

## 棕榈花中两个新的莽草酸类化合物

林芳霞<sup>†,a,c</sup> 王治鸿<sup>†,a,c</sup> 代德财<sup>b</sup> 周学明<sup>\*,a,c</sup> 吴禄勇<sup>\*,a,c</sup><sup>(a)</sup>海南师范大学化学与化工学院 热带药用资源化学教育部重点实验室 海口 571158)<sup>(b)</sup>海南科技职业大学 海南省药食同源植物资源重点实验室 海口 571126)<sup>(c)</sup>海南师范大学化学与化工学院 热带药用植物化学海南省重点实验室 海口 571158)

**摘要** 从棕榈花中分离鉴定了 2 个新的莽草酸衍生物以及 4 个生源相关的莽草酸衍生物. 综合运用多种波谱技术以及化学反应确定了所得化合物的结构. 所有分离得到的化合物均具有  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性, 其中 trachshikimic B (2), 3-feruloylquinic acid (5) 和 chlorogenic acid (6) 的活性强于阳性对照阿卡波糖.

**关键词** 棕榈; 莽草酸衍生物;  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性

Two New Shikimic Acid Derivatives from the Flower of *Trachycarpus fortunei*Lin, Fangxia<sup>†,a,c</sup> Wang, Zhihong<sup>†,a,c</sup> Dai, Decai<sup>b</sup> Zhou, Xueming<sup>\*,a,c</sup> Wu, Luyong<sup>\*,a,c</sup><sup>(a)</sup> Key Laboratory of Tropical Medicinal Resource Chemistry of Ministry of Education, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan Normal University, Haikou 571158)<sup>(b)</sup> Key Laboratory of Medicinal and Edible Plants Resources of Hainan Province, Hainan Vocational University of Science and Technology, Haikou 571126)<sup>(c)</sup> Key Laboratory of Tropical Medicinal Plant Chemistry of Hainan Province, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hainan Normal University, Haikou 571158)

**Abstract** Two new shikimic acid-derived trachshikimics A and B, together with four known biogenetically related shikimic acid derivatives, were isolated from the flower of *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. Their structures were elucidated using comprehensive spectroscopic methods and chemical reaction. All isolated compounds showed  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities, while Trachshikimic B (2), 3-feruloylquinic acid (5) and chlorogenic acid (6) were more active than the positive control acarbose.

**Keywords** *Trachycarpus fortunei*; shikimic acid derivative;  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity

棕榈科(Arecaceae)棕榈属(*Trachycarpus*)植物全球约有 9 种, 主要分布于亚洲西南部, 如印度、中国以及日本等, 我国有 6 种, 广泛分布于中国西南部至东南部. 棕榈[*Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl]作为一种观赏性植物在我国各地均有种植<sup>[1-2]</sup>. 棕榈不但可以作为观赏植物, 而且它全身上下许多部位都具有经济价值, 棕衣可以用于编绳和扎扫帚, 棕皮可以制作棕垫和徐绳, 种子磨粉可以喂养家畜, 棕榈芯和棕包可以食用, 棕榈油也具有丰富的营养价值, 可以替代花生油和猪油等. 棕榈的叶、花、果和根均可入药具有收敛止血作

用<sup>[3]</sup>. 近年来, 学者对该属植物进行了诸多研究, 然而对其活性成分研究的报道不多. 到目前为止已报道的棕榈化学成分类型主要有苯丙素、甾体、黄酮和吡喃酮<sup>[4-6]</sup>. 作者前期活性筛选中发现棕榈花的粗提物具有较好的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性.  $\alpha$ -葡萄糖苷酶可水解诸多低聚糖的部分糖苷键而使其解离出葡萄糖, 葡萄糖被小肠吸收进入血液后即为血糖. 因此, 通过抑制  $\alpha$ -葡萄糖苷酶发挥作用就可以达到控制血糖的目的.  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制剂可降低糖化血红蛋白含量, 同时用后不增加体重, 并且可与胰岛素等药物联用, 属于“百搭型”药物<sup>[7-8]</sup>. 为

\* Corresponding authors. E-mail: xueming2009211@126.com; wuluyong@163.com

Received September 29, 2021; revised November 22, 2021; published online December 22, 2021.

