

• 化学成分 •

海南角果木中 1 个新的苯丙素类化合物

王亚楠, 李敏一*

暨南大学药学院, 广东 广州 510632

摘要:目的 研究海南红树植物角果木 *Ceriops tagal* 醋酸乙酯部位的化学成分。方法 采用溶剂法进行提取和萃取, 通过多种柱色谱、重结晶及高效液相色谱等方法进行分离纯化; 利用理化性质, 并结合现代分析方法鉴定化合物的结构。结果 从海南红树植物角果木醋酸乙酯部位分离得到 8 个化合物, 分别鉴定为 (*E*)-3-(5-羟基-2,3,4-三甲氧基苯基)丙烯酸甲酯 (1)、3-(3-羟基-2,4,5-三甲氧基苯基)丙烯酸甲酯 (2)、松柏醛 (3)、2,3-二甲氧基-5-(1-丙烯基)苯酚 (4)、丁香酸甲酯 (5)、丁香醛 (6)、银松素甲醚 (7)、棕榈酸 (8)。结论 化合物 1 为新的苯丙素类化合物, 命名为角果木苯丙素 C, 化合物 4~8 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 红树植物; 角果木; 苯丙素类化合物; 丁香醛; 银松素甲醚; 棕榈酸

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2019)03-0541-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.03.001

One new phenylpropanoid from Hainan *Ceriops tagal*

WANG Ya-nan, LI Min-yi

College of Pharmacy, Jinan University, Guangzhou 510632, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents from the ethyl acetate fraction of *Ceriops tagal*. **Methods** Compounds were isolated and purified by various column chromatography, recrystallization, and HPLC. And their structures were elucidated by physicochemical property and spectral analysis. **Results** Eight compounds were isolated from the ethyl acetate fraction of *Ceriops tagal* and identified as (*E*)-methyl-3-(5-hydroxy-2,3,4-trimethoxyphenyl)acrylate (1), tagalphenylpropionidin A (2), coniferyl aldehyde (3), 2,3-dimethoxy-5-(1-propenyl)phenol (4), methyl syringate (5), syringaldehyde (6), pinosylvin monomethyl ether (7), and *n*-hexadecane acid (8), respectively. **Conclusion** Compound 1 is a new phenylpropanoid, named as tagalphenylpropanoidin C, and compounds 4—8 are obtained from *C. tagal* for the first time.

Key words: mangrove; *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Robinson; phenylpropanoid; syringaldehyde; pinosylvin monomethyl ether; *n*-hexadecane acid

角果木属 *Ceriops* Arn. 植物是生长在热带、亚热带海岸潮间带的红树科 (Rhizophoraceae) 真红树植物^[1]。该属植物在全世界范围内有 5 个种, 分别为角果木 *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Robinson、十雄角果木 *C. decandra* (Griff.) Ding Hou、澳洲角果木 *C. australis* (White) Ballment, Smith et Stoddart、齐氏角果木 *C. zippeliana* Blume 和拟十雄角果木 *C. pseudodecandra* sp. nov. Sheue, Liu, Tsai et Yang^[2]。我国仅产 1 种, 即角果木, 主要分布于海南省^[3]。

角果木具有消肿解毒、收敛止血的功效, 在民间可做药用, 用于恶疮、无名肿毒、虫蛇咬伤等症。还可用于溃疡久不愈、吐血、大便出血以及各种外伤出血^[4-6]。迄今为止, 关于该属植物的化学成分研究主要集中在含量丰富的萜类化学成分, 而微量的苯丙素类化合物鲜有报道。为了进一步丰富其化学结构的多样性, 寻找具有良好生物活性的药用先导化合物, 本实验对采自中国海南省的角果木进一步开展深入研究, 从其醋酸乙酯部位中分离鉴定了 8 个

收稿日期: 2018-10-23

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (81473133); 广州市珠江科技新星专项 (2014J2200012)

作者简介: 王亚楠 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为天然药物化学。Tel: 18850576193 E-mail: 18850576193@163.com

*通信作者 李敏一, 女, 副教授, 博士, 主要从事中药及天然药物活性成分研究。Tel: (020)85221646 E-mail: liminyi_jnu@163.com

