

海南染木树茎的化学成分研究(I)

张俊燕, 王 燕, 陈文豪, 宋小平, 陈光英*, 傅 波, 陈 怡

热带药用植物化学教育部重点实验室 海南师范大学化学与化工学院, 海口 571158

摘要: 研究海南染木树茎的化学成分, 采用硅胶、SehadexLH-20、ODS、HPLC 等色谱技术对海南染木树茎乙醇提取物的乙酸乙酯部位进行分离和纯化, 结合光谱数据和理化性质鉴定化合物的结构, 分别为: 4-甲基苯并唑啉-5, 10-二酮(1)、白兰花碱(2)、鹅掌楸碱(3)、吡啶-3-甲醛(4)、羽扇豆醇(5)、霍烷-3, 30-二醇(6)、熊果酸(7)、白桦酯酸(8)、30-羟基羽扇豆醇(9)、甾醇(10)、3 β -乙酰基齐墩果醛(11)。其中, 化合物 4、7 为首次从染木树属植物中分离得到, 5、6、8、9~11 为首次从该植物中分离得到。首次对化合物 2 的碳谱数据进行了归属。

关键词: 染木树属; 海南染木树; 生物碱; 三萜

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

Chemical Constituents from the Stem of *Saprosma hainanense* (I)

ZHANG Jun-yan, WANG Yan, CHEN Wen-hao, SONG Xiao-ping, CHEN Guang-ying*, FU Bo, CHEN Yi

Key Laboratory of Tropical Medicinal Plant Chemistry of Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan Normal University, Haikou 571158, China

Abstract: Eleven compounds were isolated from the ethyl acetate portion of the stem of *Saprosma hainanense*, including four alkaloids, six triterpenes and one sterol. On the basis of spectral data and chemical evidences, their structures were identified as cleistopholine(1), michelalbine(2), liriodenine(3), 1H-indole-3-carboxaldehyde(4), lupeol(5), 21-Hop-22(29)-ene-3,30-diol(6), ursolic acid(7), betulinic acid(8), 30-hydroxy lupeol(9), stigmasterol(10), 3 β -acetyl oleanolic aldehyde(11). Compounds 4 and 7 were isolated from this genus for the first time, while 5, 6, 8 and 9-11 were isolated from the plant for the first time. Compound 2 has no ¹³C NMR data reported until now.

Key words: *Saprosma*; *Saprosma hainanense*; alkaloids; triterpenes

海南染木树(*Saprosma hainanense*)为茜草科(Rubiaceae)染木树属(*Saprosma*)植物, 仅产于我国海南省, 为当地常用药材, 具有镇痛、健胃、消炎和止血的功效^[1-3]。目前针对海南染木树化学成分的研究很少, 仅本课题组前期开展了一些化学成分的研究工作^[4,5], 为了促进对该属植物的开发利用, 阐明其化学成分以及寻找新的具有生理活性的化合物, 我们对其进行了更进一步的化学成分研究, 从其85%乙醇提取物的乙酸乙酯萃取部位分离得到11个化合物, 其中包括4个生物碱, 6个三萜, 1个甾醇类化合物。其中, 化合物4、7为首次从染木树属植物中分离得到, 5、6、8、9~11为首次从海南染木树中分离得到。

1 仪器与材料

Bruker AV-400 MHz 型核磁共振仪(瑞士布鲁克公司); Thermo Nicolet 6700(美国尼高力公司); HPLC(美国安捷伦科技公司); 葡聚糖凝胶 SephadexLH-20[安法玛西亚技术(上海)有限公司]; 柱层析硅胶和薄层层析硅胶板(青岛海洋化工厂); 色谱试剂均为分析纯。

海南染木树(*Saprosma hainanense*)茎2012年5月采自于海南昌江县霸王岭自然保护区, 经海南师范大学生命科学学院钟琼芯教授鉴定, 标本现存于海南师范大学教育部热带药用植物化学重点实验室。

2 提取与分离

将海南染木树茎粉末(13.5 kg), 用85%的乙醇浸泡提取3次, 第一次3 d, 第二次5 d, 第三次7 d, 合并提取液, 减压浓缩, 得粘稠状棕色浸膏900 g;