Project supported by the Hainan Provincial Natural Science Foundation (Nos. 220QN252, 218QN234).

海南省自然科学基金(Nos. 220QN252, 218QN234)资助项目.

<sup>†</sup> 共同第一作者(These authors contributed equally to this work).

进一步明确棕榈花中具有  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的活性成分, 经活性成分追踪分离已得到并鉴定 6 个莽草酸类衍生物, 其中包括 2 个新化合物, 分别命名为 trachshikimics A 和 B (**1** 和 **2**), 其它化合物鉴定为 5-*O*-caffeoylshikimic acid (**3**)<sup>[9]</sup>, 5-*O*-*p*-coumaroyl shikimic acid (**4**)<sup>[10]</sup>, 3-feruloylshikimic acid (**5**)<sup>[11]</sup>和 chlorogenic acid (**6**)<sup>[12]</sup>. 本文报道新化合物 **1** 和 **2** 的分离和结构鉴定, 以及化合物 **1**~**6** 的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性.

## 1 结果与讨论

化合物 **1** 为白色无定形粉末, HRESIMS 显示化合物的  $[M-H]^-$  峰为  $m/z$ : 347.0776 (calcd for  $C_{17}H_{15}O_8$   $[M-H]^-$  347.0772), 可以确定该化合物的分子式为  $C_{17}H_{16}O_8$ , 不饱和度为 10. 在化合物 **1** 的氢谱中, 在低场区出现了一对特征的反式双键上的 2 个氢信号  $\delta_H$  7.53 (d,  $J=16.0$  Hz, 1H) 和 6.30 (d,  $J=16.0$  Hz, 1H), 3 个芳香质子信号  $\delta_H$  7.06 (d,  $J=2.0$  Hz, 1H), 7.02 (dd,  $J=8.0, 2.0$  Hz, 1H) 和 6.81 (d,  $J=8.0$  Hz, 1H), 1 个烯氢质子信号  $\delta_H$  6.73 (d,  $J=1.6$  Hz, 1H) 以及 1 个亚甲二氧基的氢信号  $\delta_H$  6.02 (s, 2H); 在高场区显示有 3 个连氧次甲基氢信号  $\delta_H$  5.11 (dt,  $J=6.8, 5.2$  Hz, 1H), 4.28 (br s, 1H) 和 3.78 (dd,  $J=6.8, 4.0$  Hz, 1H) 以及 1 个亚甲基的 2 个氢信号  $\delta_H$  2.66 (dd,  $J=18.0, 4.0$  Hz, 1H) 和 2.20 (dd,  $J=18.0, 5.2$  Hz, 1H) (表 1). 在化合物 **1** 的碳谱中共显示了 17 个信号, 分别为 1 个羧基碳信号 ( $\delta_C$  167.5, C-1), 1 个酯基碳信号 ( $\delta_C$  166.1, C-1'), 6 个芳香碳、4 个双键碳信号 ( $\delta_C$  106.7~149.4)、1 对亚甲二氧基的碳信号 ( $\delta_C$  101.5)、3

个连氧次甲基碳信号 ( $\delta_C$  69.9, 67.8 和 65.5) 以及 1 个亚甲基碳信号 ( $\delta_C$  27.7). 这些数据表明该化合物由莽草酸和 3,4-亚甲二氧基肉桂酸两部分组成.  $^1H$ - $^1H$  COSY 中 H-3, H-4, H-5, H-6 和 H<sub>2</sub>-7 依次相关, 结合 HMBC 中 H-3 和 H<sub>2</sub>-7 均与 C-1 和 C-2 相关, 进一步确证化合物 **1** 中存在莽草酸结构片段.  $^1H$ - $^1H$  COSY 中 H-2' 与 H-3', H-8' 与 H-9' 分别相关, 结合 HMBC 中 H-2' 和 H-3' 与 C-1', H-3' 与 C-4', C-5' 和 C-9' 以及 H-5', H-8' 和 H-10' 与 C-6' 和 C-7' 的相关, 确证其中存在 3,4-亚甲二氧基肉桂酸片段. 另外, HMBC 谱中 H-6 与 C-1' 相关, 由此确定这两个片段是通过莽草酸 6 位羟基和 3,4-亚甲二氧基肉桂酸的羧基成酯键相连 (图 2). 化合物 **1** 的相对构型是通过 1D-NOE 谱确定的, 谱图中照射 H-5 时 H-4 与 H-7 $\beta$  信号显著增强, 照射 H-6 时 H-7 $\alpha$  信号显著增强, 说明 4-OH, 5-OH 与 H-6 在六元环同侧. 化合物 **1** 在甲醇中用碳酸钾进行水解并得到了莽草酸 **1a**, 其  $^1H$  NMR、 $^{13}C$  NMR 数据、HPLC 分析对照以及比旋光值均与标准品一致. 至此, 可以确定化合物 **1** 的结构如图 1 所示, 命名为 trachshikimic A.

