

## 白苞裸蒴化学成分研究

张普照<sup>1</sup>, 苏明声<sup>1</sup>, 王雅琪<sup>1</sup>, 邵峰<sup>1</sup>, 杨明<sup>1</sup>, 张亚梅<sup>2\*</sup>

1. 江西中医药大学 现代中药制剂教育部重点实验室, 江西 南昌 330004

2. 江西中医药大学 江西民族传统药现代科技与产业发展协同创新中心, 江西 南昌 330004

**摘要:** 目的 研究白苞裸蒴 *Gymnotheca involucrata* 全草的化学成分。方法 利用反相硅胶柱色谱和反相制备液相色谱等手段进行分离纯化, 并通过 <sup>1</sup>H-、<sup>13</sup>C-NMR 等波谱技术进行结构鉴定。结果 从白苞裸蒴 95%乙醇提取物中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为 *N*-苯甲酰基-2-羟基-2-(4'-羟基苯基)-乙胺 (1)、*N*-苯甲酰基-2-(3',4'-二羟基苯基)-乙胺 (2)、6,9-二羟基-4,7-甲基刺楸素-3-酮 (3)、对羟基苯乙腈 (4)、腺苷 (5)、5-羟基-3,4-二甲基-5-戊基-2(5*H*)-呋喃酮 (6) curculonone A (7)、3 $\alpha$ -羟基-5,6-环氧-7-甲基刺楸素-9-酮 (8)、gymnothelignan J (9)、gymnothelignan I (10)。结论 所有化合物均为首次从白苞裸蒴中分离得到。

**关键词:** 白苞裸蒴; *N*-苯甲酰基-2-羟基-2-(4'-羟基苯基)-乙胺; 对羟基苯乙腈; curculonone A; gymnothelignan J

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2016)19-3366-04

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.19.003

## Chemical constituents from *Gymnotheca involucrata*

ZHANG Pu-zhao<sup>1</sup>, SU Ming-sheng<sup>1</sup>, WANG Ya-qi<sup>1</sup>, SHAO Feng<sup>1</sup>, YANG Ming<sup>1</sup>, ZHANG Ya-mei<sup>2</sup>

1. Key Laboratory Modern Preparation of TCM, Ministry of Education, Jiangxi University of TCM, Nanchang 330004, China

2. Jiangxi Collaborative Innovation Center of Modern Technology and Industrial Development of Ethnic Traditional Medicine, Jiangxi University of TCM, Nanchang 330004, China

**Abstract: Objective** To study the chemical constituents from *G. involucrata*. **Methods** The chemical constituents of *G. involucrata* were isolated by different column chromatographic techniques. The structures of these compounds were identified by a comprehensive analysis of the spectroscopic data. **Results** Ten compounds were isolated from *G. involucrata*. The compounds were identified as *N*-benzoyl-2-hydroxy-2-(4'-hydroxy phenyl)-ethylamine (1), *N*-benzoyl-2-hydroxy-2-(3',4'-dihydroxy phenyl)-ethylamine (2), 6,9-dihydroxy-4,7-megastigmen-3-one (3), 4-hydroxybenzyl cyanide (4), adenosine (5), hydroxy dihydrobovidolide (5-hydroxyl-3,4-dimethyl-5-pentyl-2(5*H*)-furanone (6), curculonone A (7), 3 $\alpha$ -hydroxy-5,6-epoxy-7-megastigmen-9-one (8), gymnothelignan J (9), and gymnothelignan I (10). **Conclusion** All the compounds are isolated from *G. involucrata* for the first time.

