

# 淡黄香茶菜地下部分化学成分与生物活性分析

陈颖志, 赵明早, 徐伟, 李金强, 肖朝江, 刘子琦, 姜北\*

(大理大学 药物研究所 & 药学与化学学院, 云南 大理 671000)

**[摘要]** **目的:**对淡黄香茶菜 *Isodon flavida* 地下部分正丁醇部位的化学成分及生物活性进行研究。**方法:**采用硅胶、羟丙基葡聚糖凝胶(Sephadex LH-20), MCI 树脂等多种柱色谱对样品进行分离纯化, 运用理化性质和现代波谱技术对单体成分进行结构鉴定; 同时, 运用 1, 1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)法,  $\beta$ -羟高铁血红素形成抑制法等对样品的抗氧化、抗疟活性进行了初步的研究。**结果:**从淡黄香茶菜地下部分 70% 丙酮提取物的正丁醇部位分离得到 9 个化合物, 分别鉴定为 2, 6-二甲氧基苯醌(**1**), 迷迭香酸甲酯(**2**), 2 $\alpha$ -羟基齐墩果酸(**3**), 1-甲氧基- $\alpha$ -D-葡萄糖(**4**), 1-甲氧基- $\beta$ -D-葡萄糖(**5**), 蔗糖(**6**), 腺花香茶菜昔 C(**7**), 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -二羟基胡萝卜苷(**8**), (2'R)-1-O-甘油基-6-O- $\alpha$ -D-吡喃半乳糖基- $\beta$ -D-吡喃半乳糖苷(**9**); 生物活性检测结果显示, 化合物 **2** 对 DPPH 有一定的清除作用, 同时对  $\beta$ -羟高铁血红素形成也表现出抑制作用, 半抑制浓度(IC<sub>50</sub>)分别为(124.2 ± 2.7), (163.9 ± 7.5) mg·L<sup>-1</sup>。**结论:**9 个化合物均为首次从该植物中分离得到, 化合物 **2** 显示出一定的抗疟及抗氧化活性, 值得进一步深入研究。本研究为淡黄香茶菜的开发利用提供了一定的实验依据。

**[关键词]** 淡黄香茶菜; 地下部分; 化学成分; 抗氧化活性; 抗疟活性

**[中图分类号]** R284.2; R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2016)14-0060-04

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.2016140060

**[网络出版地址]** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20160523.1026.022.html>

**[网络出版时间]** 2016-05-23 10:26

## Chemical Compounds and Their Bioactivities of Underground Part of *Isodon flavida*

CHEN Ying-zhi, ZHAO Ming-zao, XU Wei, LI Jin-qiang, XIAO Chao-jiang, LIU Zi-qi, JIANG Bei\*

(Institute of Materia Medica & College of Pharmacy and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China)

**[Abstract]** **Objective:** To deeply study the major chemical compounds and their bioactivities of the underground part of *Isodon flavida*. **Method:** The samples were isolated and purified by using silica gel, Sephadex LH-20, and MCI chromatographic techniques. The structures of the monomer compositions were determined based on modern spectrum technology and physicochemical properties. In addition, the antioxidant and antimalarial activities of the samples were tested by using 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical 2, 2-diphenyl-1-(2, 4, 6-trinitrophenyl) hydrazyl (DPPH) method and  $\beta$ -hematin formation inhibition method. **Result:** Nine compounds were obtained from *n*-butanol fraction of 70% acetone extract of the underground part of *I. flavida*, and identified as 2, 6-dimethoxybenzoquinone (**1**), methyl rosmarinic acid (**2**), 2 $\alpha$ -hydroxyoleanolic acid (**3**), 1-methoxy- $\alpha$ -D-glucose (**4**), 1-methoxy- $\beta$ -D-glucose (**5**), sucrose (**6**), adenanthoside C (**7**), 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -dihydroxydaucosterol (**8**), and (2'R)-1-O-glycerol-6-O- $\alpha$ -D-galactopyranosyl- $\beta$ -D-galactopyranoside (**9**). Bioactive studies indicated that compound **2** showed certain clearing effect on DPPH and inhibitory effect on  $\beta$ -hematin formation, with IC<sub>50</sub> values of (124.2 ± 2.7), (163.9 ± 7.5) mg·L<sup>-1</sup>, respectively. **Conclusion:** All of the 9 compounds were isolated from the plant for the first time. Compound **2** showed certain antioxidation and antimalaria effects, which deserved further investigation. This study provided certain experimental basis for the development and utilization of