化合物 **2** 同为白色无定形粉末, HRESIMS 显示其  $[M-H]^-$  峰为  $m/z$  365.0876 (calcd for  $C_{17}H_{17}O_9$   $[M-H]^-$  365.0878), 可以确定该化合物的分子式为  $C_{17}H_{18}O_9$ , 不饱和度为 9. 化合物 **2** 的 NMR 数据与化合物 **1** 相似 (表 1), 进一步比较发现前者比后者多出了 1 个连氧  $sp^3$  杂化的季碳信号 ( $\delta_C$  73.5) 和 1 个亚甲基信号, 少了两个烯碳信号. 这说明化合物 **2** 中有一个奎尼酸单元替代了 **1** 中的莽草酸单元.  $^1H$ - $^1H$  COSY 中 H-3 与 H-4, H-4 与 H-5, H-5 与 H-6, H-6 与 H-7 分别相关, 结合 HMBC 中 H-

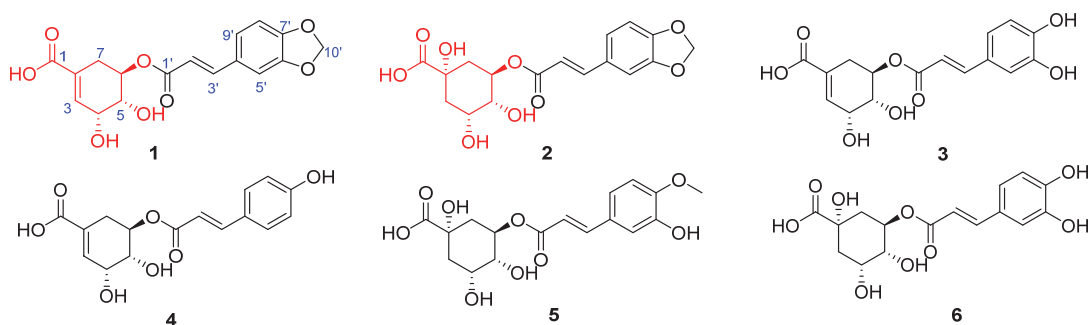


图 1 化合物 **1**~**6** 的化学结构

Figure 1 Chemical structures of compounds **1**~**6**

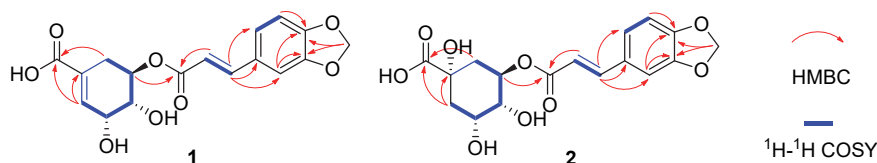


图 2 化合物 **1** 和 **2** 关键的 HMBC 和相关  $^1H$ - $^1H$  COSY

Figure 2 Key partial structures of compounds **1** and **2** from HMBC data and  $^1H$ - $^1H$  COSY

