

变叶树参化学成分分离与鉴定

周健, 黎玉华, 周颖, 吕燕妮, 彭洪薇, 江明金, 陶松, 温金华*, 魏筱华*
(南昌大学第一附属医院, 南昌 330006)

[摘要] 研究变叶树参95%乙醇提取物的化学成分及其活性。运用硅胶柱色谱、中压液相制备色谱、制备液相色谱等技术对变叶树参的95%乙醇提取物进行了系统的分离,并结合UV,ESI-MS,¹H-NMR,¹³C-NMR等波谱学手段对所得到的化合物进行结构鉴定;采用Griess法检测一氧化氮(NO)浓度以评价各化合物的抗炎活性。从变叶树参的95%乙醇提取物中分离得到9个化合物,鉴定其分别为(-)-丁香脂素(**1**),(+)-(7S,8S)-1',4-dihydroxy-3,3',5'-trimethoxy-7',8,9'-trior-8,4'-oxyneoligna-7,9-diol(**2**),赤式-愈创木基甘油-β-O-4'-松柏基醚(**3**),苏式-愈创木基甘油-β-O-4'-松柏基醚(**4**),松柏醇(**5**),7-O-ethylguaiaicylglycerol(**6**),香草醛(**7**),丁香醛(**8**)和 excoecanol B(**9**)。化合物**2**和**4**可以抑制脂多糖(LPS)诱导的BV2细胞的NO释放,二者的半数抑制浓度(IC₅₀)分别为5.85,7.29 μmol·L⁻¹。化合物**1**~**6**,**8**~**9**均为首次从该植物中分离得到,化合物**2**和**4**具有一定的抗炎活性。

[关键词] 变叶树参; 95%乙醇提取物; 分离纯化; 结构鉴定; 木脂素类; 酚酸类; 抗炎活性

[中图分类号] R22;R284;R282;O657;R931 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)23-0128-05

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20192349

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.r.20190808.1135.005.html>

[网络出版时间] 2019-08-08 16:11

Isolation and Identification of Chemical Constituents from Rhizomes of *Dendropanax proteus*

ZHOU Jian, LI Yu-hua, ZHOU Ying, LYU Yan-ni, PENG Hong-wei, JIANG Ming-jin, TAO Song,
WEN Jin-hua*, WEI Xiao-hua*
(The First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China)

[Abstract] The chemical constituents from 95% ethanol extract of *Dendropanax proteus* rhizomes and their anti-inflammatory activities were investigated. These compounds in 95% ethanol extract of *D. proteus* rhizomes were isolated and purified by silica gel column chromatography, medium-pressure liquid chromatography, preparative liquid chromatography, etc. Their structures were elucidated based on the spectral data and physicochemical properties. All the compounds were tested for their ability to inhibit lipopolysaccharide (LPS) induced nitric oxide production in the murine microglia BV2 cell line. Nine compounds were isolated from the ethyl acetate fraction of 95% ethanol extract of *D. proteus* rhizomes, and identified as (-)-syringaresinol (**1**), (+)-(7S,8S)-1',4-dihydroxy-3,3',5'-trimethoxy-7',8,9'-trior-8,4'-oxyneoligna-7,9-diol (**2**), erythro-guaiaicylglycerol-β-O-4'-coniferyl ether (**3**), threo-guaiaicylglycerol-β-O-4'-coniferyl ether (**4**), coniferyl alcohol (**5**), 7-O-ethylguaiaicylglycerol (**6**), vanillin (**7**), syringaldehyde (**8**), and excoecanol B (**9**). Compounds **2** and **4** showed neuritis inhibitory activity against microglial inflammation factor, their half inhibitory concentrations (IC₅₀) were

[收稿日期] 20190625(014)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81560632,81660620);江西省卫生计生委中医药科技项目(2017A299);江西省卫生计生委科技计划项目(20175135)

[第一作者] 周健,博士,从事中药药效物质基础研究,E-mail:jianke1986@126.com

[通信作者] *温金华,副主任药师,从事中药新药研发,E-mail:wenj866@163.com;

*魏筱华,主任药师,从事临床药学研究,E-mail:wxx-hello@163.com

5.85, 7.29 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, respectively. Compounds **1-6**, **8-9** are isolated from this plant for the first time, compounds **2** and **4** exhibit the potent inhibitory activity.