**[收稿日期]** 20151023(015)

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81460532); 云南省百名海外高层次人才引进计划项目(云组通[2011]123号)

**[第一作者]** 陈颖志, 在读硕士, 从事药物化学研究, Tel: 15198368292, E-mail: 965727364@qq.com

**[通讯作者]** \*姜北, 博士, 教授, 从事植物化学与药用植物资源等方面的研究, Tel: 86-872-2257316, E-mail: dalinorthjiang@163.com

*Isodon* plants.

[ **Key words** ] *Isodon flavida*; underground part; chemical compounds; antioxidant activity; antimalarial activity

唇形科香茶菜属 *Isodon* 植物主要分布于亚洲热带和亚热带地区,约 100 余种,其中 80% 分布于我国,并以横断山脉地区为其分布中心<sup>[1]</sup>。该属植物多可药用,其地上部分具有清热解毒、活血化瘀、抗菌消炎及抗肿瘤等功效<sup>[2]</sup>。自 1970 年代至今,对该属植物地上部分的研究日益深入,从中分离得到了大量的二萜类化合物<sup>[3]</sup>。淡黄香茶菜 *I. flavida* 为多年生草本植物,产于云南西部及中部,生于海拔 1 500 ~ 2 600 m 的杂木林下或林缘潮湿处<sup>[4]</sup>;该植物的根纤细横走或呈疙瘩状增大,李金强等<sup>[5-6]</sup>已从淡黄香茶菜的地下部位提取物乙酸乙酯部位分离得到一系列二萜、三萜、甾体类化合物。为全面认识淡黄香茶菜地下部分的化学成分,本实验对该植物提取物正丁醇部位进行了分离纯化,从中分离得到 9 个化合物;鉴于香茶菜属植物常用于抗肿瘤、抗炎、抗寄生虫等,而抗肿瘤与抗氧化作用存在着密切的相关机制<sup>[7]</sup>,因此本研究对部分化合物以及正丁醇部位进行了抗氧化及  $\beta$ -羟高铁血红素形成抑制作用测试。

### 1 材料

淡黄香茶菜 *I. flavida* 地下根茎于 2011 年 10 月采于云南丽江拉市海,由大理大学张德全博士鉴定,植物标本保存于大理大学药学与化学学院姜北教授研究组,标本编号 20111023-1-A。

Avances III-AM-400 型核磁共振波谱仪 (TMS 内标,德国 Bruker), Synergy HT 型多功能酶标仪 (美国 BioTek Instruments Inc., Winooski, VT), AL204 型电子天平 (梅特勒-托利多仪器上海有限公司), COOL SAFE 95-15 型冷冻干燥机 (美国 Gene Company Limited), MCO-18AIC 型 CO<sub>2</sub> 培养箱 (日本三洋公司)。

薄层色谱硅胶和柱色谱硅胶 GF<sub>254</sub> (青岛海洋化工厂), 羟丙基葡聚糖凝胶 (Sephadex LH-20, Amersham Biosciences), MCI-gel CHP-20P (日本三菱公司), 1,1-二苯基-2-三硝基苯胍 (DPPH, Aldrich Chem. Co. USA, 批号 D21,140-0), 维生素 C (Vc) (AR, 上海化学试剂分装厂, 批号 84-01-10), 氯高铁血红素, 氯喹二磷酸盐, 乙烷磺酸 (美国 Sigma 公司, 批号分别为 16009-13-5, 50-63-5, 7365-45-9), 吡啶、冰乙酸、乙酸钠、甲醇、二甲基亚砜等均为分析纯, 96 孔

