

吴茱萸化学成分研究

王晓霞^{1,2}, 高慧媛¹, 姜勇², 赵明波², 吴立军¹, 屠鹏飞^{1,2*}

1. 沈阳药科大学中药学院, 辽宁 沈阳 110016

2. 北京大学药学院 天然药物及仿生药物国家重点实验室, 北京 100191

摘要: 目的 研究吴茱萸 *Euodia rutaecarpa* 干燥果实的化学成分。方法 采用硅胶、Sephadex LH-20 等开放柱色谱及半制备 HPLC 等方法对吴茱萸乙醇提取物进行分离纯化, 并根据理化性质和波谱数据鉴定化合物的结构。结果 从吴茱萸 95% 乙醇提取物中分离得到 11 个化合物, 分别鉴定为吴茱萸碱 (evodiamine, 1)、吴茱萸次碱 (rutaecarpine, 2)、3-(2'-羟基乙酰基)-吲哚 (3-hydroxyacetylindole, 3)、N-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 [*N*-(*trans-p*-coumaroyl)-tyramine, 4]、N-顺式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 [*N*-(*cis-p*-coumaroyl)-tyramine, 5]、白鲜碱 (dictamnine, 6)、吴茱萸春 (evolitrine, 7)、6-甲氧基白鲜碱 (6-methoxydictamnine, 8)、茵芋碱 (skimmiamine, 9)、7-羟基吴茱萸次碱 (7-hydroxyrutaecarpine, 10)、阿塔宁 I (atanine I, 11)。结论 化合物 3 为首次从该属植物中分离得到; 化合物 4~11 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 吴茱萸; 生物碱; 吴茱萸碱; 吴茱萸次碱; 3-hydroxyacetylindole

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2013)10-1241-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.10.005

Chemical constituents from fruits of *Euodia rutaecarpa*

WANG Xiao-xia^{1,2}, GAO Hui-yuan¹, JIANG Yong², ZHAO Ming-bo², WU Li-jun¹, TU Peng-fei^{1,2}

1. School of Traditional Chinese Materia Medica, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China

2. State Key Laboratory of Natural and Biomimetic Drugs, School of Pharmaceutical Sciences, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from the fruits of *Euodia rutaecarpa*. **Methods** The chemical constituents of ethanol extract from *E. rutaecarpa* were isolated and purified by chromatography over silica gel, Sephadex LH-20 columns, and semipreparative reversed-phase HPLC. The structures were elucidated on the basis of physicochemical properties and spectral data analyses. **Results** Eleven compounds were isolated and identified as evodiamine (1), rutaecarpine (2), 3-hydroxyacetylindole (3), *N*-(*trans-p*-coumaroyl)-tyramine (4), *N*-(*cis-p*-coumaroyl)-tyramine (5), dictamnine (6), evolitrine (7), 6-methoxydictamnine (8), skimmiamine (9), 7-hydroxyrutaecarpine (10), and atanine I (11). **Conclusion** Compound 3 is reported for the first time from the plants of genus *Euodia* J. R. et G. Forst. and compounds 4—11 are reported for the first time from *E. rutaecarpa*.

Key words: fruits of *Euodia rutaecarpa*; alkaloid; evodiamine; rutaecarpine; 3-hydroxyacetylindole

吴茱萸为芸香科 (Rutaceae) 植物吴茱萸 *Euodia rutaecarpa* (Juss) Benth. 或石虎 *E. rutaecarpa* (Juss) Benth. var. *officinalis* (Dode) Huang 或疏毛吴茱萸 *E. rutaecarpa* Benth. (Juss) var. *bodinieri* (Dode) Huang 的干燥近成熟果实^[1], 在 *Flora of China* 中统一归为 *Tetradium ruticarpum* (A. Juss.) T. G. Hartley, 是一种常用中药, 在《神农本草经》中列为中品, 有小毒, 味辛、苦、热, 归肝、脾、胃、肾经; 具有散寒止

痛、疏肝下气、温中燥湿之功效。用于厥阴头痛、寒疝腹痛、寒湿脚气、经行腹痛、脘腹胀痛、呕吐吞酸、五更泄泻、高血压及外治口疮。生于温暖地带, 常见于山地、路旁或疏林下。分布于广东、广西、贵州、云南、四川、陕西、湖南、湖北、福建、浙江、江西等省区。吴茱萸商品药材主要来源于栽培, 野生较少, 以湖南产吴茱萸质量最好, 为地道药材。

从 19 世纪开始, 国内外学者对吴茱萸进行了大

收稿日期: 2013-03-20

基金项目: 国家“十二五”计划重大新药创新专项 (30873385, 81274078)