收稿日期: 2014-05-06

接受日期: 2014-08-15

基金项目: 国家自然科学基金(21162009, 31360069, 21202030); 国家级大学生创新训练项目(201311658019)

* 通讯作者 Tel: 86-898-31381687; E-mail: chgying123@163.com

将浸膏分散在 1000 mL 蒸馏水中,依次用等体积的石油醚和乙酸乙酯萃取 3 次,减压浓缩,得石油醚部位(40 g)、乙酸乙酯部位(83.5 g)和水相部位(150 g)。乙酸乙酯部位浸膏(83.5 g),用硅胶拌样,以石油醚-乙酸乙酯(100:0~0:100, V/V)进行梯度洗脱,并按体积收集馏分。经 TLC 检测合并相似流分成 6 个流分即 Fr. 1~6。Fr. 1 流分用石油醚-乙酸乙酯(1:0~0:1, V/V)梯度洗脱得化合物 **3**(10 mg)、**6**(18 mg)、**7**(8 mg)。Fr. 2 流分以氯仿-乙酸乙酯梯度洗脱,得到 Fr. 2.1 和化合物 **1**(17 mg), Fr. 2.1 经 Sephadex LH-20 柱得化合物 **2**(15 mg)、**11**(15 mg)。Fr. 3 流分用硅胶拌样,以石油醚-乙酸乙酯(5:1, V/V)进行梯度洗脱,然后经 ODS 柱色谱(氯仿:甲醇=1:1)分离,得到化合物 **4**(10 mg)和 **5**(34 mg)。Fr. 4 流分以石油醚:乙酸乙酯(3:1, V/V)梯度洗脱,部分合并,再用硅胶拌样,以氯仿:乙酸乙酯(8:1, V/V)梯度洗脱,再经制备 HPLC 得到化合物 **8**(15 mg)、**9**(25 mg)、**10**(10 mg)。

3 结构鉴定

化合物 1 黄色粉末,易溶于氯仿。碘化铊钾显色反应呈阳性。 $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 8.90 (1H, d, $J = 4.8$ Hz, H-2), 7.50 (1H, dd, $J = 4.8, 0.8$ Hz, H-3), 8.34 (1H, m, H-5), 7.79 (2H, m, H-6, 7), 8.24 (1H, m, H-8), 2.92 (3H, s, $-\text{CH}_3$); $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 153.4 (C-2), 131.2 (C-3), 151.6 (C-4), 129.2 (C-4a), 127.5 (C-5), 134.2 (C-6), 134.6 (C-7), 127.5 (C-8), 127.3 (C-8a), 184.9 (C-9), 150.3 (C-9a), 181.9 (C-10), 132.7 (C-10a), 22.8 ($-\text{CH}_3$)。以上数据与文献^[6]报道一致,故鉴定化合物 **1** 为 4-甲基苯并喹啉-5,10-二酮。

化合物 2 黄色粉末,易溶于氯仿,甲醇。碘化铊钾显色反应呈阳性。 $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 6.56 (1H, s, H-3), 2.62 (1H, dd, $J = 3.6, 16.0$ Hz, H-4), 2.96 (1H, m, H-4), 3.08 (1H, dt, $J = 12.4, 4.0$ Hz, H-5), 3.13~3.39 (1H, m, H-5), 4.60 (1H, d, $J = 2.8$ Hz, H-7), 7.41 (1H, dd, $J = 1.6, 8.0$ Hz, H-8), 7.27 (1H, dt, $J = 8.0, 1.6$ Hz, H-9), 7.36 (1H, dd, $J = 8.0, 1.6$ Hz, H-10), 8.14 (1H, d, $J = 8.0$ Hz, H-11), 6.07 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, $-\text{OCH}_2\text{O}-$), 5.93 (1H, d, $J = 1.2$ Hz, $-\text{OCH}_2\text{O}-$), 4.03 (1H, brs, $-\text{OH}$)。文献^[7-9]检索发现,化合物 **2** 的 $^1\text{H NMR}$ 谱与文献中报道数据一致,但至今未见该化合物的碳谱数据报