组织培养板 (Nest Biotech)。

### 2 提取分离

取干燥淡黄香茶菜根 (2.89 kg) 经粉碎后用 70% 丙酮冷浸提取, 浓缩后得到浸膏 167 g, 取浸膏 162 g 分散于水中, 依次用乙酸乙酯、正丁醇萃取, 正丁醇部位约 54.5 g。正丁醇部位进行大孔树脂柱色谱 (甲醇-水 0% ~ 100%), 得到 Z1 (11.6 g), Z2 (6.8 g), Z3 (4.9 g), Z4 (7.8 g), Z5 (9.6 g), Z5 经硅胶柱色谱以三氯甲烷-甲醇 (20:1, 10:1, 5:1, 1:1, 甲醇) 梯度洗脱, 得到 A ~ G。G 段用硅胶柱色谱, 三氯甲烷-甲醇 (20:1, 10:1, 5:1, 1:1, 甲醇) 梯度洗脱得 G1 ~ G5。G1 经硅胶柱色谱 (三氯甲烷-甲醇 20:1), 得到化合物 4 (3.7 mg) 与化合物 5 (4.6 mg)。G2 经硅胶柱色谱 (三氯甲烷-甲醇 30:1), 得到化合物 1 (19.9 mg)。G3 经硅胶柱 (三氯甲烷-甲醇 6:1) 纯化, 得到化合物 7 (13.4 mg)。E 段经反复硅胶柱色谱 (三氯甲烷-丙酮 20:1, 30:1), 适当部位再经 Sephadex LH-20 (三氯甲烷-甲醇 1:1) 纯化得化合物 2 (15.7 mg)。D 段经反复硅胶柱色谱 (三氯甲烷-丙酮 30:1) 得化合物 3 (2.3 mg)。E 段经 MCI 柱色谱 (甲醇-水 50% ~ 100%) 和硅胶柱色谱 (三氯甲烷-甲醇 25:1) 得化合物 6 (4.0 mg)。G4 经反复硅胶柱色谱 (三氯甲烷-甲醇 1:1) 得化合物 8 (12.5 mg)。B 段经硅胶柱色谱 (石油醚-丙酮 8:1) 得化合物 9 (11.9 mg)。

### 3 结构鉴定

化合物 1 橙红色结晶 (甲醇)。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 400 MHz)  $\delta$ : 5.92 (2H, s, H-3, 5), 3.84 (6H, s, 2, 6-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 100 MHz)  $\delta$ : 55.70 (-OCH<sub>3</sub>), 106.6 (C-3, 5), 157.2 (C-2, 6), 187.3 (C-1, 4)。以上波谱数据与文献报道基本一致<sup>[8]</sup>, 化合物 1 确定为 2,6-二甲氧基苯醌 (2,6-dimethoxybenzoquinone)。

化合物 2 淡黄色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>COCD<sub>3</sub>, 400 MHz)  $\delta$ : 7.57 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-3'), 7.18 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-5'), 7.06 (1H, dd, *J* = 8.3, 2.2 Hz, H-9'), 6.87 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-8), 6.82 (1H, d, *J* = 2.1 Hz, H-5), 6.76 (1H, d, *J* = 8.1 Hz, H-8'), 6.63 (1H, dd, *J* = 8.2, 2.0 Hz, H-9), 6.30 (1H, d, *J* = 16.0 Hz, H-2'), 5.19

(1H, d, H-2), 3.68 (3H, s, -OCH<sub>3</sub>), 3.30 (2H, m, H-3); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>COCD<sub>3</sub>, 100 MHz) δ: 170.2 (C-1), 73.2 (C-2), 37.1 (C-3), 128.1 (C-4), 116.6 (C-5), 145.5 (C-6), 144.1 (C-7), 115.8 (C-8), 121.1 (C-9), 51.5 (C-10), 166.1 (C-1'), 114.1 (C-2'), 148.1 (C-3'), 126.7 (C-4'), 114.5 (C-5'), 145.0 (C-6'), 148.2 (C-7'), 115.3 (C-8'), 122.0 (C-9')。以上波谱数据与文献报道基本一致<sup>[9]</sup>,故化合物**2**确定为迷迭香酸甲酯(methyl rosmarinate)。