[Key words] *Dendropanax proteus* rhizomes; 95% ethanol extract; isolation and purification; structural elucidation; lignans; phenolic acids; anti-inflammatory activity

五加科 (Araliaceae) 树参属 (*Dendropanax*) 植物有 80 余种, 主要分布于亚洲东部和热带美洲。我国有 16 种, 分布于东南部至西南部。树参属植物是常用的民间草药, 有着悠久的民间用药历史, 资源丰富^[1]。目前, 从树参属植物分离得到的化合物主要为多炔类^[2,3]、苯丙素类^[4]、黄酮类^[5]、萜类^[6]、挥发油类^[7]等。现代药理研究表明, 树参属植物具有抗炎^[8]、抗氧化^[9]、抗肿瘤^[10]、抗心律失常^[11]、抗血栓^[12]、杀虫^[13]等药理活性。变叶树参 *D. proteus* 为五加科树参属植物, 主要分布于江西、福建、湖南、广东、广西、云南等地, 生于山谷溪边较阴湿的密林下或向阳山坡路旁, 又名半枫荷、三层楼、铁楸树等, 具有舒筋活络、祛风除湿功效, 用于治疗痹症、腰腿痛、半身不遂、跌打损伤、扭挫伤, 外用于刀伤出血^[14]。

目前, 有关变叶树参化学成分的研究较少。

为阐明其药效物质基础, 合理开发和利用该植物资源, 本实验对采自江西安远的变叶树参根茎的化学成分进行了研究。从其 95% 乙醇提取物的乙酸乙酯部位分离鉴定了 9 个化合物, 分别为 (-)-丁香脂素 (**1**), (+)-(7*S*, 8*S*)-1', 4-dihydroxy-3, 3', 5'-trimethoxy-7', 8, 9'-trino-8, 4'-oxyneoligna-7, 9-diol (**2**), 赤式-愈创木基甘油- β -O-4'-松柏基醚 (**3**), 苏式-愈创木基甘油- β -O-4'-松柏基醚 (**4**), 松柏醇 (**5**), 7-O-ethylguaiaicylglycerol (**6**), 香草醛 (**7**), 丁香醛 (**8**) 和 excoecanol B (**9**), 结构式见图 1。化合物 **1-9** 均为首次从该属植物中分离得到。化合物 **2** 和 **4** 可以抑制脂多糖 (LPS) 诱导的小鼠神经小胶质细胞 BV2 的一氧化氮 (NO) 释放, 表现出潜在的抗炎活性, 二者的半数抑制浓度 (IC_{50}) 分别为 5.85, 7.29 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

