

## 一株桐花树内生真菌代谢产物中的甾醇类物质

李盈蕾<sup>1,2,3</sup>, 林秀萍<sup>1</sup>, 刘永宏<sup>1\*</sup><sup>1</sup>中国科学院南海海洋研究所 中国科学院海洋生物资源可持续利用重点实验室, 广州 510301;<sup>2</sup>中国科学院大学, 北京 100049; <sup>3</sup>淮海工学院化学工程学院, 连云港 222005

**摘要:** 利用 pTLC、硅胶、Sephadex LH-20 及半制备 HPLC 等柱色谱手段, 从一株桐花树内生真菌的次生代谢产物中分离得到了 8 个甾醇类化合物, 经波谱学数据分析鉴定为麦角甾-5, 7, 22-三烯-3 $\beta$ -醇(1)、24-methylcholest-5, 22(E)-3 $\beta$ , 7 $\alpha$ -diol(2)、麦角甾-22-烯-3-醇(3)、5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -环二氧-6-胆甾烯-3 $\beta$ -醇(4)、5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -环氧-22E 麦角甾-6, 22-二烯-3 $\beta$ -醇(5)、3 $\beta$ -羟基-胆甾烷(6)、3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 9 $\alpha$ -三羟基-7, 22-麦角甾二烯-6-酮(7)、3 $\beta$ -羟基-5, 8, 22-麦角甾三烯-7-酮(8)。

**关键词:** 桐花树; 内生真菌; 代谢产物; 甾醇

中图分类号: R284. 2

文献标识码: A

Sterols in secondary metabolites produced by an endophytic fungus isolated from *Aegiceras corniculatum*LI Ying-lei<sup>1,2,3</sup>, LIN Xiu-ping<sup>1</sup>, LIU Yong-hong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Key Laboratory of Marine Bio-resources Sustainable Utilization, South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222005, China.

**Abstract:** Eight compounds were purified from an endophytic fungus by extensive chromatography and spectroscopic analysis. The endophytic fungus was isolated from *Aegiceras corniculatum*. They were identified as ergosta-5, 7, 22-trien-3 $\beta$ -ol(1), 24-methylcholest-5, 22(E)-3 $\beta$ , 7 $\alpha$ -diol, ergost-22-en-3-ol(3), 5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -epidioxy-cholest-6-en-3 $\beta$ -ol(4), 5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -epidioxy-22E-ergosta-6, 22-dien--3 $\beta$ -ol(5), 3 $\beta$ -hydroxy-cholestan(6), 3 $\beta$ -hydroxy-ergosta-5, 8, 22-trien-7-one(7), 3 $\beta$ -hydroxy-ergosta-5, 8, 22-trien-7-one(8).

**Key words:** *Aegiceras corniculatum*; endophytic fungus; secondary metabolites; sterols

桐花树 *Aegiceras corniculatum* 属于紫金牛科(Myrsinaceae), 桐花树属(*Aegiceras*), 是红树林(*Mangrove*)组成树种之一, 主要分布在我国广西、广东、福建及南海诸岛。其生存环境位于热带和亚热带海岸及河口潮间带, 属于陆地到海洋过渡的生态系, 地处高盐、频繁的潮汐、强风、高温、强紫外辐射和缺氧污泥的海陆潮间带中, 鉴于其如此独特的生长环境, 它不仅具有丰富的内生真菌资源, 而且其内生真菌还具有独特的代谢途径和遗传背景, 及丰富的次级代谢产物。这些代谢产物不仅结构多样化, 且具有抗菌、抗肿瘤等多种重要的生物活性。近年, 红树林内生真菌作为一种海洋微生物资源, 已成为

新药及先导化合物研究开发的重要源泉<sup>[1,2]</sup>。

甾醇类化合物是一种广泛存在的次级代谢产物, 从生源观点来说, 它是通过甲戊二羟酸的生物合成途径转化而来的, 并可以通过环结构和侧链的变化, 产生多种衍生物<sup>[3]</sup>, 而且据报道, 甾醇具有抗炎、利尿、降脂、抗癌等多种生物活性<sup>[4]</sup>。本实验对来源于桐花树的一株真菌进行了次级代谢产物研究, 从中分离得到了 8 个甾醇类化合物。