道。结合 $^1\text{H}-^1\text{H COSY}$ 、HMQC 和 HMBC 相关谱数据,我们对化合物 **2** 的碳谱进行了归属。数据如下: $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 142.7 (C-1), 115.0 (C-1a), 147.1 (C-2), 108.3 (C-3), 123.4 (C-3a), 129.3 (C-3b), 29.3 (C-4), 43.0 (C-5), 57.3 (C-6a), 71.0 (C-7), 135.4 (C-7a), 127.7 (C-8), 127.9 (C-9), 129.0 (C-10), 129.3 (C-11), 130.3 (C-11a), 100.9 ($-\text{OCH}_2\text{O}-$)。综合以上数据,我们鉴定该化合物为白兰花碱。

化合物 3 黄色粉末,易溶于氯仿,甲醇。三氯化铁显色反应为阳性。 $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 7.15 (1H, s, H-3), 7.74 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-4), 8.87 (1H, d, $J = 4.8$ Hz, H-5), 8.58 (2H, d, $J = 14.4, 7.8$ Hz, H-8, 11), 7.56 (1H, t, $J = 7.2$ Hz, H-9), 7.73 (1H, t, $J = 7.6$ Hz, H-10), 6.36 (2H, s, $-\text{OCH}_2\text{O}-$); $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 148.0 (C-1), 119.1 (C-11c), 151.8 (C-2), 106.4 (C-3), 135.9 (C-3a), 123.4 (C-11b), 124.4 (C-4), 145.0 (C-5), 145.5 (C-6a), 182.6 (C-7), 131.4 (C-8), 128.9 (C-11), 128.7 (C-9), 134.0 (C-10), 127.5 (C-11a), 132.8 (C-7a), 104.6 ($-\text{OCH}_2\text{O}-$)。以上数据与文献^[10]报道一致,故鉴定该化合物为鹅掌楸碱。

化合物 4 红色粉末,易溶于氯仿、乙酸乙酯。254 nm 紫外灯照射下显暗斑,碘化铊钾显色反应呈阳性。 $^1\text{H NMR}$ ($\text{Acetone}-d_6$, 400 MHz) δ : 10.04 (1H, s, H-10), 8.23 (1H, d, $J = 7.2$ Hz, H-5), 8.19 (1H, s, H-2), 7.54 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-8), 7.26 (2H, t, $J = 7.6$ Hz, H-6, 7); $^{13}\text{C NMR}$ ($\text{Acetone}-d_6$, 100 MHz) δ : 185.4 (C-10), 138.4 (C-2), 137.9 (C-9), 125.5 (C-4), 124.4 (C-5), 122.9 (C-6), 122.3 (C-7), 120.4 (C-3), 112.8 (C-8)。以上波谱数据和理化性质与文献^[11]报道一致,故鉴定该化合物为呋喃-3-醛。

化合物 5 白色粉末,易溶于氯仿、乙酸乙酯。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾后,加热显紫红色斑点。 $^1\text{H NMR}$ (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 4.66 (1H, s, Hb-29), 4.55 (1H, s, Ha-29), 3.17 (1H, dd, $J = 11.2, 5.0$ Hz, H-3), 2.36 (1H, td, $J = 10.8, 5.7$ Hz, H-2), 1.91 (1H, td, $J = 22.8, 10.4$ Hz, H-19), 1.62 (3H, s, H-30), 1.01 (3H, s, H-26), 0.94 (3H, s, H-23), 0.92 (3H, s, H-27), 0.80 (3H, s, H-25), 0.76 (3H, s, H-28), 0.74 (3H, s, H-24); $^{13}\text{C NMR}$ (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 151.0 (C-20), 109.3 (C-29), 79.2 (C-3), 55.2 (C-

5), 50.4 (C-9), 48.2 (C-18), 48.1 (C-19), 43.2 (C-17), 43.0 (C-14), 41.0 (C-8), 40.1 (C-22), 39.0 (C-4), 38.6 (C-1), 38.1 (C-13), 37.3 (C-10), 35.7 (C-16), 34.4 (C-7), 30.0 (C-21), 28.1 (C-23), 27.5 (C-2), 27.5 (C-15), 25.3 (C-12), 21.1 (C-11), 19.4 (C-30), 18.5 (C-6), 18.1 (C-28), 16.3 (C-25), 16.1 (C-26), 15.5 (C-24), 14.7 (C-27)。以上波谱数据及理化性质与文献^[12]报道一致,故鉴定化合物为羽扇豆醇。