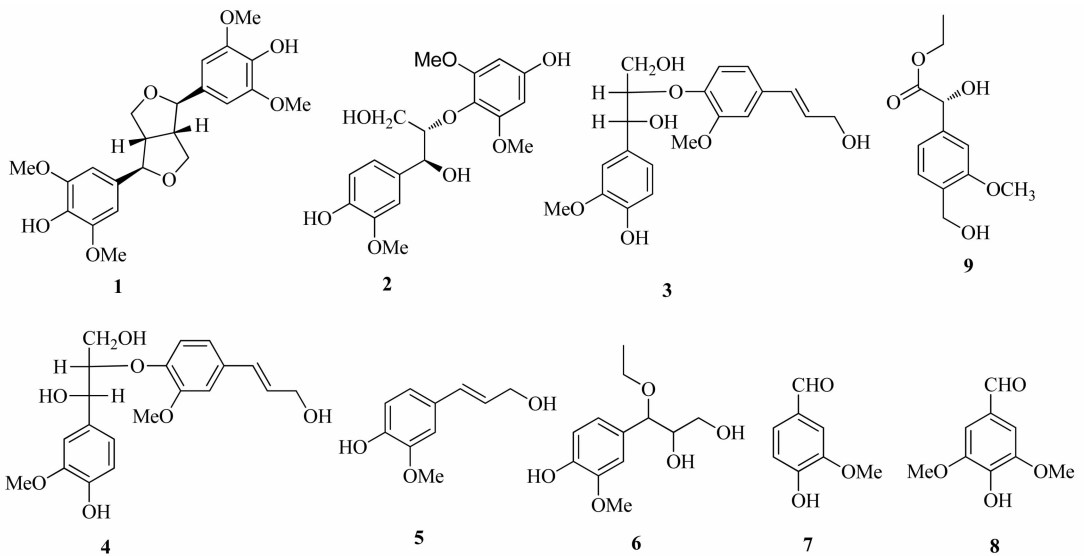


图 1 化合物 1~9 的结构式

Fig.1 Structural formulas of compounds 1-9

1 材料

Mercury Plus-400 型核磁共振仪 (美国 Varian 公司), AV500-III 型核磁共振仪 [瑞士 Bruker 公司, 以四甲基硅烷 (TMS) 为内标], API 3200 型质谱仪 (美国 AB SCIEX 公司), 1260 型高效液相色谱仪和 1200 型制备液相色谱仪 (美国 Agilent 公司), Gradient Former B-687 型中压液相制备色谱仪 (瑞士步琪公司), 354 型酶标仪 (美国 Thermo 公司),

RY-1G 型熔点测定仪 (天津天光光学仪器有限公司), Autopol IV-T/V 型旋光仪 (美国 Rudolph 公司)。

姜黄素对照品 (中国食品药品检定研究院, 批号 110803-201405, 纯度 98.9%), 脂多糖 (LPS, 美国 Sigma 公司, 批号 067M4036V), Griess 检测试剂盒 (美国 Promega 公司, 批号 0000171355), DMEM-F12 细胞培养液 (美国 HyClone 公司, 批号 AAJ205976),

胎牛血清(杭州四季青生物有限公司,批号11012-8611),BV2细胞由中国医学科学院基础医学研究所细胞中心提供;变叶树参根茎于2016年10月采自江西省安远县,经南昌大学第一附属医院万跃生副主任中药师鉴定为五加科植物变叶树参 *Dendropanax proteus* 的根茎。薄层色谱硅胶、柱色谱硅胶(青岛海洋化工厂),水为娃哈哈纯净水,乙腈、甲醇为色谱纯,其他试剂均为分析纯。

2 提取与分离

取变叶树参根茎8 kg,经干燥、粉碎后加8倍量95%乙醇加热回流提取3次(每次2 h),合并提取液,减压浓缩至无醇味,得提取物430 g。提取物经硅胶柱色谱(200~300目),分别用石油醚、三氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮和甲醇进行洗脱。其中,乙酸乙酯洗脱部分(75 g),以三氯甲烷-甲醇(50:1~6:4)为洗脱剂,薄层色谱分析后合并相同组分,得到12个流分(Fr. 1~12)。其中,Fr. 5(5.5 g)经中压制液相色谱,以甲醇-水(10:90~90:10)梯度洗脱,经薄层色谱检视,合并相近流分,得10个组分,Fr. 5-1~5-10。Fr. 5-4(0.656 g)经制备高效液相色谱,以甲醇-水(25:75,流速8 mL·min⁻¹)为流动相,得到化合物5(19.2 mg),6(15.3 mg),7(31.6 mg)和8(11.7 mg);Fr. 5-6(0.258 g)经制备高效液相色谱,以甲醇-水(30:70,流速8 mL·min⁻¹)为流动相,得到9(8.2 mg);Fr. 5-8(0.463 g)经制备高效液相色谱,以甲醇-水(32:68,流速8 mL·min⁻¹)为流动相,得到化合物1(26.3 mg),2(15.8 mg),3(9.6 mg)和4(11.2 mg)。