化合物**3** 白色粉末,在TLC上经多种溶剂系统分别展开后,**3**与已鉴定化合物**2**α-羟基齐墩果酸Rf值及斑点颜色均一致,故**3**鉴定为2α-羟基齐墩果酸(2α-hydroxyoleanolic acid)。

化合物**4** 白色无定型粉末。<sup>1</sup>H-NMR(CD<sub>3</sub>OD, 400 MHz) δ: 4.69 (1H, d, J=3.7 Hz, H-1), 3.89 (2H, dd, J=12.0, 1.6 Hz, H-6a), 3.69 (2H, d, J=5.5 Hz, H-6b), 3.63 (1H, t, J=9.6 Hz, H-4); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 100 MHz) δ: 101.3 (C-1), 71.7 (C-2), 75.1 (C-3), 73.5 (C-4), 77.9 (C-5), 62.7 (C-6), 55.5 (-OCH<sub>3</sub>)。以上波谱数据均与参考文献基本一致<sup>[10]</sup>,故化合物**4**确定为1-甲氧基-α-D-葡萄糖(1-methoxy-α-D-glucose)。

化合物**5** 白色无定型粉末。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 400 MHz) δ: 7.76 (2H, m, H-6b), 4.19 (1H, d, J=7.8 Hz, H-1), 3.83 (2H, dd, J=11.6, 2.2 Hz, H-6a), 3.17 (1H, m, H-4); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 100 MHz) δ: 105.4 (C-1), 71.8 (C-2), 75.1 (C-3), 73.6 (C-4), 78.1 (C-5), 62.7 (C-6), 57.3 (-OCH<sub>3</sub>)。以上波谱数据与参考文献基本一致<sup>[10]</sup>,故**5**确定为1-甲氧基-β-D-葡萄糖(1-methoxy-β-D-glucose)。

化合物**6** 无色粒状晶体(CH<sub>3</sub>OH)。<sup>1</sup>H和<sup>13</sup>C-NMR数据与文献报道基本一致<sup>[11]</sup>,故**6**确定为蔗糖(sucrose)。

化合物**7** 无色晶体(CH<sub>3</sub>OH)。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 400 MHz) δ: 7.37 (1H, br s, H-14), 4.91 (1H, s, H-17b), 4.86 (2H, m, H-15), 4.66 (1H, s, H-17a), 2.43 (2H, m, H-12), 1.69 (1H, m, H-9), 1.82 (1H, m, H-11b), 1.66 (1H, m, H-11a), 1.20 (3H, s, CH<sub>3</sub>-19), 0.66 (3H, m, CH<sub>3</sub>-20); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 100 MHz) δ: 40.4 (C-1), 21.1 (C-2), 39.8 (C-3), 46.0 (C-4), 56.9 (C-5), 27.3 (C-6), 39.2 (C-7), 149.1 (C-

8), 57.8 (C-9), 41.1 (C-10), 22.9 (C-11), 25.4 (C-12), 134.8 (C-13), 147.1 (C-14), 71.5 (C-15), 177.0 (C-16), 107.7 (C-17), 29.4 (C-18), 183.6 (C-19), 13.5 (C-20)。95.5 (C-1'), 74.1 (C-2'), 78.7 (C-3'), 71.2 (C-4'), 78.5 (C-5')。以上波谱数据与参考文献基本一致<sup>[12]</sup>,故**7**确定为腺花香茶菜苷C(adenanthoside C)。