**Key words:** *Gymnotheca involucrata* Pei; *N*-benzoyl-2-hydroxy-2-(4'-hydroxy phenyl)-ethylamine; 4-hydroxybenzyl cyanide; curculonone A; gymnothelignan J

裸蒴属 *Gymnotheca* Decne. 植物为我国特有, 只有裸蒴 *Gymnotheca chinensis* Decne 和白苞裸蒴 *G. involucrata* Pei<sup>[1]</sup> 2 个种。该属植物为民间草药, 用于治疗白带增多、宫颈炎、腹部水肿、咳嗽等疾病。目前对裸蒴化学成分研究较详细, 从全草中分离得到的化学成分主要骨架有联苯环辛烯型、螺二烯酮型和联苯四氢呋喃型木脂素<sup>[2-8]</sup>, 其次从根中分离出 5-癸酰基-2-壬基吡啶、豆甾烷-3,6 二酮、豆甾-4-

烯-3,6 二酮和胡萝卜苷<sup>[9]</sup>。白苞裸蒴主要分布于我国西南地区, 全草药用, 用于治疗跌打损伤、肺癆咳嗽、腹胀水肿等症<sup>[10]</sup>。现代药理研究表明白苞裸蒴石油醚部位具有较好的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性, 并且石油醚和正丁醇部位具有良好的抗菌活性<sup>[11]</sup>, 但其化学成分研究报道极少, 仅发现 gymnothespirolignan A、gymnothespirolignan B<sup>[12]</sup>、山柰酚-4',7-二甲基-3-*O*-葡萄糖苷、胡萝卜苷和豆甾醇<sup>[13]</sup>。为了阐明白苞裸

收稿日期: 2016-05-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (21562027); 江西民族传统药现代科技与产业发展协同创新中心 (JXXT201402017)

作者简介: 张普照, 男, 讲师, 研究方向为中药化学。

\*通信作者 张亚梅 Tel: (0791)87119063 E-mail: yameizhang01@126.com

蒴的药效物质基础及作用机制,为该药材的科学利用提供理论依据,本实验对其全草的化学成分进行进一步研究,从其95%乙醇提取物分离得到了10个化合物,分别鉴定为 *N*-苯甲酰基-2-羟基-2-(4'-羟基苯基)-乙胺 [*N*-benzoyl-2-hydroxy-2-(4'-hydroxy phenyl)-ethylamine, **1**]、*N*-苯甲酰基-2-(3',4'-二羟基苯基)-乙胺 [*N*-benzoyl-2-hydroxy-2-(3',4'-dihydroxy phenyl)-ethylamine, **2**]、6,9-dihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one (**3**)、对羟基苯乙腈(4-hydroxybenzyl cyanide, **4**)、腺苷(adenosine, **5**)、5-hydroxyl-3,4-dimethy-5-pentyl-2(5*H*)-furanone (**6**)、curculonone A (**7**)、3 $\alpha$ -hydroxy-5,6-epoxy-7-megastigmen-9-one (**8**)、gymnothelignan J (**9**)、gymnothelignan I (**10**)。所有化合物均为首次从白苞蒴中分离得到。

### 1 仪器与材料

Bruker AVANCE III 600 核磁共振波谱仪(瑞士布鲁克公司);反相 ODS 填料(YMC 公司,日本);Agilent 1200 液相色谱仪(Agilent 公司,美国);分析高效液相色谱柱为 Welch AQ-C<sub>18</sub> 柱(250 mm×4.6 mm);制备高效液相色谱柱为 YMC-PACK ODS-A (250 mm×10 mm, 10  $\mu$ m)。高效液相色谱用甲醇为色谱级(TEDIA),其余试剂均为分析级。