作者简介: 王晓霞 (1986—), 女, 博士, 研究方向为天然药物化学及药物分析。E-mail: wangxx198666@163.com

*通信作者 屠鹏飞 Tel: (010)82802750 E-mail: pengfeitu@vip.163.com

量、深入的研究,其化学成分丰富,种类繁多,包括生物碱、苦味素、萜类、黄酮类、香豆素类、甾类、精油、木脂素、核苷酸及其他成分,其中生物碱、苦味素和萜类为其主要成分^[2]。现代药理研究表明吴茱萸作用广泛,具有镇痛、镇静、抗菌、降压、抗缺氧等功效。为了进一步阐明该中药的化学成分并为其临床应用奠定物质基础,本实验对其化学成分进行了进一步的系统研究,从吴茱萸的干燥近成熟果实中分离得到11个生物碱类化合物,分别鉴定为吴茱萸碱(evodiamine, **1**)、吴茱萸次碱(rutaecarpine, **2**)、3-(2'-羟基乙酰基)-吲哚(3-hydroxyacetylindole, **3**)、*N*-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 [*N*-(*trans*-*p*-coumaroyl)-tyramine, **4**]、*N*-顺式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺 [*N*-(*cis*-*p*-coumaroyl)-tyramine, **5**]、白鲜碱(dictamnine, **6**)、吴茱萸春(evolitrine, **7**)、6-甲氧基白鲜碱(6-methoxydictamnine, **8**)、茵芋碱(skimmiamine, **9**)、7-羟基吴茱萸次碱(7-hydroxyrutaecarpine, **10**)、阿塔宁 I (atanine I, **11**)。化合物**3**为首次从该属植物中分离得到,化合物**4**~**11**为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

Dionex Ultimate 3000 高效液相色谱仪(美国戴安公司); Trace GC-MS 质谱仪(美国安捷伦公司), Agilent 6320 Ion Trap LC-MS 质谱仪(美国安捷伦公司); Varian Inova—500 型核磁共振仪(美国瓦里安公司); 半制备色谱柱为 Agilent Eclipse XDB-C₁₈ (250 mm×9.4 mm, 5 μm)。柱色谱所用 Sephadex LH-20 为 Pharmacia Biotech 产品; 柱色谱硅胶(100~200 目, 200~300 目)及薄层色谱硅胶 H 和 GF254 均为青岛海洋化工厂产品; HPLC 用色谱甲醇为天津市西华特种试剂厂产品, 色谱纯乙腈为天津市彪仕奇科技发展公司产品; 提取、分离所用试剂均为分析纯, 为北京化工厂产品。

药材于2010年10月采购于浙江省, 由北京大学药学院屠鹏飞教授鉴定为吴茱萸 *Euodia rutaecarpa* (Juss.) Benth. 的干燥果实。药材标本(TCM20101010)存放于北京大学中医药现代研究中心标本室。

2 提取与分离

吴茱萸药材10 kg, 用90%乙醇回流提取3次, 每次2 h, 合并提取液减压浓缩得浸膏(800 g)。取乙醇提取物, 加入蒸馏水稀释至10 L, 依次用石油

醚、三氯甲烷、正丁醇多次萃取, 分别减压回收溶剂, 依次得到各萃取物32、200、320 g。三氯甲烷萃取物经过硅胶柱色谱, 三氯甲烷-丙酮(100:1→1:100)梯度洗脱, 检识合并得到7个流分, 其中 Fr. 6 (25g) 在经过硅胶柱色谱(三氯甲烷-甲醇50:1→1:1)梯度洗脱后, 检识合并得到3个流分 WC6a~WC6c 及化合物**1** (22 mg)、**2** (15 mg); 流分 WC6a 经反复硅胶柱色谱及凝胶柱色谱及 Sephadex LH-20 柱色谱分离纯化, 后经反相高效液相色谱制备(Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 柱, 250 mm×9.4 mm, 5 μm; 55%甲醇水溶液; 2.5 mL/min) 得到化合物**3** (5 mg)、**4** (20 mg)、**5** (5 mg); 流分 WC6b 经 Sephadex LH-20 (三氯甲烷-甲醇 1:1) 柱色谱分离纯化后, 再由反相高效液相色谱制备(Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 柱, 250 mm×9.4 mm, 5 μm; 65%甲醇水溶液; 2.5 mL/min) 得化合物**6** (4 mg)、**7** (10 mg)、**8** (5 mg); 流分 WC6c 经小硅胶柱(氯仿-甲醇 20:1)分离后再由反相高效液相色谱制备(Agilent Eclipse XDB-C₁₈ 柱, 250 mm×9.4 mm, 5 μm; 55%乙腈水溶液; 2.5 mL/min) 得到化合物**9** (5 mg)、**10** (5 mg)、**11** (5 mg)。