表 1 化合物 trachshikimics A (1) 和 B (2) 的  $^1\text{H}$  NMR 和  $^{13}\text{C}$  NMR 数据  
Table 1  $^1\text{H}$  NMR and  $^{13}\text{C}$  NMR spectral data of trachshikimics A (1) and B (2)

| Position | 1 (DMSO- $d_6$ )                                                              |                               | 2 (DMSO- $d_6$ )                                                            |                               |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|          | $\delta_{\text{H}}$ (J in Hz, 400 MHz)                                        | $\delta_{\text{C}}$ (100 MHz) | $\delta_{\text{H}}$ (J in Hz, 600 MHz)                                      | $\delta_{\text{C}}$ (150 MHz) |
| 1        | —                                                                             | 167.5                         | —                                                                           | 174.9                         |
| 2        | —                                                                             | 128.0                         | —                                                                           | 73.5                          |
| 3        | 6.73 (d, 1.6, 1H)                                                             | 138.7                         | 2.01 (d, overlap, H $\alpha$ , 1H)<br>1.77 (dd, 19.2, 11.4, H $\beta$ , 1H) | 37.2                          |
| 4        | 4.28 (br s, 1H)                                                               | 65.5                          | 3.92 (br s, 1H)                                                             | 68.2                          |
| 5        | 3.78 (dd, 6.8, 4.0, 1H)                                                       | 67.8                          | 3.56 (dd, 9.0, 4.2, 1H)                                                     | 70.5                          |
| 6        | 5.11 (dt, 6.8, 5.2, 1H)                                                       | 69.9                          | 5.06 (td, 9.0, 7.8, 1H)                                                     | 70.9                          |
| 7        | 2.66 (dd, 18.0, 4.0, H $\alpha$ , 1H)<br>2.20 (dd, 18.0, 5.2, H $\beta$ , 1H) | 27.7                          | 2.01 (overlap, H $\alpha$ , 1H)<br>1.93 (dd, 19.2, 7.8, H $\beta$ , 1H)     | 36.3                          |
| 1'       | —                                                                             | 166.1                         | —                                                                           | 165.7                         |
| 2'       | 7.53 (d, 16.0, 1H)                                                            | 114.1                         | 7.47 (d, 16.0, 1H)                                                          | 114.8                         |
| 3'       | 6.30 (d, 16.0, 1H)                                                            | 145.6                         | 6.20 (d, 16.0, 1H)                                                          | 145.6                         |
| 4'       | —                                                                             | 128.7                         | —                                                                           | 128.8                         |
| 5'       | 7.06 (d, 2.0, 1H)                                                             | 106.7                         | 7.09 (d, 2.4, 1H)                                                           | 106.8                         |
| 6'       | 6.81 (d, 8.0, 1H)                                                             | 148.5                         | 6.81 (d, 8.4, 1H)                                                           | 148.3                         |
| 7'       | 7.02 (dd, 8.0, 2.0, 1H)                                                       | 149.4                         | 7.03 (dd, 8.4, 2.4, 1H)                                                     | 149.7                         |
| 8'       | —                                                                             | 108.6                         | —                                                                           | 108.7                         |
| 9'       | —                                                                             | 124.6                         | —                                                                           | 125.6                         |
| 10'      | 6.02 (s, 2H)                                                                  | 101.5                         | 6.00 (s, 2H)                                                                | 101.5                         |

3/7 与 C-1/2 相关也可以确定上述结论的正确性。化合物 2 的 1D-NOE 谱中, 照射 H-5 时 H-4 与 H-3 $\beta$ /7 $\beta$  信号显著增强, 照射 H-6 时 H-7 $\alpha$  信号显著增强, 说明 4-OH, 5-OH 与 H-6 在六元环同侧。化合物 2 在甲醇中用碳酸钾进行水解并得到了 D-(—)-奎尼酸 2a, 其  $^1\text{H}$  NMR、 $^{13}\text{C}$  NMR 数据、HPLC 分析对照以及比旋光值均与标准品一致。至此, 可以确定化合物 2 的结构如图 1 所示, 命名为 trachshikimic B。

经 NMR 以及 MS 分析并与文献中相应化合物的数据进行对照, 将化合物 1~6 分别鉴定为 5-O-caffeoyl-shikimic acid (3), 5-O-p-coumaroyl shikimic acid (4), 3-feruloylquinic acid (5) 和 chlorogenic acid (6)。