化合物, 分别为 (*E*)-3-(5-羟基-2,3,4-三甲氧基苯基)丙烯酸甲酯 [(*E*)-methyl-3-(5-hydroxy-2,3,4-trimethoxyphenyl) acrylate, **1**]、tagalphenylpropanoidin A (**2**)、松柏醛 (coniferyl aldehyde, **3**)、2,3-二甲氧基-5-(1-丙烯基)苯酚 (2,3-dimethoxy-5-(1-propenyl) phenol, **4**)、丁香酸甲酯 (methyl syringate, **5**)、丁香醛 (syringaldehyde, **6**)、银松素甲醚 (pinosylvin monomethyl ether, **7**)、棕榈酸 (*n*-hexadecane acid, **8**)。其中, 化合物 **1** 为新的苯丙素类化合物 (图 1), 命名为角果木苯丙素 C; 化合物 **4**~**8** 为首次从该植物中分离得到。

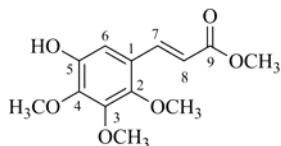


图 1 化合物 **1** 的结构

Fig. 1 Structure of compound **1**

1 仪器与材料

柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂, 100~200 目、H 硅胶); 薄层色谱硅胶 (青岛海洋化工厂, H 硅胶); C₁₈ 反相 ODS (日本 YMC 公司); C₁₈ 色谱柱 (日本 YMC 公司, 250 mm×10 mm, 5 μm, 半制备型; 250 mm×4.5 mm, 5 μm, 分析型); 半制备型 Alltech 高效液相色谱仪 (426 泵) 和 UV-Vis200 型紫外检测器 (美国 Alltech 公司); AVANCE III 400 型核磁共振波谱仪 (美国 Bruker 公司); Waters Xevo G2 Q-TOF 质谱仪 (美国 Waters 公司); P-1020 型旋光测定仪 (日本 JASCO 公司); V-550 UV/VIS 型紫外分析仪 (日本 JASCO 公司); FT/IR-4600 型红外光谱仪 (日本 JASCO 公司); 色谱纯乙腈、甲醇 (德国 Merck 公司); 其他常规试剂为北京通广精细化工公司分析纯试剂, 均重蒸。

海南红树角果木枝条于 2017 年 3 月采集于中国海南红树林湿地, 由暨南大学药学院李敏一副教授鉴定为角果木 *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Robinson 的枝条。样品标本 (20170329) 保存于暨南大学药学院。

2 提取与分离

将角果木枝条晾干、粉碎成粗粉, 称定 13 kg, 用 95%乙醇室温提取 5 次 (60 L/次), 每次提取 2 d, 过滤后合并滤液, 减压浓缩得总浸膏 950.9 g。将总浸膏分散于水中后, 依次加入石油醚和醋酸乙酯分别萃取 3~5 次 (10 L/次), 将各部分分别合并, 减

压浓缩后分别得到石油醚部位 26.3 g, 醋酸乙酯部位 385.2 g。

醋酸乙酯部位加入 1.2~1.5 倍量的柱色谱硅胶 (100~200 目) 拌样后, 经正相硅胶 (100~200 目) 柱色谱分离, 氯仿-甲醇 (100:1→5:1) 梯度洗脱, 经 TLC 检识和 HPLC 分析后, 合并相同组分, 得到 9 个流分 (Fr. A~I)。

Fr. B 流分经硅胶柱色谱, (石油醚-醋酸乙酯 30:1) 等度洗脱, 得到 8 个子流分 (Fr. B1~B8)。Fr. B5 (480.3 mg) 经反复硅胶柱色谱 (石油醚-丙酮 15:1) 纯化得到化合物 **4** (2.3 mg)。