3 结构鉴定

化合物**1**: 无色柱状晶体(MeOH), mp 278~282 °C, ESI-MS *m/z* 304 [M+H]⁺, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 C₁₉H₁₇N₃O。¹H-NMR (500 MHz, CDCl₃) δ: 6.12 (1H, s, H-3), 3.20 (1H, m, H-5a), 4.63 (1H, m, H-5b), 2.78 (1H, m, H-6a), 2.90 (1H, m, H-6b), 7.46 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-9), 6.99 (1H, m, H-10), 7.10 (1H, m, H-11), 7.36 (1H, d, *J* = 8.0 Hz, H-12), 7.05 (1H, d, *J* = 7.5 Hz, H-16), 7.47 (1H, m, H-17), 6.96 (1H, m, H-18), 7.79 (1H, dd, *J* = 7.5, 1.3 Hz, H-19), 2.87 (3H, s, -CH₃), 11.07 (1H, brs, -NH); ¹³C-NMR (125 MHz, CDCl₃) δ: 130.6 (C-2), 69.7 (C-3), 40.8 (C-5), 19.5 (C-6), 111.5 (C-7), 125.9 (C-8), 118.2 (C-9), 118.9 (C-10), 121.8 (C-11), 111.5 (C-12), 136.5 (C-13), 148.7 (C-15), 117.4 (C-16), 133.4 (C-17), 120.3 (C-18), 128.0 (C-19), 119.3 (C-20), 164.1 (C-21), 36.4 (-CH₃)。在¹H-NMR 谱中显示该化合物含有一个甲基, 与已知化合物吴茱萸碱^[3]的 sp³ 杂化 N 上的甲基信号一致, 其余的 NMR 信号也与吴茱萸碱相符, 以上数据与文献报道一致^[3], 故鉴定化合物**1**为吴茱萸碱。

化合物**2**: 淡黄色针晶(MeOH), mp 276~280

℃, ESI-MS m/z : 288 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{18}H_{13}N_3O$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 4.44 (1H, dd, $J = 6.0, 6.5$ Hz, H-5a), 3.16 (1H, dd, $J = 6.0, 6.5$ Hz, H-6a), 7.63 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-9), 7.07 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-10), 7.25 (1H, t, $J = 7.0$ Hz, H-11), 7.48 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-12), 7.67 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-16), 7.79 (1H, dd, $J = 7.0, 7.5$ Hz, H-17), 7.46 (1H, dd, $J = 7.0, 7.5$ Hz, H-18), 8.15 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-19), 9.62 (1H, brs, -NH); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 127.1 (C-2), 145.3 (C-3), 40.8 (C-5), 18.9 (C-6), 117.8 (C-7), 124.9 (C-8), 119.9 (C-9), 119.7 (C-10), 124.7 (C-11), 112.5 (C-12), 138.6 (C-13), 147.3 (C-15), 126.6 (C-16), 134.4 (C-17), 125.9 (C-18), 126.4 (C-19), 120.7 (C-20), 160.6 (C-21)。以上数据与文献报道一致^[3], 故鉴定化合物 **2** 为吴茱萸次碱。

化合物 **3**: 白色粉末, HR-ESI-TOF-MS m/z : 198.052 7 $[M+Na]^+$ ($C_{10}H_9NO_2Na$ 计算值 198.052 5)。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 8.25 (1H, m, H-4), 8.23 (1H, brs, H-2), 7.48 (1H, m, H-7), 7.25 (2H, m, H-5, 6), 4.75 (2H, s, H-2'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 195.8 (C-1'), 138.1 (C-7a), 133.8 (C-2), 126.8 (C-3a), 124.2 (C-6), 123.1 (C-5), 122.5 (C-4), 118.7 (C-3), 112.8 (C-7), 66.1 (C-2')。以上数据与文献报道一致^[4], 故鉴定化合物 **3** 为 3-(2'-羟基乙酰基)-呋喃。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 284 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{17}H_{17}NO_3$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.74 (2H, t, $J = 7.5$ Hz, H-2'), 3.44 (2H, t, $J = 7.5$ Hz, H-1'), 6.71 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5', 7'), 7.04 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-4', 8'), 6.37 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2), 7.43 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3), 6.78 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6, 8), 7.36 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5, 9)。以上数据与文献报道一致^[5], 故鉴定化合物 **4** 为 *N*-反式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺。