## 1 材料与方法

## 1.1 仪器与材料

Bruker DRX-500 MHz 核磁共振仪, TMS 为内标; 高效液相色谱仪: 岛津 LC-20A, YMC-Pack, ODS-S-5  $\mu$ m 250  $\times$  10 mm i. d, SPD-M20A 检测器; Sephadex LH-20 (Pharmacia Biotech Sweden); 柱色谱硅胶(100 ~ 200 目, 200 ~ 300 目), TLC 和 pTLC (GF<sub>254</sub>)

收稿日期: 2014-01-22 接受日期: 2014-06-11

基金项目: 国家自然科学基金(31270402)

\* 通讯作者 Tel: 86-20-89023144; E-mail: yonghongliu@scsio.ac.cn

购自烟台江友硅胶开发有限公司;所用试剂均为分析纯试剂。

真菌从珠江口红树林桐花树叶中分离得到,菌种保存于中国科学院微生物中心。

真菌分离培养基(Medium A):麦芽浸膏 1.5%,粗海盐 1%,氯霉素 0.02%,琼脂粉 1.5%,pH7.4~7.8,121 °C 灭菌 30 min 备用。

真菌纯化及短期保藏培养基(Medium B):麦芽浸膏 1.5%,粗海盐 1%,琼脂粉 1.5%,pH7.4~7.8,121 °C 灭菌 30 min 备用。

PDA 培养基:马铃薯浸提液 20%,葡萄糖 2%,琼脂粉 1.5%,粗海盐 0.025%,121 °C 灭菌 30 min 备用。

种子培养基:马铃薯浸提液 20%,葡萄糖 2%,粗海盐 0.025%,121 °C 灭菌 30 min 备用。

大米固体培养基:大米 200 g,粗海盐 0.25 g,自来水 200 mL,置于 1000 mL 三角瓶中,浸泡过夜,121 °C 灭菌 30 min 备用。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 菌株的分离、纯化及保藏

将桐花树树叶切成 1 cm × 1 cm 的小块,用无菌水洗涤表面,浸泡到 70% 乙醇中约 60 ~ 120 s 以进行表面消毒,用无菌纱布吸去乙醇,将其在 Medium A 平板上划线(作为阴性对照),再把它放到无菌纱布上,用无菌剪刀剪成更小块,并将这些小块放置到其他的新鲜 Medium A 平板上,使其与培养基充分接触,置 25 °C 培养 7 ~ 35 d。

待菌丝长满平板,将生长出的真菌菌丝尖端进行切割,转接到新鲜 Medium B 培养基上,置 25 °C 培养 7 ~ 35 d,直到得到纯菌株。

将纯化得到的真菌菌株接种到 Medium B 的试管斜面培养基上,置 25 °C 培养 7 ~ 35 d 后,放置于 4 °C 冰箱进行短期保藏。

### 1.2.2 菌株的发酵培养

将保藏于 4 °C PDA 培养基的菌株转接到 PDA 平板上,置于 25 °C 培养 7 d。将平板菌种转接到装有 50 mL 的种子培养基 200 mL 三角瓶中,于 25 °C,180 rpm 摇床培养 48 h。将 10 mL 种子液转接于大米固体培养基(装于 1000 mL 三角瓶)中,在自然光照下,于 25 °C 静置培养。50 d 后,收获 20 瓶培养物,用于该菌化学成分的研究。

### 1.2.3 发酵产物的提取与分离

将固体发酵物粉碎后加入 2 倍体积丙酮,搅拌

后超声提取 10 min,后浸泡过夜,抽滤,收集上清液,残渣以乙酸乙酯浸提 3 次,每次 24 h,抽滤,收集上清,并与丙酮提取液合并。浓缩提取液,得浸膏 158 g。

将乙酸乙酯萃取的浸膏经中压硅胶(100 ~ 200 目)柱层析,以石油醚/乙酸乙酯(1:0 ~ 0:1)系统进行梯度洗脱,结合薄层色谱(TLC)点板情况,合并为 12 个流分(Fr01 ~ Fr012)。