Fr. D 流分通过硅胶柱色谱, 用石油醚-醋酸乙酯 (15:1→0:1) 为洗脱剂进行梯度洗脱, 分成 12 个子流分 (Fr. D1~D12)。Fr. D8 (1.88 g) 经反相 ODS 柱色谱分离, 丙酮-水 (30:100→100:0) 梯度洗脱, 得到 20 个子流分 (Fr. D8-1~D8-20) 和化合物 **8** (6.8 mg)。Fr. D8-6 (371.2 mg) 经 TLC 制备板制备, 得到化合物 **7** (113.3 mg); Fr. D8-8 经半制备高效液相色谱分离, 甲醇-水 (53:47, 2 mL/min) 为流动相, 检测波长 283 nm, 分离得到化合物 **1** (8.4 mg, *t_R*=39.1 min) 和 **2** (2.0 mg, *t_R*=50.6 min)。

Fr. D9 (664.9 mg) 经正相硅胶柱色谱分离, 用石油醚-醋酸乙酯 (4:1→0:1) 为洗脱剂进行梯度洗脱, 分成 9 个子流分 (Fr. D9-1~D9-9)。Fr. D9-4 经半制备高效液相色谱分离, 甲醇-水 (53:47, 2 mL/min) 为流动相, 检测波长 283 nm, 分离得到化合物 **3** (2.0 mg, *t_R*=11.2 min) 和 **5** (3.4 mg, *t_R*=12.6 min)。

Fr. D10 流分经正相硅胶柱色谱, 环己烷-丙酮 (5:1→0:1) 以及重结晶得到化合物 **6** (86.4 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色油状物, 易溶于丙酮、氯仿和甲醇。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 223, 294; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 432, 2 943, 2 361, 2 335, 1 708, 1 462, 1 197, 1 111。由 HR-ESI-MS 知准分子离子峰 *m/z* 267.086 9 [*M*-H]⁺ (计算值 267.086 9), 由此确定其相对分子质量为 268, 分子式为 C₁₃H₁₆O₆, 不饱和度为 6。

¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) 谱中, 低场区显示有 3 个烯 (或芳香) 氢质子信号, 其中包括 1 组反式双键的信号 δ_{H} 6.37 (1H, d, *J* = 16.2 Hz) 和 7.89 (1H, d, *J* = 16.2 Hz); 1 个芳香单质子信号 δ_{H} 6.88 (1H, s); 氢谱有 4 个明显的甲氧基氢信号 δ_{H} 3.80 (3H, s), 3.83 (3H, s), 3.92 (3H, s), 4.00 (3H, s), 说明

结构中存在 1 个五取代的苯环。核磁数据 (表 1) 显示该化合物有 1 个酯羰基 (δ_C 167.8 qC) 和 1 个双键 (δ_C 118.2 CH; δ_C 139.2 CH), 以及五取代的苯环的 6 个碳信号, 据此推测该化合物是 1 个苯丙素类化合物, 其核磁数据与 tagalphenylpropanoidin A (化合物 2) 相似。

在 HMBC 谱图 (图 2) 中, H-6 与 C-2、C-4 和 C-7, H-7 与 C-2、C-6 和 C-9 以及 H-8 与 C-1 和 C-9 均存在相关信号, 可以推断出化合物 1 的骨架为 1-丙烯酸酯-2,3,4,5-四取代苯, 符合不饱和度的计算值, 表明化合物 1 是苯丙酸的衍生物。在 HMBC 谱图中, 还可以明显观察到, 第 1 个甲氧基 δ_H 3.80 (3H, s) 与 C-9 有相关信号; 第 2 甲氧基 δ_H 3.83 (3H, s) 与 C-2 有相关信号; 第 3 个甲氧基 δ_H 3.92 (3H, s) 与 C-3 有相关信号, 第 4 甲氧基 δ_H 4.00 (3H, s) 与 C-4 有相关信号。由此, 可确定 4 个甲氧基的取代位点。

表 1 化合物 1 的 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz) 和 $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz) 数据

Table 1 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz) and $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz) spectroscopic data for compound 1

碳位	δ_H	δ_C
1		123.6
2		147.0
3		146.1
4		142.3
5		145.4
6	6.88 (s)	107.1
7	7.89 (d, $J = 16.2$ Hz)	139.2
8	6.37 (d, $J = 16.2$ Hz)	118.2
9		167.8
2-OCH ₃	3.83 (s)	62.0
3-OCH ₃	3.92 (s)	61.1
4-OCH ₃	4.00 (s)	61.4
9-OCH ₃	3.80 (s)	51.8