白苞蒴于2014年采集于重庆,经重庆中药种植所林茂祥副研究员鉴定为白苞蒴 *Gymnotheca involucrata* Pei 的全草。

### 2 提取与分离

白苞蒴全草(2.5 kg)粉碎,95%乙醇提取3次,合并滤液,减压回收得乙醇浸膏(220 g)。加入适量水混悬,分别用石油醚、醋酸乙酯和水饱和正丁醇进行萃取。醋酸乙酯萃取物23 g再进行反相硅胶柱色谱,以水-甲醇(8:2、4:6、2:8、0:10)梯度洗脱,根据薄层色谱分析,合并相同流分后得到4个组分A(2 g)、B(5 g)、C(4 g)、D(8 g)。A组分经HPLC制备(10%乙腈-水,体积流量3 mL/min)得到化合物**1**(5 mg,  $t_R$ =15.2 min)、**2**(9 mg,  $t_R$ =25.2 min)、**4**(7 mg,  $t_R$ =40.5 min)、**5**(9 mg,  $t_R$ =9.4 min),B组分经HPLC制备(30%乙腈-水,体积流量3 mL/min)分离得到化合物**3**(10 mg,  $t_R$ =20.3 min)、**6**(5 mg,  $t_R$ =25.6 min)、**7**(90 mg,  $t_R$ =33.6 min)、**8**(6 mg,  $t_R$ =45.9 min),C组分经HPLC制备(50%乙腈-水,体积流量3 mL/min)分离得到化合物**9**(3 mg,  $t_R$ =40.1 min)、**10**(6 mg,  $t_R$ =35.3 min)。

### 3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.80 (2H, dd,  $J$  = 8.3, 1.2 Hz, H-2'', 6''), 7.57~7.51 (1H, m, H-4''), 7.46 (2H, t,  $J$  = 7.6 Hz, H-3'', 5''), 7.26 (2H, d,  $J$  = 8.4 Hz, H-2', 6'), 6.79 (2H, d,  $J$  = 8.6 Hz, H-3', 5'), 4.84 (1H, dd,  $J$  = 7.9, 5.0 Hz, H-2), 3.65~3.52 (2H, m, H-1); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 169.1 (C-7''), 156.7 (C-4'), 134.2 (C-1''), 133.3 (C-1'), 131.2 (C-4''), 128.1 (C-3'', 5''), 127.07 (C-2', 6'), 126.8 (C-2'', 6''), 114.6 (C-3', 5'), 71.9 (C-2), 47.6 (C-1)。以上数据与文献报道<sup>[14]</sup>一致,故鉴定化合物 **1** 为 *N*-苯甲酰基-2-羟基-2-(4'-羟基苯基)-乙胺。

化合物 **2**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.80~7.77 (2H, m, H-2'', 6''), 7.53 (1H, dd,  $J$  = 7.6, 1.2 Hz, H-4''), 7.46 (2H, t,  $J$  = 7.6 Hz, H-3'', 5''), 6.72~6.70 (2H, m, H-2', 5'), 6.59 (1H, dd,  $J$  = 8.0, 2.0 Hz, H-6'), 3.55 (2H, t,  $J$  = 7.2 Hz, H-1), 2.78 (2H, t,  $J$  = 7.2 Hz, H-2); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 168.8 (C-7''), 144.8 (C-3'), 143.3 (C-4'), 134.4 (C-1''), 131.1 (C-4''), 130.7 (C-1'), 128.1 (C-3'', 5''), 126.8 (C-2'', 6''), 119.7 (C-6'), 115.5 (C-2'), 114.9 (C-5'), 41.6 (C-1), 34.5 (C-2)。以上数据与文献报道<sup>[14]</sup>一致,故鉴定化合物 **2** 为 *N*-苯甲酰基-2-(3',4'-羟基苯基)-乙胺。

化合物 **3**: <sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 5.90 (1H, brs, H-4), 5.81 (2H, m, H-7, 9), 4.34 (1H, m, H-9), 2.49 (1H, d,  $J$  = 17.0 Hz, H-2a), 2.18 (1H, d,  $J$  = 17.0 Hz, H-2b), 1.93 (3H, d,  $J$  = 1.3 Hz, H-11), 1.26 (3H, d,  $J$  = 6.5 Hz, H-10), 1.06 (3H, s, H-12), 1.04 (3H, s, H-13); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 41.0 (C-1), 49.3 (C-2), 199.8 (C-3), 125.7 (C-4), 166.0 (C-5), 78.5 (C-6), 135.5 (C-7), 128.5 (C-8), 67.2 (C-9), 23.1 (C-10), 18.2 (C-11), 22.5 (C-12), 22.1 (C-13)。以上数据与文献报道<sup>[15]</sup>一致,故鉴定化合物 **3** 为 6,9-dihydroxy-4,7-megastigmadien-3-one。