化合物 **5**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 284 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{17}H_{17}NO_3$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.74 (2H, t, $J = 7.0$ Hz, H-2'), 3.38 (2H, t, $J = 7.0$ Hz, H-1'), 6.68 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5', 7'), 7.00 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-4', 8'), 5.78 (1H, d, $J = 12.5$ Hz, H-2), 6.60 (1H, d, $J = 12.5$ Hz, H-3), 6.71 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6, 8), 7.36 (2H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5, 9)。以上数据与文献报

道一致^[5], 故鉴定化合物 **5** 为 *N*-顺式对羟基肉桂酰基-对羟基苯乙胺。

化合物 **6**: 白色片状晶体 (MeOH), mp 115~117 °C, 碘化铯钾反应呈阳性, 结合 ESI-MS m/z : 200 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{12}H_9O_2N$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 7.64 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-2), 7.10 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-3), 8.29 (1H, dd, $J = 1.5, 8.5$ Hz, H-5), 8.05 (1H, dd, $J = 1.5, 8.5$ Hz, H-8), 7.70 (1H, ddd, $J = 1.5, 7.0, 7.0$ Hz, H-7), 7.47 (1H, ddd, $J = 1.5, 7.0, 7.0$ Hz, H-6), 4.48 (3H, s, 4-OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 142.7 (C-2), 104.0 (C-3), 156.1 (C-4), 121.4 (C-5), 123.0 (C-6), 128.8 (C-7), 126.9 (C-8), 144.8 (C-9), 117.7 (C-10), 104.0 (C-11), 163.1 (C-12), 58.2 (4-OCH₃)。上述数据与文献报道一致^[6], 故鉴定化合物 **6** 为白鲜碱。

化合物 **7**: 黄色粉末, mp 116~118 °C, 碘化铯钾反应呈阳性, ESI-MS m/z : 230.2 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{13}H_{11}NO_3$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 8.02 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-5), 7.45 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2), 7.25 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-8), 7.01 (1H, dd, $J = 9.5, 2.5$ Hz, H-6), 6.89 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-3), 4.27 (3H, s, 4-OCH₃), 3.88 (3H, s, 7-OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 164.3 (C-9a), 160.8 (C-7), 156.7 (C-4), 147.5 (C-8a), 142.2 (C-2), 123.4 (C-5), 116.3 (C-6), 113.2 (C-5a), 105.8 (C-8), 104.6 (C-3), 101.6 (C-4a), 58.6 (4-OCH₃), 55.2 (7-OCH₃)。经与文献报道的数据比较^[7], 鉴定化合物 **7** 为吴茱萸春。

化合物 **8**: 黄色粉末, 碘化铯钾反应呈阳性, ESI-MS m/z : 230.2 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{13}H_{11}NO_3$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 7.91 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-8), 7.62 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2), 7.51 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 7.36 (1H, dd, $J = 9.5, 2.5$ Hz, H-7), 7.06 (1H, d, $J = 3.0$ Hz, H-3), 4.45 (3H, s, 4-OCH₃), 3.94 (3H, s, 6-OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 162.5 (C-9a), 156.0 (C-6), 155.6 (C-4), 143.6 (C-8a), 141.3 (C-2), 129.2 (C-8), 125.5 (C-7), 103.6 (C-6), 122.4 (C-5a), 104.5 (C-3), 100.0 (C-4a), 58.9 (4-OCH₃), 55.5 (7-OCH₃)。经与文献报道的数据比较^[8], 鉴定化合物 **8** 为 6-甲氧基白鲜碱。

化合物 **9**: 浅黄色柱状晶体 ($CHCl_3$ -MeOH),

mp 175~177 °C, 碘化铯钾反应呈阳性, ESI-MS m/z : 259 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{14}H_{13}O_4N$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 7.52 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-2), 6.97 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-3), 7.95 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-5), 7.17 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-6), 4.36 (3H, s, 4-OCH₃), 4.08 (3H, s, 8-OCH₃), 3.98 (3H, s, 7-OCH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 142.8 (C-2), 104.6 (C-3), 101.8 (C-3a), 157.0 (C-4), 114.7 (C-4a), 118.0 (C-5), 111.8 (C-6), 141.3 (C-7), 151.9 (C-8), 141.8 (C-8a), 164.2 (C-8b), 58.9 (4-OCH₃), 56.6 (7-OCH₃), 61.5 (8-OCH₃)。上述数据与文献报道一致^[9], 故鉴定化合物 **9** 为茵芋碱。