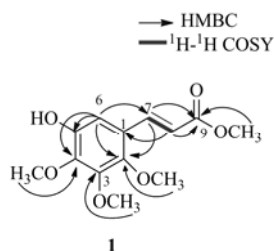


图 2 化合物 1 的重要 HMBC 和 $^1\text{H-}^1\text{H}$ COSY 相关
Fig. 2 Key HMBC and $^1\text{H-}^1\text{H}$ COSY correlation of compound 1

该化合物是平面刚性结构, 与化合物 2 的区别在于 C-3, 5 位的取代基。根据化合物 1 的 HMBC 谱 (图 2) 上 3-OCH₃/C-3 和 H-6/C-5 的相关信号, 再结合相对分子质量信息, 可以判断出 5 位的取代基是 -OH, 最终证实以上结构推断。综上所述, 化合物 1 被鉴定为 (*E*)-3-(5-羟基-2,3,4-三甲氧基苯基) 丙烯酸甲酯, 经各数据库检索确定其为新化合物, 命名为角果木苯丙素 C。

化合物 2: 淡黄色油状物, 易溶于丙酮、氯仿和甲醇。UV $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$ (nm): 230, 203; IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3 287, 1 670, 1 598, 1 512, 1 459, 1 329, 1 103。HR-ESI-MS m/z : 269.102 8 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 267.087 1 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 表明该化合物的相对分子质量为 268, 分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{16}\text{O}_6$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.90 (1H, d, $J = 16.1$ Hz, H-7), 6.60 (1H, s, H-6), 6.42 (1H, d, $J = 16.1$ Hz, H-8), 3.95 (3H, s, 4-OCH₃), 3.86 (3H, s, 5-OCH₃), 3.85 (3H, s, 2-OCH₃), 3.81 (3H, s, 9-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 167.6 (C-9), 148.9 (C-5), 142.8 (C-3), 141.7 (C-2), 139.4 (C-7), 138.5 (C-4), 122.5 (C-1), 118.0 (C-8), 100.9 (C-6), 61.7 (2-OCH₃), 61.2 (4-OCH₃), 56.0 (5-OCH₃), 51.7 (9-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[7], 故鉴定化合物 2 为 3-(3-羟基-2,4,5-三甲氧基苯基) 丙烯酸甲酯, 即 tagalphenylpropanoidin A。

化合物 3: 白色针晶 (二氯甲烷)。易溶于甲醇, 能溶于丙酮。UV $\lambda_{\text{max}}^{\text{MeOH}}$ (nm): 249, 340; IR $\nu_{\text{max}}^{\text{KBr}}$ (cm^{-1}): 3 391, 1 699, 1 610, 1 514, 1 336, 1 112。HR-ESI-MS m/z : 179.247 4 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 177.068 5 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 表明该化合物的相对分子质量为 178, 分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{10}\text{O}_3$ 。 $^1\text{H-NMR}$ 谱图上显示了 9 个氢信号, 包括 1 个醛基氢 (δ_H 9.95, 1H, d, $J = 7.7$ Hz)、3 个芳香氢 (δ_H 7.07, 1H, d, $J = 1.8$ Hz; 7.12, 1H, dd, $J = 8.2, 1.8$ Hz; 6.96, 1H, d, $J = 8.2$ Hz)、1 对双键氢 (δ_H 7.40, 1H, d, $J = 15.8$ Hz; 6.59, 1H, dd, $J = 15.8, 7.7$ Hz)、1 个甲氧基氢 (δ_H 3.95, 3H, s)。 $^{13}\text{C-NMR}$ 谱图上显示 10 个碳信号。根据 $^1\text{H-NMR}$ 、 $^{13}\text{C-NMR}$ 数据可知化合物 3 结构中含有 1 个苯环、1 个双键、1 个醛基、1 个甲氧基。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3) δ : 9.95 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, H-1), 6.59 (1H, dd, $J = 15.8, 7.7$ Hz, H-2), 7.40 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-3), 7.07 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'), 6.96 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 7.12 (1H, dd, $J = 8.2, 1.8$ Hz, H-6'), 3.95 (3H, s, 3'-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3) δ : 193.9 (C-1), 124.3