中压洗脱流分第 53 瓶(属 Fr01 流分其中 1 瓶,因出现结晶,没有合并到 Fr01 中)经放置产生结晶状物质,经甲醇反复重结晶得化合物 1(8.9 mg)。

流分 Fr02(812 mg)经过 Sephadex LH-20 柱层析,以氯仿/甲醇(1:1)洗脱,亚流分 Fr0105(35 mg)经薄层制备板(氯仿/甲醇,20:1)得到化合物 2。亚流分 Fr0103 经薄层制备板(氯仿/甲醇,20:1)得到化合物 6。

流分 Fr04 先通过葡聚糖凝胶柱(氯仿/甲醇 1:1)分离得到 7 个小组分(7A-7G),7B 经正相硅胶柱柱层析,经梯度洗脱(氯仿-丙酮,10:1)得到 4 个馏分(7B1-B4)。7B4 经过薄层板制备(氯仿-甲醇,15:1)得到化合物 3。

Fr06(3.4 g)经中压硅胶(100 ~ 200 目)柱层析,以石油醚/乙酸乙酯(6:1)洗脱,得到的相似流分相合并成为 10 个组分,组分 3(497 mg)经过 Sephadex LH-20 凝胶柱(氯仿/甲醇,1:1)脱色素,得到 8 个流分,将流分 8 经 PTLC(石油醚/乙酸乙酯,10:1)制备,得到化合物 4,化合物 5。将组分 8(1.2 g)经过 Sephadex LH-20 凝胶柱(氯仿/甲醇,1:1)脱色素,得到 9 个流分,将流分 6(235 mg)经硅胶柱层析(200 ~ 300 目),以氯仿/甲醇(49:1)进行洗脱,得到的相似流分合并为 8 个组分,将组分 4 经半制备 HPLC 进一步纯化,得到化合物 7(YMC-Pack, ODS-S-5  $\mu$  250 × 10 mm i. d, 3 mL/min, 甲醇/水, (v/v 65:35),  $t_R$  = 50 min, 6.1 mg), 化合物 8(甲醇/水, (v/v 65:35),  $t_R$  = 54 min, 5.7 mg)。

## 2 结构鉴定

化合物 1 白色针状结晶(甲醇),254 nm 下有紫外吸收,TLC 展开 10%  $H_2SO_4$  醇溶液显红色斑点。 $^1H$  NMR(500 MHz,  $CDCl_3$ )  $\delta_H$ : 5.56(1H, brs, H-6), 5.38(1H, brs, H-7), 5.22(1H, dd,  $J$  = 15.5, 7.0 Hz, H-22), 5.17(1H, dd,  $J$  = 15.5, 7.5 Hz, H-23), 3.63(1H, m, H-3), 1.03(3H, d,  $J$  = 6.5 Hz, H-21),

0.94(3H, s, H-19), 0.91(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-28), 0.82(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-26), 0.83(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-27), 0.63(3H, s, H-18);  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 38.3(C-1), 32.0(C-2), 70.5(C-3), 40.8(C-4), 139.8(C-5), 119.6(C-6), 116.3(C-7), 141.3(C-8), 46.2(C-9), 37.0(C-10), 21.0(C-11), 39.1(C-12), 42.8(C-13), 54.7(C-14), 23.0(C-15), 28.3(C-16), 55.7(C-17), 12.0(C-18), 16.3(C-19), 40.4(C-20), 21.1(C-21), 135.6(C-22), 132.0(C-23), 42.8(C-24), 33.1(C-25), 19.9(C-26), 19.7(C-27), 17.6(C-28)。以上数据与文献报道<sup>[5]</sup>基本一致, 鉴定化合物 **1** 为麦角甾-5,7,22-三烯-3 $\beta$ -醇(ergosta-5,7,22-trien-3 $\beta$ -ol)。

