.50 (1H, s, 5-OH), 9.1~10.0 (3H, brs, 3-OH, 7-OH, 4'-OH), 8.06 (2H, d, $J=8.6$ Hz, H-2', H-6'), 6.94 (2H, d, $J=8.6$ Hz, H-3', H-5'), 6.45 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 6.20 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6)。¹³C-NMR (DMSO-*d*₆, 100 MHz) δ : 175.88 (C-4), 163.97 (C-7), 160.68 (C-9), 159.18 (C-4'), 156.15 (C-5), 146.76 (C-2), 135.64 (C-3), 129.49 (C-2', C-6'), 121.64 (C-1'), 115.43 (C-3', C-5'), 102.98 (C-10), 98.21 (C-6), 93.47 (C-8)。与文献[19]对照,其波谱数据基本一致,故确定该化合物为山柰酚(Kaempferol)。

4 讨论

作为特色苗药,大乌泡的民间应用非常广泛^[2]。但目前关于大乌泡化学成分的研究还十分有限,其应用开发领域的基础研究也相对缺乏。本研究对大乌泡茎乙醇提取物的化学成分进行了分析,共分离出了10个化合物,分别鉴定为5,4'-二羟基-8-(3,3-二甲基烯丙基)-2'',2''-二甲基吡喃[5,6:6,7]异黄酮(1)、3-羟基-1-(4'-羟基-3'-甲氧基苯)-1-丙酮(2)、 β -羟基豆甾-5-烯-7-酮(3)、羽扇豆醇(4)、松柏醛(5)、反式对羟基肉桂酸(6)、染料木黄酮(7)、1-*O*-对羟基肉桂酰单甘油酯(8)、东莨菪内酯(9)和山柰酚(10)。其中,化合物1~9均为首次从大乌泡植物中分离得到,化合物2、5、8是首次从悬钩子属植物中分离得到。本研究为进一步阐明苗药大乌泡的药理活性提供了一定的理论依据,也为其今后的深入开

发利用奠定了基础。

参考文献

- [1] 邱德文. 中华本草: 苗药卷[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2005: 62.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第37卷[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 10, 166.
- [3] 徐树芸. 贵州十种民族药的应用研究[J]. 世界科学技术, 2006, 8(6): 73-78.
- [4] 毛政益, 刘瑶, 蔡进, 等. 大乌泡水提物的镇痛作用研究[J]. 贵州医科大学学报, 2016, 41(11): 1285-1287.
- [5] 孟鑫, 刘瑶, 蔡进, 等. 大乌泡叶镇痛活性部位筛选[J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42(2): 176-179.
- [6] 刘瑶, 蔡进, 陈瑞, 等. 苗药大乌泡叶提取物的体外抑菌作用考察[J]. 中国药房, 2017, 28(1): 72-75.
- [7] 吴成忠, 赵能武, 万琦, 等. 贵州6个少数民族治疗疾病常用的蔷薇科植物药: 二[J]. 中国民族医药杂志, 2012, 18(12): 23-25.
- [8] 熊山. 中药楮实子及大乌泡的化学成分研究[D]. 贵阳: 贵阳中医学院, 2009.
- [9] 李晓莉, 王乃利, 姚新生. 刺桐化学成分的研究[J]. 中草药, 2005, 36(7): 975-978.
- [10] LUO JR, JIANG HE, ZHAO YX, et al. Components of the heartwood of *Populus euphratica* from an ancient tomb [J]. *Chem Nat Compd*, 2008, 44(1): 6-9.
- [11] 王俊锋, 杨扬, 钟惠民, 等. 泰国大风子的化学成分研究[J]. 中草药, 2011, 42(12): 2394-2397.
- [12] 尚小雅, 王若兰, 尹素琴, 等. 紫红曲代谢产物中的甾体成分[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(14): 1809-1811.
- [13] 刘艳萍, 黄立刚, 李科凯, 等. 玫瑰树中非生物碱类化学成分研究[J]. 中草药, 2015, 46(6): 798-802.
- [14] 宋成芝, 王跃虎, 华燕, 等. 绣球藤的化学成分[J]. 中国天然药物, 2008, 6(2): 116-119.
- [15] 王存琴, 王宏婷, 许浩, 等. 大叶冬青叶三萜类化学成分研究[J]. 中药材, 2015, 38(8): 1653-1655.
- [16] SELEPE MA, DREWES SE, VAN HEERDEN FR. Total synthesis of the pyranoisoflavone kraussianone 1 and related isoflavones[J]. *J Nat Prod*, 2010, 73(10): 1680-1685.
- [17] 王伟, 丁怡, 邢东明, 等. 菠萝叶酚类成分研究[J]. 中国中药杂志, 2006, 31(15): 1242-1244.
- [18] 张树军, 刘焕, 李军, 等. 蒙古苍耳全草化学成分研究[J]. 中草药, 2015, 46(3): 329-333.
- [19] 罗彭, 恽敏, 庞宇舟, 等. 龙船花全草化学成分研究[J]. 中药材, 2017, 40(3): 612-615.

(收稿日期: 2017-12-21 修回日期: 2018-04-10)

(编辑: 张元媛)