

• 化学成分 •

一种豆荚软珊瑚 *Lobophytum* sp. 中二萜类成分研究郎俊慧¹, 杨帆², 甘建红¹, 林厚文^{2*}

1. 第二军医大学长征医院 药学部, 上海 200433

2. 上海交通大学医学院附属仁济医院 药学部, 上海 200127

摘要: 目的 研究采自中国西沙群岛海域的一种豆荚软珊瑚 *Lobophytum* sp. 的化学成分。方法 采用硅胶柱色谱和高效液相色谱等方法进行分离纯化, 根据理化性质和波谱分析方法鉴定化合物的结构。结果 从豆荚软珊瑚 *Lobophytum* sp. 的95%乙醇提取物中分离得到6个二萜类化合物, 分别鉴定为豆荚内酯B (1)、(1*S**,3*S**,4*S**,7*E*,11*E*)-3,4-epoxy-13-oxo-7,11,15-cembratriene (2)、(2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropylcyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (3)、(2*E*,4*E*,8*S*,12*Z*)-1-isopropyl-4,8-dimethyl-7-oxocyclotetradeca-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (4)、sarcassin D (5)、laevigatol B (6)。结论 化合物1为新化合物, 化合物2~4为首次从该属软珊瑚中分离得到。

关键词: 软珊瑚; 豆荚软珊瑚; 二萜; 豆荚内酯B; (2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropylcyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2015)23-3455-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2015.23.002

Diterpenoids from a kind of soft coral *Lobophytum* sp.LANG Jun-hui¹, YANG Fan², GAN Jian-hong¹, LIN Hou-wen²

1. Department of Pharmacy, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

2. Department of Pharmacy, Ren Ji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200127, China

Abstract: Objective To study the chemical constituents of a kind of soft coral *Lobophytum* sp. collected from Xisha islands of China.

Methods Isolation and purification of the chemical constituents were performed by silica gel and ODS gel column chromatographies as well as HPLC. Their structures were determined on the basis of physicochemical properties and spectroscopic methods. **Results** Six diterpenoids were obtained in 95% ethanol extract from *Lobophytum* sp., including chilobolide B (1), (1*S**,3*S**,4*S**,7*E*,11*E*)-3,4-epoxy-13-oxo-7,11,15-cembratriene (2), (2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropylcyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (3), (2*E*,4*E*,8*S*,12*Z*)-1-isopropyl-4,8-dimethyl-7-oxocyclotetradeca-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (4), sarcassin D (5), and laevigatol B (6). **Conclusion** Compound 1 is a new compound named chilobolide B. Compounds 2—4 are obtained from *Lobophytum* sp. for the first time.

Key words: soft coral; *Lobophytum* sp.; diterpenes; chilobolide B; (2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropylcyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone

软珊瑚为腔肠动物门 (Coelenterata) 珊瑚虫纲 (Anthozoa) 八放珊瑚亚纲 (Octocorallia) 软珊瑚目 (Alcyonacea) 的海洋无脊椎动物, 是热带和亚热带常见的海洋生物。中国珊瑚礁资源丰富, 主要分布于南海和东海海域, 其中软珊瑚和柳珊瑚种类繁多, 为珊瑚的药用研究提供了丰富的资源基础。珊瑚的

药用在《本草纲目》中已有详细记载, 主要有清热解毒、软坚散结、活血祛瘀、安神镇惊等功效^[1]。

由于海洋生物的多样性, 软珊瑚作为无物理防御功能的海洋生物, 必然会产生化学或生理防御物质, 所以其代谢产物逐步成为海洋天然产物研究的热点。据文献报道, 软珊瑚所含化学成分丰富, 主

收稿日期: 2015-08-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81072573, 81172978, 41106127, 81001394)

作者简介: 郎俊慧 (1987—), 女, 硕士, 研究方向为天然药物化学。Tel: 18221013361 E-mail: zhenshanmei.hui@163.com