通过 PNPG 法<sup>[13]</sup>评价了  $\alpha$ -葡萄糖苷酶的抑制活性, 结果表明化合物 2, 5 和 6 对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶具有显著的抑制活性, 其  $\text{IC}_{50}$  值分别为 168.43, 153.28 和 148.68  $\mu\text{mol/mL}$ , 均强于阳性对照阿卡波糖( $\text{IC}_{50}$  值为 235.4  $\mu\text{mol/mL}$ ); 化合物 1, 3 和 4 对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶均具有较好的抑制活性, 其  $\text{IC}_{50}$  值分别为 276.18, 252.52 和 247.12  $\mu\text{mol/mL}$ 。对比这些化合物结构和活性可推断, D-(—)-奎尼酸片段对  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性较为重要。

## 2 实验部分

### 2.1 仪器与试剂

Bruker AV-400 型超导核磁共振仪(德国布鲁克公司); JEOL JEM-ECP-600 型超导核磁共振仪(日本电子); Finnigan LCQ Advantage MAX 型质谱仪(美国热电公

司); ELISA 酶标仪(Bio Tek ELX800); 薄层硅胶 GF<sub>254</sub> 以及柱色谱硅胶(100~200, 200~300 及 300~400 目)购自青岛海洋化工厂; Sephadex LH-20 凝胶购自 Amersham Biosciences 公司; ODS 柱色谱材料(C18, 10~40  $\mu\text{m}$ )购自 Merck 公司。有机试剂均为分析纯试剂。96 孔板购自 Corning Costar (Cambridge, MA, USA) 公司。

### 2.2 材料

棕榈花于 2019 年 5 月采集于海南省海口市云龙镇的农户种植的棕榈树, 由海南师范大学化学与化工学院周学明副教授鉴定为棕榈树的花, 其凭证标本(No. ZLH20190510)保存于海南师范大学热带药用资源化学教育部重点实验室标本室。

### 2.3 提取与分离

将采集的棕榈花风干后磨碎(2.8 kg), 用 95% 的乙醇室温浸泡提取(7 d $\times$ 3), 按照常规浓缩萃取得到石油醚部位(51.2 g)以及乙酸乙酯部位(45.3 g)。经活性测试表明乙酸乙酯部位具有较好的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性; 选乙酸乙酯部位经用 100~200 目硅胶拌样, 采用硅胶常压柱(柱填料为 200~300 目硅胶), 依次用石油醚/乙酸乙酯( $V:V=100:0\sim0:100$ )进行梯度洗脱。经薄层色谱(TLC)检测后合并相似流分后得 6 个组分(Fr.1~Fr.6)。经活性测试表明第 5 组分具有显著的  $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性, 选 Fr.5 (约 8.2 g)组分经凝胶 Sephadex LH-20 柱色谱分离, 经 TLC 检测后合并相似流分后得 4 个组分(Fr.4a~Fr.4d)。Fr.4b 由 ODS 色谱柱(甲醇/水,  $V:$

$V=5:95\sim40:60$  梯度洗脱)进行纯化得到化合物 **1** (21.3 mg), **3** (12.5 mg)和 **4** (17.8 mg). Fr.4d 由 ODS 色谱柱(甲醇/水,  $V:V=5:95\sim30:70$ )进行纯化得到化合物 **2** (8.2 mg), **5** (12.1 mg)和 **6** (14.8 mg).

Trachshikimic A (**1**): 白色无定形粉末; m.p. 197~199 °C;  $[\alpha]_D^{24} -168.5$  ( $c$  0.5, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )和  $^{13}\text{C}$  NMR (100 MHz, DMSO- $d_6$ )数据见表 1; IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$ : 3343, 1706, 1613  $\text{cm}^{-1}$ ; HRESIMS calcd for  $\text{C}_{17}\text{H}_{15}\text{O}_8$   $[\text{M}-\text{H}]^-$  347.0772, found 347.0776.