化合物**8** 白色粉末。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 400 MHz) δ: 6.22 (1H, m, H-3), 4.49 (1H, dd, J=11.8, 2.3 Hz, H-6'a), 4.39 (1H, dd, J=11.8, 5.0 Hz, H-6'b), 4.20 (1H, t, J=9.0 Hz, H-4'), 4.15 (1H, br s, H-6), 4.06 (1H, m, H-2'), 3.75 (1H, m, H-5'), 2.48 (1H, m, H-4a), 2.48 (1H, dd, J=13.0, 4.6 Hz, H-4b), 1.00 (3H, m, H-21), 0.75 (3H, s, CH<sub>3</sub>-18), 0.86 (3H, d, J=7.1 Hz, CH<sub>3</sub>-26), 0.88 (3H, d, J=7.6 Hz, CH<sub>3</sub>-27), 0.90 (3H, d, J=7.8 Hz, CH<sub>3</sub>-29); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>OD, 100 MHz) δ: 33.2 (C-1), 30.0 (C-2), 75.3 (C-3), 38.8 (C-4), 75.7 (C-5), 76.5 (C-6), 35.8 (C-7), 31.4 (C-8), 46.0 (C-9), 39.3 (C-10), 21.9 (C-11), 40.8 (C-12), 43.2 (C-13), 56.7 (C-14), 24.8 (C-15), 28.8 (C-16), 56.7 (C-17), 12.3 (C-18), 17.2 (C-19), 37.7 (C-20), 19.2 (C-21), 34.4 (C-22), 26.7 (C-23), 46.3 (C-24), 29.3 (C-25), 19.4 (C-26), 20.9 (C-27), 23.8 (C-28), 12.9 (C-29), 102.7 (C-1'), 75.4 (C-2'), 78.9 (C-3'), 72.0 (C-4'), 76.7 (C-5'), 63.1 (C-6')。以上数据与文献报道的数据一致<sup>[13]</sup>,故确定化合物**8**为5α,6β-二羟基胡萝卜苷(5α, 6β-dihydroxydaucosterol)。

化合物**9** 白色无定型粉末。<sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>3</sub>COCD<sub>3</sub>, 400 MHz) δ: 5.51 (1H, d, J=3.7 Hz, H-1"), 4.83 (1H, d, J=7.8 Hz, H-1), 4.70 (1H, dd, J=9.0, 3.7 Hz, H-3"), 4.60 (1H, dd, J=10.0, 3.8 Hz, H-2"), 4.54 (2H, m, H-4, H-1'a), 4.47 (1H, m, H-2), 4.38 (2H, m, H-4", H-2'), 4.29 (1H, m, H-1'b), 4.25 (2H, m, H-5", H-5), 4.15 (1H, m, H-3), 4.11 (3H, m, H-6", H-6, H-3'); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>3</sub>COCD<sub>3</sub>, 100 MHz) δ: 105.9 (C-1), 72.9 (C-2), 75.4 (C-3), 68.5 (C-4), 74.7 (C-5), 72.4 (C-6), 70.3 (C-1'), 71.1 (C-2'), 64.6 (C-3'), 101.3 (C-1"), 70.9 (C-2"), 72.7 (C-3"), 71.9 (C-4"), 73.2 (C-5"), 62.6 (C-6")。以上波谱数据与文献报道基本一致<sup>[14]</sup>,故化

合物 **9** 确定为 (2'R)-1-O-甘油基-6-O- $\alpha$ -D-吡喃半乳糖基- $\beta$ -D-吡喃半乳糖苷 (2'R)-1-O-glyceryl 6-O- $\alpha$ -D-galactopyranosyl- $\beta$ -D-galactopyranoside。

#### 4 生物活性研究

采用 DPPH 法对正丁醇部位及 4 个单体化合物进行了抗氧化活性测试<sup>[15]</sup>, 结果见表 1。

采用  $\beta$ -羟高铁血红素形成抑制试验, 对正丁醇部位及 6 个相关成分进行了体外抗疟活性检测<sup>[16-17]</sup>, 结果见表 1。

表 1 体外抗氧化与抗疟活性试验结果 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Table 1 *In vitro* results of antioxidant and antimalaria activities

( $\bar{x} \pm s, n=3$ ) mg · L<sup>-1</sup>

样品名	抗氧化活性 IC <sub>50</sub>	$\beta$ -羟高铁血红素形成抑制活性 IC <sub>50</sub>
V <sub>c</sub>	12.6	-
氯喹二磷酸盐	-	34.7 ± 4.4
正丁醇部位萃取物	306.6 ± 10.6	> 1 388.9
<b>1</b>	> 500	无活性
<b>2</b>	124.2 ± 2.7	163.9 ± 7.5
<b>6</b>	-	无活性
<b>7</b>	-	无活性
<b>8</b>	> 500	无活性
<b>9</b>	无活性	无活性