化合物 **10**: 淡黄色结晶 (MeOH), $[\alpha]_D^{20} +73^\circ$ (c 0.001 2, MeOH), ESI-MS m/z : 304 $[M+H]^+$, 结合该化合物氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{18}H_{13}O_2N_3$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.90 (1H, dd, $J = 5.0$, 3.5 Hz, H-7), 7.12 (1H, m, H-10), 7.29 (1H, m, H-11), 7.35 (1H, dd, $J = 8.0$, 7.5 Hz, H-3), 7.42 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-12), 7.65 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-1), 7.72 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-9), 7.81 (1H, m, H-2), 8.25 (1H, dd, $J = 8.5$, 1.5 Hz, H-4), 3.49 (1H, dd, $J = 17.0$, 1.5 Hz, H-8ax), 3.37 (1H, dd, $J = 17.0$, 6.5 Hz, H-8eq); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 28.7 (C-8), 75.3 (C-7), 113.4 (C-12), 116.1 (C-8a), 120.9 (C-4a), 121.3 (C-10), 122.3 (C-9), 126.3 (C-11), 127.4 (C-3), 127.8 (C-1), 128.1 (C-4), 128.2 (13a), 136.4 (C-2), 140.7 (C-12a), 145.0 (C-13b), 149.5 (C-14a), 163.3 (C-5)。以上数据与文献报道一致^[10], 故鉴定化合物 **10** 为 7-羟基吴茱萸次碱。

化合物 **11**: 无色结晶 ($CHCl_3$ -MeOH), mp 131~132 °C, dragendorff 显色呈阳性, 提示为生物碱类化合物, ESI-MS m/z : 266 $[M+Na]^+$, 结合氢碳谱数据确定其分子式为 $C_{15}H_{17}NO_2$ 。 1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 7.80 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-5), 7.51 (1H, t,

$J = 7.5$ Hz, H-7), 7.34 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-8), 7.27 (1H, t, $J = 7.5$ Hz, H-6), 提示化合物结构中含有邻二取代苯, 5.23 (1H, m, H-2') 提示可能存在 1 个双键。其余质子信号为 δ : 3.35 (2H, d, $J = 7.0$ Hz, H-1'), 3.95 (3H, s, 4-OCH₃), 1.80 (3H, s, 5'-CH₃), 1.69 (3H, s, 4'-CH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 166.5 (C-2), 139.0 (C-8a), 133.5 (C-3'), 131.6 (C-7), 124.2 (C-5), 123.7 (C-3), 123.6 (C-6), 122.9 (C-2'), 118.5 (C-4a), 116.8 (C-8), 62.6 (4-OCH₃), 24.4 (C-1'), 26.0 (5'-CH₃), 18.2 (4'-CH₃)。经与文献报道的数据比较^[11], 鉴定化合物 **11** 为阿塔宁 I。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 龚慕辛, 宋亚芳, 王智民, 等. 吴茱萸化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(6): 792-794.
- [3] 杨秀伟. 吴茱萸碱、吴茱萸次碱和去氢吴茱萸碱的碳氢 NMR 信号全指定 [J]. 波谱学杂志, 1999, 16(6): 564-568.
- [4] Sergio M L, José F G, Marcelino G, *et al.* Antitrypanosomal alkaloids from the marine bacterium *Bacillus pumilus* [J]. *Molecules*, 2012, 17: 11146-11155.
- [5] 王金兰, 李灵娜, 贺礼东. 牵牛全草的化学成分研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2007, 3(19): 427-429.
- [6] 康胜利, 王素贤, 朱廷儒. 中药白鲜皮活性成分的研究 [J]. 沈阳药学院学报, 1983, 18(6): 11.
- [7] 李硕果, 杨茵, 叶文才. 三桠苦的化学成分研究 [J]. 中草药, 2010, 41(7): 1052-1056.
- [8] Steck W, Bailey B, Shyluk J. Coumarins and alkaloids from cell cultures of *Ruta Graveolens* [J]. *Phytochemistry*, 1971(10): 191-194.
- [9] 刘锁兰, 魏璐雪, 王动, 等. 青花椒化学成分的研究 [J]. 药学学报, 1991, 26(11): 836-840.
- [10] Ikuta A, Urabe H, Nakamura T. A new indolopyridoquinazoline-type alkaloid from phellodendron amurense callus tissues [J]. *J Nat Prod*, 1998(61): 1012-1014.
- [11] Shin H K, Do J C, Son J K, *et al.* Quinoline alkaloids from the fruits of *Evodia officinalis* [J]. *Planta Med*, 1998, 64(8): 764-765.