3 结构鉴定

化合物1 无色方晶(溶于三氯甲烷),熔点(mp)172~175 °C, $[\alpha]_D^{20} - 11.5 (c 0.25, CH_3OH)$, ESI-MS m/z 381 $[M + Na]^+$; ¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 6.26(4H, s, H-2, 6, 2', 6'), 5.52(2H, m, H-7, 7'), 3.12(2H, m, H-8, 8'), 4.72(2H, m, H-9a, 9a'), 4.30(2H, m, H-9b, 9b'), 3.93(12H, s, 3, 5, 3', 5'-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ : 133.9(C-1, 1'), 105.3(C-2, 2', 6, 6'), 149.3(C-3, 5, 3', 5'), 137.6(C-4, 4'), 87.7(C-7, 7'), 55.6(C-8, 8'), 72.5(C-9, 9'), 56.8(3, 3', 5, 5'-OCH₃)。以上数据与文献[15]报道基本一致,故鉴定化合物1为(-)-丁香脂素。

化合物2 无色油状物, $[\alpha]_D^{20} + 7.6 (c 0.16, CH_3OH)$, ESI-MS m/z 389 $[M + Na]^+$; ¹H-NMR (CDCl₃, 500 MHz) δ : 7.05(1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2),

6.90(1H, dd, $J = 8.0, 2.0$ Hz, H-6), 6.77(1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 6.21(2H, br s, H-2', 6'), 4.94(1H, d, $J = 7.5$, H-7), 3.74(1H, m, H-8), 3.59(1H, dd, $J = 12.5, 3.5$ Hz, H-9a), 3.22(1H, dd, $J = 12.5, 2.5$ Hz, H-9b), 3.82(3H, s, 5-OCH₃), 3.81(6H, s, 3', 5'-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ : 133.8(C-1), 111.6(C-2), 147.9(C-3), 146.8(C-4), 115.2(C-5), 120.8(C-6), 74.1(C-7), 90.0(C-8), 61.1(C-9), 155.2(C-1'), 94.0(C-2', 6'), 154.4(C-3', 5'), 130.0(C-4'), 56.1(3-OCH₃), 56.4(3', 5'-OCH₃)。以上数据与文献[16]报道基本一致,故鉴定化合物2为(+)-(7S, 8S)-1', 4-dihydroxy-3, 3', 5'-trimethoxy-7', 8, 9'-trisor-8, 4'-oxyneoligna-7, 9-diol。

化合物3 无色油状物, $[\alpha]_D^{20} - 12.8 (c 0.65, CH_3OH)$, ESI-MS m/z 399 $[M + Na]^+$; ¹H-NMR (Me₂CO-*d*₆, 400 MHz) δ : 7.11(1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-2), 6.77(1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 6.88(1H, dd, $J = 8.0, 1.6$ Hz, H-6), 4.88(1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-7), 4.20(1H, m, H-8), 3.78(1H, m, H-9a), 3.50(1H, dd, $J = 12.8, 5.2$ Hz, H-9b), 7.08(1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2'), 7.12(1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.90(1H, dd, $J = 8.4, 1.6$ Hz, H-6'), 6.54(1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7'), 6.30(1H, dt, $J = 16.0, 5.2$ Hz, H-8'), 4.18(2H, br s, H₂-9'), 3.90(3H, s, 3-OCH₃), 3.82(3H, s, 3'-OCH₃); ¹³C-NMR (Me₂CO-*d*₆, 125 MHz) δ : 131.9(C-1), 111.4(C-2), 149.2(C-3), 148.1(C-4), 115.2(C-5), 120.6(C-6), 73.8(C-7), 88.5(C-8), 63.3(C-9), 133.9(C-1'), 110.9(C-2'), 151.8(C-3'), 146.9(C-4'), 119.7(C-5'), 120.3(C-6'), 129.8(C-7'), 129.7(C-8'), 61.9(C-9'), 56.2(3-OCH₃), 56.3(3'-OCH₃)。以上数据与文献[17-18]报道基本一致,故鉴定化合物3为赤式-愈创木基甘油- β -O-4'-松柏基醚。