抗氧化活性试验结果表明, 淡黄香茶菜地下部分粗提物的正丁醇部位萃取物、化合物 **1, 2, 8** 对 DPPH 有不同程度的清除作用, 清除率为化合物 **2** > 正丁醇部位萃取物 > 化合物 **8** > 化合物 **1**。

抗疟活性试验结果显示, 淡黄香茶菜地下部分粗提物正丁醇部位、化合物 **2** 对于  $\beta$ -羟高铁血红素的形成表现出一定的抑制作用, 且抑制率为化合物 **2** > 正丁醇部位萃取物, 另外几个受试化合物对于  $\beta$ -羟高铁血红素形成没有表现出抑制作用。

#### 5 讨论

实验中分离得到的化合物迷迭香酸甲酯具有较强的抗氧化活性, 可能为该植物中的主要抗氧化成分; 同时该化合物对  $\beta$ -羟高铁血红素形成有明显的抑制作用, 显示该化合物可能也具有一定的抗疟活性潜力, 值得关注。

#### [参考文献]

[1] 李恒, 普建新, 李捷. 唇形科香茶菜属二萜类化合物分布规律[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(1): 81-88.

[2] 张扬, 唐海明, 黎爱, 等. 狭基线纹香茶菜水溶性总黄

酮中 6 种碳苷黄酮的含量测定和抗肿瘤活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(8): 1543-1547.

[3] 汪建云, 母其爱, 蔺如涛. 高黎贡山自然保护区南段生物走廊带维管植物名录(2) [J]. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 28(4): 59-63.

[4] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志: 第一卷(下) [M]. 北京: 北京科学出版社, 1975: 770-774.

[5] 赵明早, 李金强, 张宇, 等. 淡黄香茶菜根茎化学成分研究 [J]. 中药材, 2014, 37(7): 1193-1196.

[6] 李金强, 赵明早, 张宇, 等. 淡黄香茶菜地下部分化学成分 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2014, 20(24): 106-109.

[7] 刘国安, 闵建平, 张佳佳, 等. 香茶菜属植物中的三萜化合物对脂质过氧化和 DNA 损伤的保护作用 [J]. 华中师范大学学报, 2010, 44(4): 629-632.

[8] 张援虎, 胡峻, 石任兵, 等. 荆芥化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(13): 1118-1119.

[9] 张龙, 周光雄, 李茜, 等. 狭基线纹香茶菜的化学成分 [J]. 沈阳药科大学学报, 2006, 23(12): 768-770.

[10] 吴立军. 实用有机化合物光谱解析 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2009: 112-115.

[11] 黄振元, 黄波, 肖朝江, 等. 异长齿黄芪化学成分研究(II) [J]. 时珍国医国药, 2014, 25(2): 286-287.

[12] Wu L B, Xiao C J, Jiang X. et al. New labdane diterpenes and their glycoside derivatives from the roots of *Isodon adenantha* [J]. Chem Biodivers, 2015, 12(8): 1229-1236.

[13] 周渊, 王炜, 王兴国, 等. 宽叶荨麻化学成分研究(II) [J]. 中草药, 2005, 40(5): 711-713.

[14] Kobayashi M, Hayashi K, Kawazoe K, et al. Marine natural products. XXIX. Heterosigma-glycolipids I, II, III, and IV, four diacylglyceroglycolipids possessing (3-polyunsaturated fatty acid residues, from the Raphidophycean Dinoflagellate *Heterosigma akashiwo* [J]. Chem Pharm Bull, 1992, 40(6): 1404-1410.

[15] Zhang L B, Lv J L, Chen H L. Japonicasins A and B, two new isoprenylated flavanones from *Sophora japonica* [J]. Fitoterapia, 2013, 87(6): 89-92.

[16] Ncokazi K K, Egan T J. A colorimetric high-throughput  $\beta$ -hematin inhibition screening assay for use in the search for antimalarial compounds [J]. Anal Biochem, 2005, 338(2): 306-319.

[17] 肖朝江, 徐伟, 刘子琦, 等. 滇西地区 25 种药用植物抗疟活性研究 [J]. 中国病原生物学杂志, 2014, 9(6): 542-545.

[责任编辑 邹晓翠]