**化合物 2** 白色晶体,  $^1\text{H}$  NMR(500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 5.63(1H, dd,  $J = 5.0, 1.6$  Hz H-6), 5.21(1H, dd,  $J = 15.3, 4.4$  Hz H-23), 5.17(1H, dd,  $J = 15.2, 8.0$  Hz H-22), 3.87(1H, brs, H-7), 3.62(1H, m, H-3), 2.36(1H, ddd,  $J = 13.0, 5.3, 1.9$  Hz, H-4a), 2.31(1H, dd,  $J = 13.0, 13.0$  Hz, H-4b), 1.04(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-21), 0.94(3H, d,  $J = 6.9$  Hz, H-28), 0.85(3H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-26), 0.83(3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-27), 0.72(3H, s, H-18);  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 157.2(C-24), 147.8(C-5), 124.1(C-6), 106.4(C-28), 71.8(C-3), 65.3(C-7), 56.1(C-17), 49.8(C-14), 42.7(C-9), 42.6(C-13), 42.4(C-4), 39.6(C-12), 38.1(C-8), 37.8(C-10), 37.4(C-1), 35.1(C-20), 34.2(C-22), 32.3(C-25), 31.8(C-2), 31.2(C-23), 28.6(C-16), 24.7(C-15), 22.5(C-26), 22.3(C-27), 21.1(C-11), 19.9(C-19), 18.5(C-21), 12.0(C-18)。以上数据与文献报道<sup>[6]</sup>一致, 确定化合物 **2** 为 24-methylcholest-5,22(*E*)-3 $\beta$ ,7 $\alpha$ -diol。

**化合物 3** 白色固体  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 5.23(2H, m), 3.80(1H, m), 1.16(3H, s), 1.05(3H, d,  $J = 6.5$  Hz), 0.95(3H, d,  $J = 7.0$  Hz), 0.87(6H,  $J = 6.5$  Hz), 0.66(3H, s),  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 72.1(C-3), 28.6(C-5), 44.3(C-4), 32.1(C-6), 56.1(C-14), 55.9(C-17), 53.6(C-9), 42.3(C-13), 39.6(C-12), 38.5(C-7), 38.0(C-10), 37.1(C-1), 35.2(C-20), 34.2(C-2), 29.5(C-8), 28.1(C-16), 135.6(C-22), 132.4(C-23), 39.9(C-24), 28.0(C-25), 23.1(C-15), 22.8(C-26), 22.6(C-27), 17.8(C-28), 21.0(C-11), 12.3

(C-19), 17.1(C-21), 12.1(C-18)。经文献查阅, 核磁数据与文献<sup>[7]</sup>基本一致, 故该化合物鉴定为麦角甾-22-烯-3-醇(ergost-22-en-3-ol)。

**化合物 4** 无色针晶, 254 nm 紫外吸收微弱, TLC 展开 10% 硫酸乙醇显深蓝色。  $^1\text{H}$  NMR(500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 6.50(1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-6), 6.24(1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-7), 3.94(1H, m, H-3), 0.99(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-21), 0.86(3H, s, H-19), 0.82(3H, s, H-18), 0.81(6H, m, H-26, 27);  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 34.7(C-1), 30.1(C-2), 66.5(C-3), 37.0(C-4), 82.1(C-5), 135.4(C-6), 130.5(C-7), 79.5(C-8), 51.1(C-9), 36.8(C-10), 23.4(C-11), 39.4(C-12), 44.5(C-13), 51.7(C-14), 20.6(C-15), 28.5(C-16), 56.2(C-17), 12.3(C-18), 18.6(C-19), 39.9(C-20), 19.6(C-21), 36.2(C-22), 23.5(C-23), 39.8(C-24), 28.9(C-25), 22.9(C-26), 22.6(C-27)。以上数据与文献报道<sup>[8]</sup>一致, 确定化合物 **5 $\alpha$** , 8 $\alpha$ -环二氧-6-胆甾烯-3 $\beta$ -醇(5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -epidioxy-cholest-6-en-3 $\beta$ -ol)。