化合物4 无色油状物, $[\alpha]_D^{20} + 2.6 (c 0.35, CH_3OH)$, ESI-MS m/z 399 $[M + Na]^+$; ¹H-NMR (Me₂CO-*d*₆, 400 MHz) δ : 7.10(1H, d, $J = 1.2$ Hz, H-2), 6.73(1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 6.83(1H, dd, $J = 8.0, 1.2$ Hz, H-6), 4.87(1H, d, $J = 4.8$ Hz, H-7), 4.22(1H, m, H-8), 3.86(1H, m, H-9a), 3.76(1H, dd, $J = 11.2, 2.8$ Hz, H-9b), 7.06(1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2'), 6.93(1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 6.90(1H, dd, $J = 8.4, 1.6$ Hz, H-6'), 6.54(1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7'), 6.30(1H, dt, $J = 16.0, 5.2$ Hz, H-8'), 4.16(2H, br s, H₂-9'), 3.90(3H, s, 3-OCH₃),

3.86 (3H, s, 3'-OCH₃); ¹³C-NMR (Me₂CO-d₆, 125 MHz) δ: 131.9 (C-1), 110.0 (C-2), 146.8 (C-3), 146.7 (C-4), 114.4 (C-5), 120.9 (C-6), 73.0 (C-7), 87.5 (C-8), 63.8 (C-9), 133.2 (C-1'), 108.8 (C-2'), 151.7 (C-3'), 145.3 (C-4'), 119.2 (C-5'), 120.2 (C-6'), 130.7 (C-7'), 128.3 (C-8'), 60.9 (C-9'), 56.0 (3-OCH₃), 56.1 (3'-OCH₃)。以上数据与文献[17-18]报道基本一致,故鉴定化合物**4**为苏式-愈创木基甘油-β-O-4'-松柏基醚。

化合物**5** 无色油状物,ESI-MS *m/z* 181 [M + H]⁺; ¹H-NMR(DMSO-d₆, 500 MHz) δ: 7.00 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2), 6.71 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5), 6.79 (1H, dd, *J* = 8.0, 2.0 Hz, H-6), 6.42 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-7), 6.18 (1H, dt, *J* = 16.0, 5.5 Hz, H-8), 4.07 (2H, s, H-9), 3.78 (3H, s, 4-OCH₃), 4.75 (1H, s, OH); ¹³C-NMR (DMSO-d₆, 125 MHz) δ: 129.0 (C-1), 110.2 (C-2), 148.2 (C-3), 146.7 (C-4), 115.9 (C-5), 119.9 (C-6), 129.5 (C-7), 128.0 (C-8), 62.2 (C-9), 56.0 (4-OCH₃)。以上数据与文献[19]报道基本一致,故鉴定化合物**5**为松柏醇。

化合物**6** 白色粉末,ESI-MS *m/z* 265 [M + Na]⁺; ¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ: 6.92 (1H, br s, H-2), 6.78 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5), 6.75 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-6), 4.33 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-7), 3.75 (1H, m, H-8), 3.74 (2H, m, H-9), 3.48 (1H, m, H-1'a), 3.36 (1H, m, H-1'b), 1.19 (3H, t, *J* = 7.2 Hz, H-2'), 3.90 (3H, s, 3-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 130.4 (C-1), 109.0 (C-2), 146.9 (C-3), 145.6 (C-4), 114.3 (C-5), 120.4 (C-6), 83.8 (C-7), 74.3 (C-8), 63.4 (C-9), 64.8 (C-1'), 15.3 (C-2'), 56.0 (3-OCH₃)。以上数据与文献[20]报道基本一致,故鉴定化合物**6**为7-O-ethylguaiaicylglycerol。

化合物**7** 无色针状结晶(溶于三氯甲烷),mp 150 ~ 152 °C,ESI-MS *m/z* 205 [M + Na]⁺; ¹H-NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ: 7.40 (1H, s, H-2), 7.04 (1H, d, *J* = 8.8 Hz, H-5), 7.42 (1H, m, H-6), 3.97 (3H, s, 4-OCH₃), 6.21 (1H, s, -OH), 9.89 (1H, s, CHO); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 130.0 (C-1), 108.8 (C-2), 147.2 (C-3), 151.7 (C-4), 114.4 (C-5), 127.5 (C-6), 56.1 (4-OCH₃), 190.8 (C = O)。以上数据与文献[21]报道基本一致,故鉴定化合物**7**为香草醛。