(C-2), 149.2 (C-3), 126.9 (C-1'), 109.7 (C-2'), 147.2 (C-3'), 153.3 (C-4'), 115.2 (C-5'), 126.7 (C-6'), 56.3 (3'-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[8], 故鉴定化合物 **3** 为松柏醛。

化合物 **4**: 淡黄色油状物, 易溶于丙酮、氯仿和甲醇。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 221, 264; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 415, 1 704, 1 630, 1 463, 1 114。HR-ESI-MS m/z : 193.086 5 [M-H]⁺, 表明该化合物的相对分子质量为 194, 分子式为 C₁₁H₁₄O₃。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.60 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-6), 6.44 (1H, d, J = 2.3 Hz, H-4), 6.27 (1H, dq, J = 16.0, 1.6 Hz, H-1'), 6.13 (1H, dd, J = 15.8, 6.6 Hz, H-2'), 5.69 (1H, s, 1-OH), 3.88 (3H, s, 3-OCH₃), 3.87 (3H, s, 2-OCH₃), 1.86 (3H, dd, J = 6.6, 1.6 Hz, -CH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 149.2 (C-1), 134.6 (C-2), 152.3 (C-3), 101.9 (C-4), 134.3 (C-5), 105.4 (C-6), 130.7 (C-1'), 125.5 (C-2'), 18.4 (CH₃), 55.8 (3-OCH₃), 61.0 (2-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[9], 故鉴定化合物 **4** 为 2,3-二甲氧基-5-(1-丙烯基)苯酚。

化合物 **5**: 白色固体, 易溶于丙酮、氯仿和甲醇。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 221, 278; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 421, 2 944, 1 700, 1 614, 1 514, 1 340, 1 111。HR-ESI-MS m/z : 211.076 6 [M-H]⁻, 表明该化合物的相对分子质量为 212, 分子式为 C₁₀H₁₂O₅。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.32 (2H, s, H-2, 6), 5.95 (brs, 4-OH), 3.93 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.89 (3H, s, COOCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 121.2 (C-1), 106.8 (C-2, 6), 146.8 (C-3, 5), 139.3 (C-4), 146.8 (C-5), 106.8 (C-6), 167.0 (CO), 56.6 (3, 5-OCH₃), 52.2 (COOCH₃)。以上数据与文献报道一致^[10], 故鉴定化合物 **5** 为丁香酸甲酯。

化合物 **6**: 白色粉末, 易溶于丙酮、氯仿和甲醇。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 208, 231, 305; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 288, 1 672, 1 609, 1 585, 1 511, 1 330, 1 105, 829。HR-ESI-MS m/z : 183.069 7 [M+H]⁺, 表明该化合物的相对分子质量为 182, 分子式为 C₉H₁₀O₄。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 9.81 (1H, s, -CHO), 7.15 (2H, s, H-2, 6), 6.09 (1H, s, -OH), 3.96 (6H, s, 2×-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 128.5 (C-1), 106.9 (C-2, 6), 147.5 (C-3, 5), 141.0 (C-4), 190.9 (-CHO), 56.6 (3, 5-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[11], 故鉴定化合物 **6** 为丁香醛。

化合物 **7**: 棕色固体, 易溶于丙酮、氯仿和甲

醇。UV $\lambda_{\max}^{\text{MeOH}}$ (nm): 229, 293; IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ (cm⁻¹): 3 426, 1 704, 1 630, 1 463, 1 114, 818, 794, 650。HR-ESI-MS m/z : 225.911 6 [M-H]⁺, 表明该化合物的相对分子质量为 226, 分子式为 C₁₅H₁₄O₂。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.50 (2H, d, J = 7.4 Hz, H-2', 6'), 7.36 (2H, t, J = 7.4 Hz, H-3', 5'), 7.27 (1H, t, J = 7.4 Hz, H-4'), 7.04 (1H, d, J = 16.3 Hz, H-8), 6.98 (1H, d, J = 16.3 Hz, H-7), 6.65 (1H, s, H-6), 6.61 (1H, s, H-2), 6.34 (1H, s, H-4), 3.83 (3H, s, 3-OCH₃); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 161.1 (C-3), 156.8 (C-5), 139.7 (C-1), 137.1 (C-1'), 129.4 (C-8), 128.7 (C-3', 5'), 128.3 (C-7), 127.8 (C-4'), 126.6 (C-2', 6'), 105.9 (C-2), 105.0 (C-6), 100.9 (C-4), 55.4 (3-OCH₃)。以上数据与文献报道一致^[12], 故鉴定化合物 **7** 为银松素甲醚。