化合物 6 白色粉末,易溶于氯仿。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾后,加热显紫红色斑点。¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 4.69 (1H, s, H-29), 4.67 (1H, s, H-29), 4.16 (2H, s, H-30), 3.33 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-3), 1.67 (3H, s, H-26), 1.23 (3H, s, H-24), 0.95 (3H, s, H-23), 0.93 (3H, s, H-27), 0.78 (3H, s, H-28), 0.68 (3H, s, H-25); ¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 156.4 (C-22), 106.5 (C-29), 78.6 (C-3), 64.4 (C-30), 55.4 (C-5), 51.3 (C-17), 49.3 (C-9), 44.5 (C-13), 43.6 (C-18), 43.3 (C-14), 41.7 (C-8), 40.5 (C-19), 39.7 (C-1), 39.6 (C-4), 39.0 (C-21), 37.9 (C-10), 36.2 (C-16), 35.2 (C-7), 32.1 (C-20), 28.5 (C-23), 28.3 (C-14), 28.2 (C-12), 27.3 (C-2), 21.8 (C-11), 19.1 (C-6), 18.0 (C-28), 16.6 (C-27), 16.5 (C-26), 16.1 (C-25), 15.0 (C-24)。以上波谱数据及理化性质与文献^[13]报道一致,故鉴定该化合物为霍烷-3,30-二醇。

化合物 7 白色粉末,易溶于甲醇。254 nm 和 365 nm 紫外灯下不显色,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾后,加热显紫红色斑点。¹H NMR (MeOD, 400 MHz) δ : 12.75 (1H, s, H-OH), 5.22 (1H, d, $J = 4.6$ Hz, H-12), 3.81 (1H, m, H-3), 1.62 (3H, d, $J = 6.8$ Hz, H-29), 1.71 (3H, d, $J = 7.4$ Hz, H-30), 1.48, 1.52, 1.56, 1.68, 1.70, 1.72, 1.85 (each 3H, s, H-23 ~ 27); ¹³C NMR (MeOD, 100 MHz) δ : 38.6 (C-1), 24.1 (C-2), 79.3 (C-3), 37.1 (C-4), 55.4 (C-5), 18.3 (C-6), 32.8 (C-7), 39.6 (C-8), 47.9 (C-9), 37.4 (C-10), 23.3 (C-11), 125.9 (C-12), 138.0 (C-13), 41.5 (C-14), 27.8 (C-15), 23.7 (C-16), 47.7 (C-17), 52.4 (C-18), 39.1 (C-19), 38.9 (C-20), 30.6 (C-21), 36.8 (C-22), 28.1 (C-23), 17.1 (C-24), 15.5 (C-25), 17.1 (C-26), 23.5 (C-27), 182.2 (C-28), 16.9 (C-29), 21.2 (C-30)。以上波谱数据及

理化性质与文献^[14]报道一致,故鉴定该化合物为熊果酸。

化合物 8 白色针晶,易溶于甲醇。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液喷雾加热后显紫红色斑点。¹H NMR (MeOD, 400 MHz) δ : 4.67 (1H, br s, H-29b), 4.56 (1H, br s, H-29a), 3.27 (1H, m, H-3), 2.98 (1H, m, H-19), 1.65 (3H, s, H-26), 0.96 (3H, s, H-27), 0.92 (3H, s, H-24), 0.86 (3H, s, H-25), 0.82 (3H, s, H-23), 0.77 (3H, s, H-29); ¹³C NMR (MeOD, 100 MHz) δ : 180.2 (C-28), 152.0 (C-20), 110.2 (C-29), 77.0 (C-3), 57.5 (C-17), 51.6 (C-5), 50.3 (C-9), 50.1 (C-18), 48.5 (C-19), 43.5 (C-14), 42.1 (C-4), 39.7 (C-13), 38.5 (C-8), 38.2 (C-10), 38.2 (C-1), 35.5 (C-22), 34.5 (C-2), 33.4 (C-7), 31.7 (C-16), 30.8 (C-21), 29.0 (C-23), 26.7 (C-15), 26.4 (C-12), 22.7 (C-30), 21.9 (C-11), 19.6 (C-25), 19.3 (C-6), 16.6 (C-26), 16.4 (C-27), 15.2 (C-24)。以上波谱数据及理化性质与文献^[15]报道基本一致,故鉴定该化合物为白桦脂酸。