**化合物 5** 无色针晶: 254 nm 紫外吸收微弱, TLC 展开 10% 硫酸乙醇显深蓝色。  $^1\text{H}$  NMR(500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 6.49(1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-6), 6.23(1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-7), 5.16(2H, m, H-22, 23), 3.94(1H, m, H-3), 0.99(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-21), 0.90(3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-28), 0.86(3H, s, H-19), 0.82(3H, s, H-18), 0.81(6H, m, H-26, 27);  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 34.7(C-1), 30.1(C-2), 66.5(C-3), 37.0(C-4), 82.2(C-5), 135.4(C-6), 130.7(C-7), 79.5(C-8), 51.1(C-9), 37.0(C-10), 23.4(C-11), 39.4(C-12), 44.6(C-13), 51.7(C-14), 20.5(C-15), 29.7(C-16), 56.3(C-17), 12.9(C-18), 17.6(C-19), 20.9(C-20), 39.4(C-21), 135.2(C-22), 132.3(C-23), 42.8(C-24), 33.1(C-25), 20.1(C-26), 19.6(C-27), 18.0(C-28)。以上数据与文献报道<sup>[9,10]</sup>一致, 确定化合物为 5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -环二氧-22E 麦角甾-6,22-二烯-3 $\beta$ -醇(5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ -epidioxy-22E-ergosta-6,22-dien-3 $\beta$ -ol)。

**化合物 6** 白色固体,  $^1\text{H}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 500 MHz)  $\delta_{\text{H}}$ : 3.62(1H, m), 1.01(3H, s), 0.95(3H, m), 0.91(3H, m), 0.86(3H, m), 0.67(3H, s);  $^{13}\text{C}$  NMR( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 71.6(C-3), 8.8(C-5), 44.8(C-4), 32.1(C-6), 56.1(C-14), 55.9(C-17), 53.6(C-9), 42.5(C-13), 39.6(C-12), 39.5(C-24),

38.5(C-7), 38.0(C-10), 37.1(C-1), 36.1(C-22), 35.2(C-20), 34.2(C-2), 29.5(C-8), 28.1(C-16), 28.0(C-25), 24.1(C-23), 23.1(C-15), 22.8(C-26), 22.6(C-27), 21.0(C-11), 12.3(C-19), 17.1(C-21), 12.1(C-18)。以上数据与文献报道<sup>[11]</sup>一致,确定化合物为 $3\beta$ -羟基-胆甾烷。

**化合物 7** 白色无定型粉末, 254 nm 下有紫外吸收,  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 5.60 (1H, s, H-7), 5.28 (2H, m, H-22, H-23), 3.95 (1H, m, H-3), 1.07 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-21), 1.01 (3H, s, H-19), 0.97 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-28), 0.88 (6H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-26, H-27), 0.69 (3H, s, H-18);  $^{13}\text{C NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 125 MHz)  $\delta_{\text{C}}$ : 25.5 (C-1), 30.1 (C-2), 67.3 (C-3), 37.1 (C-4), 79.8 (C-5), 197.7 (C-6), 119.7 (C-7), 164.4 (C-8), 74.8 (C-9), 41.7 (C-10), 28.7 (C-11), 34.8 (C-12), 45.4 (C-13), 51.7 (C-14), 22.5 (C-15), 22.8 (C-16), 56.1 (C-17), 12.2 (C-18), 20.4 (C-19), 40.3 (C-20), 21.1 (C-21), 135.2 (C-22), 132.3 (C-23), 42.8 (C-24), 33.1 (C-25), 19.6 (C-26)。以上数据与文献<sup>[12]</sup>对照基本一致,因此鉴定化合物 7 为 $3\beta, 5\alpha, 9\alpha$ -三羟基-7, 22-麦角甾二烯-6-酮。