化合物 **8**: 无色片状结晶 (丙酮), 易溶于氯仿, 能溶于丙酮、甲醇。HR-ESI-MS m/z : 255.232 9 [M-H]⁻, 表明该化合物的相对分子质量为 256, 分子式为 C₁₆H₃₂O₂。¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 2.35 (2H, t, J = 7.5 Hz, H-2), 1.63 (2H, m, H-3), 1.26 (24H, m, 12×CH₂), 0.87 (3H, t, J = 6.8 Hz, H-16); ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 179.6 (C-1), 34.1 (C-2), 32.1 (C-3), 29.9, 29.8, 29.8, 29.8, 29.7, 29.6, 29.5, 29.4, 29.2, 29.5 (C-4~13), 24.9 (C-14), 22.9 (C-15), 14.3 (C-16)。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 **8** 为棕榈酸。

参考文献

- [1] Wu J, Xiao Q, Xu J, *et al.* Natural products from true mangrove flora: Source, chemistry and bioactivities [J]. *Nat Prod Rep*, 2008, 40(23): 955-981.
- [2] Tsai C C, Li S J, Su Y Y, *et al.* Molecular phylogeny and evidence for natural hybridization and historical introgression between *Ceriops* species (Rhizophoraceae) [J]. *Biochem System Ecol*, 2012, 43(4): 178-191.
- [3] 廖宝文, 张乔民. 中国红树林的分布、面积和树种组成 [J]. *湿地科学*, 2014, 12(4): 435-439.
- [4] Zhang Y, Deng Z, Gao T, *et al.* Tagalsins A-H, dolabrane-type diterpenes from the mangrove plant, *Ceriops tagal* [J]. *Cheminformation*, 2005, 36(49): 1465-1471.
- [5] Fun H K, Pakhathirathien C, Chantrapromma S, *et al.* 7-Ethenyl-1-[(Z)-hydroxy-methyl-iden]-4b,7,10a-trimethyl-perhydro-phenanthren-2-one [J]. *Acta Crystallogr*, 2006,

- 62(12): 5539-5541.
- [6] Ouyang X W, Wang X C, Yue Q X, *et al.* A new dolabrane-type diterpene from *Ceriops tagal* [J]. *Nat Prod Commun*, 1934, 5(1): 9-12.
- [7] Ni S J, Li J, Li M Y. Two new phenylpropanoids from the Chinese mangrove *Ceriops tagal* [J]. *Nat Prod Res*, 2017, 32(14): 1-6.
- [8] 谢红刚, 张宏武, 张江, 等. 羊耳菊的化学成分 [J]. 中国天然药物, 2007, 5(3): 193-196.
- [9] Sairafianpour M, Kayser O, Christensen J, *et al.* Leishmanicidal and antiplasmodial activity of constituents of *Smirnowia iranica* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(12): 1754-1758.
- [10] 谭俊杰, 蒋山好, 朱大元. 天山棱子芹化学成分的研究 [J]. 天然产物研究与开发, 2005, 17(3): 267-271.
- [11] 张德武, 戴胜军, 刘万卉, 等. 野葛藤的化学成分 [J]. 中国天然药物, 2010, 8(3): 196-198.
- [12] 易乾坤, 李波, 刘吉开. 假酸浆中新的醉茄内酯类化合物 [J]. 植物分类与资源学报, 2012, 34(1): 101-106.
- [13] 任茜茜, 周慧超, 贺爽, 等. 蓝萼香茶菜化学成分及抗肿瘤活性研究 [J]. 新乡医学院学报, 2016, 33(4): 261-266.