化合物 9 无色针晶,易溶于氯仿、乙酸乙酯。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾加热后显紫红色斑点。¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 4.92 (1H, s, H-29a), 4.86 (1H, s, H-29b), 4.10 (2H, d, $J = 4.8$ Hz, H-30), 3.17 (1H, dd, $J = 11.2, 4.6$ Hz, H-3), 2.27 (1H, td, $J = 13.6, 5.2$ Hz, H-19), 1.00 (3H, s, H-21), 0.94 (3H, s, H-23), 0.92 (3H, s, H-27), 0.80 (3H, s, H-25), 0.75 (3H, s, H-28), 0.74 (3H, s, H-24); ¹³C NMR (CDCl₃, 100 MHz) δ : 156.0 (C-20), 106.7 (C-29), 79.0 (C-3), 65.0 (C-30), 55.2 (C-5), 50.3 (C-9), 49.0 (C-18), 43.7 (C-19), 43.1 (C-17), 42.7 (C-14), 41.0 (C-8), 40.0 (C-22), 39.0 (C-4), 38.6 (C-1), 38.1 (C-13), 37.2 (C-10), 35.4 (C-16), 34.4 (C-7), 31.9 (C-21), 28.1 (C-23), 27.5 (C-2), 27.5 (C-15), 26.8 (C-12), 21.1 (C-11), 18.2 (C-6), 17.6 (C-28), 16.3 (C-25), 16.1 (C-26), 15.5 (C-24), 14.7 (C-27)。以上波谱数据与文献^[13]报道一致,故鉴定该化合物为 30-羟基羽扇豆醇。

化合物 10 白色针晶,易溶于氯仿。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾加热后显紫红色斑点。¹H NMR (CDCl₃, 400 MHz) δ : 5.35 (1H, d, $J = 4.6$ Hz, H-6),

5.15(1H, dd, $J = 15.2, 8.4$ Hz, H-22), 5.01(1H, dd, $J = 15.2, 8.4$ Hz, H-23), 3.60 - 3.44(1H, m, H-3), 1.02(3H, d, $J = 2.4$ Hz, H-21), 1.01(3H, s, H-19), 0.84(3H, d, $J = 5.6$ Hz, H-27), 0.80(3H, t, $J = 7.2$ Hz, H-29), 0.79(3H, d, $J = 6.8$ Hz, H-26), 0.69(3H, s, H-18); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 140.9 (C-5), 138.5 (C-22), 129.4 (C-23), 121.9 (C-6), 72.0 (C-3), 57.0 (C-14), 56.1 (C-17), 51.4 (C-24), 50.3 (C-9), 42.4 (C-4), 42.3 (C-13), 40.7 (C-20), 39.8 (C-12), 37.4 (C-1), 36.7 (C-10), 32.0 (C-7), 32.0 (C-8), 32.0 (C-25), 31.8 (C-2), 29.1 (C-16), 25.6 (C-28), 24.5 (C-15), 21.4 (C-21), 21.3 (C-11), 21.2 (C-26), 19.6 (C-19), 19.1 (C-27), 12.4 (C-29), 12.2 (C-18)。以上波谱数据与文献^[13]报道一致,故鉴定该化合物为豆甾醇。

化合物 11 无色颗粒状晶体,易溶于氯仿、乙酸乙酯。254 nm 和 365 nm 紫外灯下薄层检测无荧光,10% 浓硫酸乙醇溶液(V/V)喷雾加热后显紫红色斑点。 ^1H NMR (CDCl_3 , 400 MHz) δ : 9.26(1H, s, H-28), 5.33(1H, t, $J = 3.6$ Hz, H-12), 4.80(1H, t, $J = 8.0$ Hz, H-3), 2.62(1H, dd, $J = 13.6, 4.0$ Hz, H-18), 2.04(3H, s, H-31), 1.10(3H, s, H-27), 0.92(3H, s, H-25), 0.91(3H, s, H-30), 0.89(3H, s, H-29), 0.86(3H, s, H-24), 0.84(3H, s, H-23), 0.72(3H, s, H-26); ^{13}C NMR (CDCl_3 , 100 MHz) δ : 15.5 (C-25), 16.6 (C-24), 17.1 (C-26), 18.3 (C-6), 21.5 (C-31), 22.0 (C-16), 23.5 (C-11), 23.5 (C-30), 23.6 (C-2), 25.6 (C-27), 26.6 (C-15), 27.7 (C-22), 28.2 (C-23), 30.6 (C-20), 32.8 (C-7), 33.2 (C-21), 33.3 (C-29), 37.0 (C-10), 37.8 (C-4), 38.3 (C-1), 39.7 (C-8), 40.3 (C-18), 41.6 (C-14), 45.7 (C-19), 47.6 (C-9), 49.2 (C-17), 55.4 (C-5), 82.3 (C-3), 123.3 (C-12), 143.1 (C-13), 171.2 (C-32), 198.7 (C-28)。波谱数据及理化性质与文献^[13]报道一致,故鉴定该化合物为 β -乙酰基齐墩果醛。