**化合物 8** 白色无定型粉末, 254 nm 下有紫外吸收, TLC 展开 10% 硫酸乙醇显红色。 $^1\text{H NMR}$  (500 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta_{\text{H}}$ : 0.65 (3H, s, H-18), 1.35 (3H, s, H-19), 1.05 (3H, d,  $J = 6.5$  Hz, H-21), 0.82 (3H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-26), 0.85 (3H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-27), 0.92 (3H, d,  $J = 7.0$  Hz, H-28), 3.68 (1H, m, H-3), 6.03 (1H, s, H-6), 5.22 (1H, m, H-22), 5.21 (1H, m, H-23);  $^{13}\text{C NMR}$  (125 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )  $\delta_{\text{C}}$ : 34.7 (C-1), 30.6 (C-2), 71.9 (C-3), 41.8 (C-4), 161.1 (C-5), 126.7 (C-6), 186.3 (C-7), 134.1 (C-8), 161.7 (C-9), 41.9 (C-10), 24.5 (C-11), 35.6 (C-12), 42.4 (C-13), 48.5 (C-14), 24.8 (C-15), 29.7 (C-16), 53.3 (C-17), 11.9 (C-18), 23.6 (C-19), 40.3 (C-20), 21.2 (C-21), 135.4 (C-22), 132.1 (C-23), 42.8 (C-24), 33.1 (C-25), 19.9 (C-26), 19.6 (C-27), 17.7 (C-28)。以上数据与文献<sup>[13]</sup>对照基本一致,故鉴定 8 为 $3\beta$ -羟基-5, 8, 22-麦角甾三烯-7-酮。

### 3 结果与讨论

从该菌的固体发酵产物乙酸乙酯萃取部位提取得到 8 个甾醇类化合物。分别鉴定为麦角甾-5, 7,

22-三烯- $3\beta$ -醇 (化合物 1), 24-methylcholest-5, 22 (E)- $3\beta, 7\alpha$ -diol (化合物 2), 麦角甾-22-烯-3-醇 (化合物 3),  $5\alpha, 8\alpha$ -环二氧-6-胆甾烯- $3\beta$ -醇 (化合物 4),  $5\alpha, 8\alpha$ -环氧-22E 麦角甾-6, 22-二烯- $3\beta$ -醇 (化合物 5),  $3\beta$ -羟基-胆甾烷 (化合物 6),  $3\beta, 5\alpha, 9\alpha$ -三羟基-7, 22-麦角甾二烯-6-酮 (化合物 7),  $3\beta$ -羟基-5, 8, 22-麦角甾三烯-7-酮 (化合物 8)。本实验研究的主要是乙酸乙酯萃取物中极性偏小的部分, 甾醇类物质主要是真菌细胞壁的组成成分, 在性质上属于小极性化合物, 本次实验在小极性部分分离得到的化合物主要为甾醇类, 可能与本次真菌发酵时间稍长, 代谢产物已逐渐分解有关。考虑在以后实验中做一下发酵时间的筛选, 优选最佳代谢产物发酵条件, 本次实验其他极性萃取物的分离鉴定还在进一步实验中。

### 参考文献

- Li MS, Lee SY. Mangroves of China: a brief review. *Forest Ecology and Management*, 1997, 96: 241-259.
- Liu AR (刘爱荣), Wu XP (吴晓鹏), Xu T (徐同). Research advances in endophytic fungi of mangrove. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2007, 18: 912-918.
- John D. Weete. Sterols of the fungi: Distribution and biosynthesis. *Phytochemistry*, 1973, 12: 1843-1864.
- Xu JJ (徐佳佳), Long SJ (龙盛京). Research overview of chemical constituents and biological activity of the *Aegiceras corniculatum*. *LiShiZhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2006, 17: 2393-2395.
- Zou JH (邹建华), Dan JG (戴均贵). Study on chemical constituents in marine fungus of cladosporium cladosporioides. *Chin Pharm J* (中国药学杂志), 2009, 4: 418-421.
- Notaro G, Piccalli V, Sica D. New steroidal hydroxyketones and closely related diols from the marine sponge *Cliona Copiosa*. *J Nat prod*, 1992, 55: 1588-1594.
- Erdman TR, Thomson RH. Sterols from the sponges *Clionaceata grant* and *hymeniacidon perleve montagu*. *Tetrahedron* 1972, 28: 5163-5173.
- Ioannou E, et al.  $5\alpha, 8\alpha$ -Epidioxysterols from the gorgonian *Eunicella cavolini* and the ascidian *Trididemnum inarmatum*: Isolation and evaluation of their antiproliferative activity. *Steroids* 2009, 74: 73-80.
- Wang GH, Huang HC, Su JH, et al. Paralemmolins J-P, New sesquiterpenoids from the soft coral *Paralemmalia thyrsoide*. *Chem Pharm Bull*, 2010, 58: 30-33.