化合物 **4**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.17 (2H, d,  $J$  = 8.7 Hz, H-2', 6'), 6.80 (2H, d,  $J$  = 8.6 Hz, H-3', 5'), 3.77 (2H, s, H-2); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 156.8 (C-4'), 129.0 (C-2', 6'), 121.3 (C-1'), 118.7 (C-1), 115.3 (C-3', 5'), 21.2 (C-2)。以上数据与文献报道<sup>[16]</sup>一致,故鉴定化合物 **4** 为对羟基苯乙腈。

化合物 **5**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 8.33 (1H, s, H-2), 8.20 (1H, s, H-8), 5.98 (1H, d,  $J$  = 6.4 Hz, H-1'), 4.76 (1H, dd,  $J$  = 6.4, 5.1 Hz, H-2'), 4.34 (1H, dd,  $J$  = 5.1, 2.6 Hz, H-3'), 4.19 (1H, q,  $J$  = 2.6 Hz, H-4'), 3.91 (1H, dd,  $J$  = 12.5, 2.5 Hz, H-5'a), 3.77 (1H, dd,  $J$  = 12.5, 2.7 Hz, H-5'b); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 156.1 (C-6), 152.1 (C-2), 148.6 (C-4), 140.6 (C-8), 119.7 (C-5), 89.8 (C-1'), 86.6 (C-4'), 73.9 (C-2'), 71.4 (C-3'), 61.9 (C-5')。以上数据与文献报道<sup>[17]</sup>一致, 故鉴定化合物 **5** 为腺苷。

化合物 **6**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 2.00 (1H, m, H-6a), 1.78 (1H, m, H-6b), 1.14 (1H, m, H-7b), 1.29 (5H, m, H-7a, 8, 9), 0.90 (3H, t,  $J$  = 6.9 Hz, H-10), 1.96 (3H, d,  $J$  = 1.2 Hz, H-11), 1.84 (3H, d,  $J$  = 1.2 Hz, H-12); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 171.9 (C-2), 125.3 (C-3), 157.6 (C-4), 106.8 (C-5), 36.0 (C-6), 31.5 (C-7), 22.5 (C-8), 22.4 (C-9), 13.9 (C-10), 10.7 (C-11), 8.4 (C-12)。以上数据与文献报道<sup>[18]</sup>一致, 故鉴定化合物 **6** 为 5-hydroxy-3,4-dimethyl-5-pentyl-2(5H)-furanone。

化合物 **7**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 2.19 (1H, dt,  $J$  = 12.3, 4.2 Hz, H-1), 5.88 (1H, q,  $J$  = 1.4 Hz, H-3), 2.31 (2H, m, H-5), 1.78 (1H, m, H-6a), 1.93 (1H, m, H-6b), 2.42 (1H, m, H-7), 2.02 (2H, t,  $J$  = 7.0 Hz, H-8), 5.65 (1H, d,  $J$  = 15.6 Hz, H-10), 5.59 (1H, dd,  $J$  = 15.6, 6.8 Hz, H-9), 1.32 (6H, s, H-12, 13), 0.82 (3H, d,  $J$  = 6.8 Hz, H-14), 1.95 (3H, s, H-15); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 201.0 (C-2), 161.3 (C-4), 139.6 (C-10), 127.0 (C-3), 125.6 (C-9), 70.6 (C-11), 49.0 (C-1), 37.2 (C-8), 30.8 (C-7), 30.7 (C-5), 29.8 (C-13), 29.8 (C-12), 24.1 (C-6), 22.2 (C-15), 15.6 (C-14)。以上数据与文献报道<sup>[19]</sup>一致, 故鉴定化合物 **7** 为 curculonone A。