参考文献

- 1 Wang Q(王青), Lin HW(林厚文), Shen Y(沈阳), *et al.* Development of new antineoplastic drug ankesu capsule. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2000, 11: 793-794.
- 2 Wang Q(王青), Lin HW(林厚文), Shen Y(沈阳), *et al.* Antitumor effect of ankesu capsule. *J Chin Med Mats* (中药材), 2000, 23: 634-636.
- 3 Sui KL, Akiko K, Takashi T, *et al.* Sulfur-containing bis-iridoid glucosides and iridoid glucosides from *Saprosma cortechinii*. *J Nat Prod*, 2002, 65: 656-660.
- 4 Wang L, Chen GY, Han CR, *et al.* Two novel alkaloids from the stem of *Saprosma hainanense* and their cytotoxic activities *in vitro*. *Chem Pharm Bull*, 2011, 59: 338-340.
- 5 Wang Y(王燕), Chen WH(陈文豪), Chen GY(陈光英), *et al.* Anthraquinones from the leaves of *Saprosma hainanense*. *Chin J Org Chem* (有机化学), 2014, 34: 522-525.
- 6 Tadic D, Cassels BK, Leboeuf M, *et al.* Kinabaine and the aporphinoid biogenesis of azaanthracene and azafluorene alkaloids. *Phytochemistry*, 1987, 26: 537-541.
- 7 Leboeuf M, Caré A, Tohami ME, *et al.* Alkaloids of annonaceae XXXV alkaloids of *Desmos tiebaghiensis*. *J Nat Prod*, 1982, 45: 617-623.
- 8 Chen CY, Chang FR, Wu YC. The constituents from the stems of *Annona cherimola*. *J Chin Chem Soc*, 2011, 59: 338-340.
- 9 Lago JHG, Chaves MH, Young MCM, *et al.* Evaluation of antifungal and DNA-damaging activities of alkaloids from branches of *Porcelia macrocarpa*. *Planta Med*, 2007, 73: 292-295.
- 10 Ye YS(叶玉珊), Liu JW(刘嘉伟), Liu XQ(刘晓强), *et al.* Antibacterial constituents from roots of *Zanthoxylum nitidum*. *Chin Trad Herb Dru* (中草药), 2013, 44: 1546-1551.
- 11 Li L(李林), Yan YM(晏永明), Li XN(李小年), *et al.* Nitrogenous compounds from *Holotrichia diomphalia* Bates. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2013, 25: 329-332.
- 12 Wang YC(王艺纯), Zhang CL(张春玲), Huang T(黄婷), *et al.* The chemical constituents from *Reineckia carnea* (Andr.) Kunth. *Chin J Med Chem* (中国药物化学杂志), 2010, 20: 119-124.
- 13 Zhang DS(张大帅), Chen WH(陈文豪), Chen GY(陈光英), *et al.* Chemical constituents from the stems of *Saprosma merrillii* Lo. *Chin Pharm J* (中国药理学杂志), 2013, 48: 964-967.
- 14 Yin AW(尹爱武), Huang SJ(黄赛金). Chemical constituents from the stem of *Crataegus cuneata* Sieb. et Zucc. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2012, 24: 897-899.
- 15 Zhang Y(张炎), Deng ZW(邓志威), Gao TX(高天翔), *et al.* Chemical constituents from the mangrove plant *Ceriops tagal*. *Acta Pharm Sinica* (药学报), 2005, 40: 935-939.