Trachshikimic B (**2**): 白色无定形粉末;  $[\alpha]_D^{24} -38.4$  ( $c$  0.5, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (600 MHz, DMSO- $d_6$ )和  $^{13}\text{C}$  NMR (150 MHz, DMSO- $d_6$ )数据见表 1; IR (KBr)  $\nu_{\text{max}}$  3348, 1712, 1616  $\text{cm}^{-1}$ ; HRESIMS calcd for  $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{O}_9$   $[\text{M}-\text{H}]^-$  365.0878, found 365.0876.

莽草酸(**1a**): 白色无定形粉末; m.p. 185~187 °C;  $[\alpha]_D^{24} -176.5$  ( $c$  0.5, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 6.57 (br s, 1H, H-3), 4.20 (br s, 1H, H-4), 3.83 (d,  $J=3.6$  Hz, 1H, H-6), 3.55 (d,  $J=3.6$  Hz, 1H, H-5), 2.40 (d,  $J=15.6$  Hz, 1H, H-7 $\alpha$ ), 2.02 (d,  $J=15.6$  Hz, 1H, H-7 $\beta$ );  $^{13}\text{C}$  NMR (100 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta_{\text{C}}$ : 168.1 (C-1), 139.0 (C-3), 128.5 (C-2), 70.4 (C-4), 67.0 (C-5), 65.6 (C-6), 30.0 (C-7).

D-(一)-奎尼酸(**2a**): 白色无定形粉末; m.p. 166~168 °C;  $[\alpha]_D^{24} -41.9$  ( $c$  0.5, H $_2$ O);  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 3.86~3.89 (m, 1H, H-4), 3.72~3.77 (m, 1H, H-6), 3.23 (dd,  $J=8.0, 2.8$  Hz, 1H, H-5), 1.85 (overlap, 2H, H-3 $\alpha$ /7 $\alpha$ ), 1.76 (ddd,  $J=13.2, 5.2$  Hz, 1H, H-3 $\beta$ ), 1.68 (dd,  $J=13.2, 5.2$  Hz, 1H, H-7 $\beta$ );  $^{13}\text{C}$  NMR (100 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta_{\text{C}}$ : 176.0 (C-1), 74.9 (C-2), 74.8 (C-5), 69.4 (C-4), 67.0 (C-5), 40.8 (C-7), 37.6 (C-3).

## 2.5 化合物 **1** 和 **2** 的水解

取化合物 **1** 和 **2** 各 5 mg 溶于 3 mL 甲醇, 在搅拌的情况下加入  $\text{K}_2\text{CO}_3$  至饱和, 50 °C 下搅拌过夜后用甲酸进行中和. 产物进行硅胶柱层析, 采用硅胶常压柱(柱填料为 200~300 目硅胶)先用氯仿/甲醇( $V:V=20:1$ )将 3,4-(methylenedioxy)cinnamic acid 去除掉, 后用氯仿/甲醇( $V:V=1:1$ )洗脱出目标产物并浓缩. 最终得到 2.3 mg 莽草酸(**1a**)以及 2.5 mg D-(一)-奎尼酸(**2a**).

## 2.6 $\alpha$ -葡萄糖苷酶抑制活性评价

$\alpha$ -葡萄糖苷酶活性测定采用 PNPG 法<sup>[13]</sup>, 在 96 孔板中加入 20  $\mu\text{L}$  化合物的二甲亚砜溶液(2, 1, 0.5 和 0.1 mg/mL)、10  $\mu\text{L}$   $\alpha$ -葡萄糖苷酶(2 U/mL)及 50  $\mu\text{L}$  磷酸缓

冲溶液(PBS)于孔板孔中(每孔体积 100  $\mu\text{L}$ )中, 在室温下静置 10 min, 继续添加 20  $\mu\text{L}$  PNPG-对硝基苯基- $\alpha$ -D-吡喃葡萄糖苷(2 mg/mL)开始反应, 并在 37 °C 下孵育 15 min. 使用 ELISA 酶标仪在 405 nm 处测定吸光度. 以与测试相同的方式通过添加 PBS 缓冲液代替样品来制备对照. 用同样的方法加入 PBS 缓冲液代替  $\alpha$ -葡萄糖苷酶制备空白, 以阿卡波糖用作阳性对照, 平行测定三次. 抑制率计算方法为: 抑制率(%) =  $[(\text{OD}_{\text{control}} - \text{OD}_{\text{control blank}}) - (\text{OD}_{\text{test}} - \text{OD}_{\text{test blank}})] / [(\text{OD}_{\text{control blank}} - \text{OD}_{\text{control blank}})] \times 100\%$ . 数据分析均采用 SPSS 统计分析软件 22.0 版本(SPSS, Inc.)进行分析计算.