化合物 **8**: 无色黏稠状物。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 7.05 (1H, d,  $J$  = 15.6 Hz, H-7), 6.31 (1H, d,  $J$  = 15.6 Hz, H-8), 3.93 (1H, tq,  $J$  = 8.7, 4.2 Hz, H-3), 2.31 (3H, s, H-10), 1.22 (6H, d,  $J$  = 1.0 Hz, H-11, 12), 1.00 (3H, s, H-13); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 35.1 (C-1), 40.5 (C-2), 64.0 (C-3), 46.6 (C-4), 67.2 (C-5), 69.4 (C-6), 142.3 (C-7), 132.5 (C-8), 197.4 (C-9), 24.9 (C-10), 28.3 (C-11), 29.3 (C-12), 19.8 (C-13)。以上数据与文献报道<sup>[20]</sup>一致, 故鉴定化合物

**8** 为 3 $\alpha$ -hydroxy-5,6-epoxy-7-megastigmen-9-one。

化合物 **9**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 5.19 (1H, brs, H-2), 2.26 (1H, m, H-3), 2.57 (1H, m, H-4), 4.58 (1H, d,  $J$  = 8.8 Hz, H-5), 0.78 (3H, d,  $J$  = 6.9 Hz, H-6), 0.86 (3H, d,  $J$  = 7.3 Hz, H-7), 7.22 (1H, s, H-3'), 6.43 (1H, s, H-2''), 6.50 (1H, brs, H-6''), 3.93 (3H, s, 4'-OCH<sub>3</sub>), 3.92 (3H, s, 5'-OCH<sub>3</sub>), 3.66 (3H, s, 6'-OCH<sub>3</sub>), 3.89 (3H, s, 3''-OCH<sub>3</sub>), 3.89 (3H, s, 5''-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 104.0 (C-2), 42.7 (C-3), 44.5 (C-4), 83.6 (C-5), 11.5 (C-6), 11.1 (C-7), 129.4 (C-1'), 135.6 (C-2'), 107.9 (C-3'), 153.1 (C-4'), 141.4 (C-5'), 150.8 (C-6'), 127. (C-1''), 106.7 (C-2''), 146.6 (C-3''), 133.6 (C-4''), 146.4 (C-5''), 106.3 (C-6''), 61.2 (4'-OCH<sub>3</sub>), 60.9 (5'-OCH<sub>3</sub>), 55.9 (6'-OCH<sub>3</sub>), 56.3 (3''-OCH<sub>3</sub>), 56.3 (5''-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献报道<sup>[2]</sup>一致, 故鉴定化合物 **9** 为 gymnothelignan J。

化合物 **10**: 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 5.13 (1H, d,  $J$  = 2.3 Hz, H-2), 2.23 (1H, m, H-3), 2.52 (1H, m, H-4), 4.49 (1H, d,  $J$  = 8.0 Hz, H-5), 0.75 (3H, d,  $J$  = 7.1 Hz, H-6), 0.82 (3H, d,  $J$  = 7.4 Hz, H-7), 7.07 (1H, s, H-3'), 6.39 (1H, d,  $J$  = 1.7 Hz, H-2''), 6.48 (1H, d,  $J$  = 1.7 Hz, H-6''), 6.08~5.93 (2H, m, -OCH<sub>2</sub>-), 3.81 (3H, s, 6'-OCH<sub>3</sub>), 3.89 (3H, s, 3''-OCH<sub>3</sub>), 3.87 (3H, s, 5''-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 102.3 (C-2), 42.4 (C-3), 44.6 (C-4), 83.4 (C-5), 11.2 (C-6), 11.1 (C-7), 129.1 (C-1'), 134.5 (C-2'), 103.8 (C-3'), 148.9 (C-4'), 136.3 (C-5'), 140.4 (C-6'), 127.2 (C-1''), 108.0 (C-2''), 146.6 (C-3''), 133.6 (C-4''), 146.4 (C-5''), 106.8 (C-6''), 101.2 (-OCH<sub>2</sub>-), 60.0 (6'-OCH<sub>3</sub>), 56.3 (5''-OCH<sub>3</sub>), 56.3 (6''-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献报道<sup>[2]</sup>一致, 故鉴定化合物 **10** 为 gymnothelignan I。