化合物**8** 无色方晶(溶于三氯甲烷),mp

254 ~ 256 °C,ESI-MS *m/z* 205 [M + Na]⁺; ¹H-NMR (DMSO-d₆, 500 MHz) δ: 7.15 (2H, s, H-2, 6), 9.82 (1H, s, H-7), 3.98 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 6.05 (1H, s, OH); ¹³C-NMR (DMSO-d₆, 125 MHz) δ: 128.5 (C-1), 106.8 (C-2), 147.4 (C-3), 140.9 (C-4), 147.4 (C-5), 106.8 (C-6), 190.7 (C-7), 56.5 (3, 5-OCH₃)。以上数据与文献[22]报道基本一致,故鉴定化合物**8**为丁香醛。

化合物**9** 白色无定型粉末, [α]_D²⁰ - 17.5 (c 0.10, CH₃OH), ESI-MS *m/z* 263 [M + Na]⁺; ¹H-NMR(CDCl₃, 400 MHz) δ: 6.88 (1H, d, *J* = 2.0 Hz, H-2), 6.78 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-5), 6.76 (1H, dd, *J* = 8.0, 2.0 Hz, H-6), 3.80 (1H, s, H-7), 4.09 (1H, d, *J* = 10.8 Hz, H-9a), 3.76 (1H, d, *J* = 10.8 Hz, H-9b), 4.19 (2H, m, H-10), 1.23 (3H, t, *J* = 6.4 Hz, CH₃-11), 3.89 (3H, s, 3-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 125 MHz) δ: 145.3 (C-1), 110.5 (C-2), 146.7 (C-3), 145.3 (C-4), 114.6 (C-5), 121.1 (C-6), 53.6 (C-7), 173.3 (C-8), 64.8 (C-9), 61.0 (C-10), 14.1 (C-11), 55.6 (3-OCH₃)。以上数据与文献[23]报道基本一致,故鉴定化合物**9**为 excoecanol B。

4 抗炎活性筛选

将BV2细胞置于含10%胎牛血清的DMEM-F12培养基中培养,于37 °C, 5% CO₂, 相对湿度100%的条件下生长。经消化计数后,将对数期生长的BV2细胞接种于96孔板中(每孔1 × 10⁴个细胞),24 h后加入不同浓度的待测样品及阳性药姜黄素(0.1, 1, 10 μmol · L⁻¹),温孵培养1 h后加入LPS,使其终质量浓度达300 μg · L⁻¹,继续温孵培养24 h,每个浓度重复3次实验。取培养基上清液100 μL,加入等体积 Griess 试剂,室温静置20 min,用蒸馏水调零,于酶标仪上在540 nm处测定吸光度A,以待测样品中NO₂⁻的浓度来反映NO的浓度。结果发现化合物**2**和**4**对LPS诱导的BV2细胞释放NO具有较好的抑制活性,二者的半数抑制浓度(IC₅₀)分别为5.85, 7.29 μmol · L⁻¹,其他化合物的IC₅₀均 > 10 μmol · L⁻¹,阳性药姜黄素的IC₅₀ = 0.53 μmol · L⁻¹。

[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,1978:58-61.
- [2] Chien S C, Tseng Y H, Hsu W N, et al. Anti-inflammatory and anti-oxidative activities of