**辅助材料(Supporting Information)** 化合物 **1** 和 **2** 的  $^1\text{H}$  NMR,  $^{13}\text{C}$  NMR, HSQC, HMBC 和 HRESIMS 谱. 这些材料可以免费从本刊网站(<http://sioc-journal.cn/>)上下载.

## References

- [1] Zhu, X. S.; Tan, G. W. *J. Zhongkai Univ. Agric. Eng.* **2018**, *31*, 65 (in Chinese). (朱炫熹, 谭广文, 仲恺农业工程学院学报, **2018**, *31*, 65.)
- [2] Lin, X. X.; Chen, Z. D. *Chin. J. Trop. Crop.* **2007**, *28*, 115 (in Chinese). (林秀香, 陈振东, 热带作物学报, **2007**, *28*, 115.)
- [3] Zhang, J.; Fan, H. K.; Sun, C. X. *Agric. Res. Appl.* **2013**, (06), 52 (in Chinese). (张军, 范海阔, 孙程旭, 农业研究与应用, **2013**, (06), 52.)
- [4] Kuang, X.; Yang, J. Y.; Cai, J.; Liao, Q. Y.; Liao, S.; Zhou, X. M. *J. Chin. Med. Mater.* **2019**, *42*, 2557 (in Chinese). (匡鑫, 杨静雨, 蔡瑾, 廖启英, 廖珊, 周学明, 中药材, **2019**, *42*, 2557.)
- [5] Gui, L. L.; Chen, L.; Dong, J. X. *Mil. Med. Sci.* **2017**, *41*, 62 (in Chinese). (桂利利, 陈立, 董俊兴, 军事医学, **2017**, *41*, 62.)
- [6] Lu, R. M.; Zhang, H. J.; Tan, X. W.; Li, B. *Chin. J. Exp. Tradit. Med. Formulae* **2011**, *17*, 97 (in Chinese). (卢汝梅, 张宏建, 谭新武, 李兵, 中国实验方剂学杂志, **2011**, *17*, 97.)
- [7] Arunagirinathan, G.; Khwaja, N. U. D. *Curr. Drug Saf.* **2021**, *16*, 122.
- [8] Eguchi, K.; Komori, T.; Saito, T.; Hoshida, S.; Kario, K. *J. Electrocardiol.* **2018**, *51*, 21.
- [9] Wang, C.; Zhu, L. P.; Yang, J. Z.; Li, C. J.; Zhang, D. M. *China J. Chin. Mater. Med.* **2010**, *35*, 714 (in Chinese). (王超, 朱丽萍, 杨敬芝, 李创军, 张东明, 中国中药杂志, **2010**, *35*, 714.)
- [10] Ulbrich, B.; Zenk, M. H. *Phytochemistry* **1980**, *19*, 1625.
- [11] Van Bragt, J.; Rohrbaugh, L. M.; Wender, S. H. *Phytochemistry* **1965**, *4*, 977.
- [12] Liu, F. L.; Chen, D. J.; Feng, X. L.; Wu, C.; Lin, C. Z.; Zhu, C. C. *Tradit. Chin. Drug Res. Clin. Pharmacol.* **2016**, *27*, 242 (in Chinese). (刘方乐, 陈德金, 冯秀丽, 吴冲, 林朝展, 祝晨蓁, 中药新药与临床药理, **2016**, *27*, 242.)
- [13] Ma, K.; Han, J. J.; Bao, L.; Wei, T. Z.; Liu, H. W. *J. Nat. Prod.* **2014**, *77*, 942.

(Zhao, C.)