#### 参考文献

- [1] 应俊生, 张玉龙. 种子植物特有属 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] He D, Ding L, Xu H, *et al.* Gymnothelignans A-O: Conformation and absolute configuration analyses of lignans bearing tetrahydrofuran from *Gymnotheca chinensis* [J]. *J Org Chem*, 2012, 77(19): 8435-8443.
- [3] Xiao S J, Chen F, Ding L S, *et al.* Two new eupodienone lignans from *Gymnotheca chinensis* [J]. *Chin Chem Lett*, 2014, 25(3): 463-464.
- [4] Xiao S J, Lao Y Z, Chen F, *et al.* Two new lignans from

- Gymnotheca chinensis* Decne [J]. *Phytochem Lett*, 2014, 8(1): 38-40.
- [5] Xiao S J, He D H, Fang D, *et al.* Further biphenyl lignans with a tetrahydrofuran moiety from *Gymnotheca chinensis* [J]. *Helv Chim Acta*, 2014, 97(4): 499-506.
- [6] Xiao S J, Lei X X, Xia B, *et al.* Two novel norlignans from *Gymnotheca chinensis* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2014, 55(17): 2869-2871.
- [7] 肖世基, 方冬梅, 夏兵, 等. 裸蒴中四个新的联苯四氢呋喃型木脂素 [J]. 有机化学, 2014, 34(8): 1677-1681.
- [8] 何达海, 肖世基, 李金蓉, 等. 裸蒴中的一个新苯酚衍生物 [J]. 中草药, 2013, 44(3): 257-259.
- [9] 张晓喻, 梁健, 李宇飞, 等. 裸蒴根的化学成分 [J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(6): 1014-1016.
- [10] 张惠源, 张志英. 中国中药资源志要 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [11] 陈百泉, 杨再波, 曹乃锋, 等. 白苞裸蒴抗菌和抑制  $\alpha$ -葡萄糖苷酶活性研究 [J]. 中成药, 2011, 33(4): 677-679.
- [12] Xiao S J, Lei X X, Xia B, *et al.* Two novel polycyclic spiro lignans from *Gymnotheca involucrate* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2014, 55(43): 5949-5941.
- [13] 杨维力, 田军, 丁立生. 白苞裸蒴的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(1): 43-45.
- [14] 肖世基, 郭大乐, 徐德林, 等. 裸蒴化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 47(10): 1665-1669.
- [15] 董建勇, 贾忠建. 赶山鞭的化学成分分析 II [J]. 中国中药杂志, 2005, 30(20): 1595-1597.
- [16] 杜文鹏, 徐彭, 刘波, 等. 毛竹笋化学成分研究 (I) [J]. 中草药, 2015, 46(3): 334-338.
- [17] 冯育林, 吴蓓, 李云秋, 等. 骆驼蹄瓣茎的化学成分研究 [J]. 中草药, 2009, 40(4): 536-538.
- [18] 苏丽丽, 唐旭利, 张婧, 等. 中国南海海底柏柳珊瑚化学成分研究 [J]. 中国海洋药物杂志, 2011, 30(5): 19-22.
- [19] Chen J J, Tsai C S, Hwang T L, *et al.* Sesquiterpenes from the rhizome of *Curcuma longa* with inhibitory activity on superoxide generation and elastase release by neutrophils [J]. *Food Chem*, 2010, 119(3): 974-980.
- [20] 罗晓东, 吴少华, 马云保, 等. 椿叶的化学成分研究 [J]. 中草药, 2001, 32(5): 390-391.