- polyacetylene from *Dendropanax dentiger* [J]. Nat Prod Commun, 2014, 9(11): 1589-1590.
- [3] Chung I M, SONG H K, Kim S J, et al. Anticomplement activity of polyacetylenes from leaves of *Dendropanax morbifera* Leveille. [J]. Phytother Res, 2011, 25(5): 784-786.
- [4] 任刚, 罗仇平, 黄慧莲, 等. 畚药半边风化学成分研究 [J]. 中药材, 2012, 35(1): 62-64.
- [5] LAI Y C, Lee S S. Chemical constituents from *Dendropanax dentiger* [J]. Nat Prod Commun, 2013, 8(3): 363-365.
- [6] Park B Y, Min B S, Oh S R, et al. Isolation and anticomplement activity of compounds from *Dendropanax morbifera* [J]. J Ethnopharmacol, 2004, 90(2/3): 403-408.
- [7] Richmond J D, Agius B R, Wright B S, et al. Essential oil compositions and cytotoxic activities of *Dendropanax capillaris*, *Oreopanax nubigenus*, and *Schefflera rodrigueziana* from Monteverde, Costa Rica [J]. Nat Prod Commun, 2009, 4(2): 271-274.
- [8] Choo G S, Lim D P, Kim S M, et al. Anti-inflammatory effects of *Dendropanax morbifera* in lipopolysaccharide-stimulated RAW264.7 macrophages and in an animal model of atopic dermatitis [J]. Mol Med Rep, 2019, 19(3): 2087-2096.
- [9] Youn J S, Kim Y J, Na H J, et al. Antioxidant activity and contents of leaf extracts obtained from *Dendropanax morbifera* LEV are dependent on the collecting season and extraction conditions [J]. Food Sci Biotechnol, 2018, 28(1): 201-207.
- [10] Hyun T K, Kim M O, Lee H, et al. Evaluation of antioxidant and anti-cancer properties of *Dendropanax morbifera* Léveille [J]. Food Chem, 2013, 141(3): 1947-1955.
- [11] SUN S, LI T, JIN L, et al. *Dendropanax morbifera* prevents cardiomyocyte hypertrophy by inhibiting the Sp1/GATA4 pathway [J]. Am J Chin Med, 2018, 46(5): 1021-1044.
- [12] Choi J H, Kim D W, Park S E, et al. Anti-thrombotic effect of rutin isolated from *Dendropanax morbifera* Leveille. [J]. J Biosci Bioeng, 2015, 120(2): 181-186.
- [13] Chung I M, Kim M Y, Park S D, et al. *In vitro* evaluation of the antiplasmodial activity of *Dendropanax morbifera* against chloroquine-sensitive strains of *Plasmodium falciparum* [J]. Phytother Res, 2009, 23(11): 1634-1637.
- [14] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 794.
- [15] YU H J, CHEN C C, Shieh D J. The constituents from the leaves of *Magnolia coco* [J]. J Chin Chem Soc, 1998, 45(6): 773-778.
- [16] XIONG L, ZHU C, LI Y, et al. Lignans and neolignans from *Sinocalamus affinis* and their absolute configurations [J]. J Nat Prod, 2011, 74(5): 1188-1200.
- [17] 朱梅, 熊亮, 王亚男, 等. 慈竹茹中木脂素类化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2012, 37(13): 1968-1972.
- [18] HAN H Y, WANG X H, WANG N L, et al. Lignans isolated from *Campylotropis hirtella* (Franch.) Schindl. decreased prostate specific antigen and androgen receptor expression in LNCaP cells [J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(16): 6928-6935.
- [19] 仲欢欢, 方诗琦, 陈亚军, 等. 野马追化学成分及其抗炎活性 [J]. 中成药, 2017, 39(2): 330-333.
- [20] YANG X W, ZHAO P J, MA Y L, et al. Mixed lignan-neolignans from *Tarenna attenuate* [J]. J Nat Prod, 2007, 70(4): 521-525.
- [21] 吕凌岳, 张岱州, 王芳, 等. 过山蕨乙醇提取物化学成分的分离鉴定 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(14): 168-172.
- [22] 朱伶俐, 艾志福, 徐丽, 等. 桂枝化学成分的分离鉴定 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2019, 25(14): 173-178.
- [23] HUANG S Z, LUO H R, MA Q Y, et al. Chemical constituents from the stems of *Excoecaria acertifolia* [J]. Chem Biodivers, 2014, 11(9): 1406-1416.

[责任编辑 刘德文]