*通信作者 林厚文, 博士生导师, 教授。Tel: (021)68383346 E-mail: franklin67@126.com

要包括萜类、甾体类、神经酰胺和生物碱类等,其中二萜类化合物种类和量丰富,这些化合物通常具有细胞毒^[2]、抗病毒^[3]、毒鱼^[4]、钙拮抗^[5]及抗污^[6]等活性,具有重要的药用研究价值。国内外研究报道的软珊瑚主要为肉芝软珊瑚 *Sarcophyton*、短指软珊瑚 *Sinularia* 和豆莢软珊瑚 *Lobophytum* 3 大属。本实验研究对象为其中一种豆莢软珊瑚 *Lobophytum* sp., 二萜类化合物是该属软珊瑚中数目最多的一类次生代谢产物。

为了进一步丰富软珊瑚的二萜类化学成分,本课题组在前期研究基础上^[7],对采自中国西沙群岛

海域中的一种豆莢软珊瑚 *Lobophytum* sp. 进行了进一步的系统化学成分研究,从其 95%乙醇提取物中分离得到 6 个二萜类化合物,分别鉴定为豆莢内酯 B (chilobolide B, **1**)、(1*S**,3*S**,4*S**,7*E*,11*E*)-3,4-epoxy-13-oxo-7,11,15-cembratriene (**2**)、(2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropyl-cyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (**3**)、(2*E*,4*E*,8*S*,12*Z*)-1-isopropyl-4,8-dimethyl-7-oxocyclotetradeca-1,3,11-triene-8,12-carbolactone (**4**)、sarcassin D (**5**)、laevigatol B (**6**)。结构见图 1。其中,化合物 **1** 为新化合物,化合物 **2**~**4** 为首次从该属软珊瑚中分离得到。

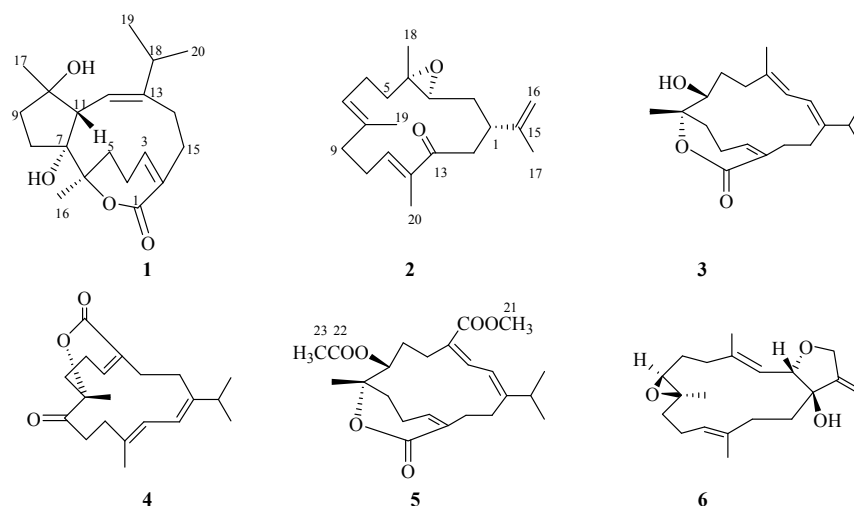


图 1 化合物 1~6 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—6

1 仪器与材料

Perkin-Elmer 341 型旋光仪(美国 Perkin-Elmer 公司);Bio-Rad FTS-185 傅里叶变换红外光谱仪(美国伯乐 Bio-Rad 公司);Waters 1525/2998 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司),半制备色谱柱为 YMC C₁₈ (250 mm×10 mm, 5 μm);Q-ToF micro YA019 型液质联用仪(美国 Waters 公司);Bruker AV-600 核磁共振仪(德国 Bruker 公司);Sephadex LH-20 由 Amersham Pharmacia Biotech 生产;柱色谱硅胶与硅胶板为烟台江友硅胶开发有限公司产品;柱色谱 ODS 为北京金欧亚科技发展有限公司产品;正己烷、醋酸乙酯、二氯甲烷、正丁醇和甲醇等分析纯有机溶剂购自上海化学试剂公司;色谱级甲醇和乙腈为 Promptar 公司产品。

实验样品于 2010 年 4 月采自我国西沙群岛海域,经中国科学院南海海洋研究所黄辉研究员鉴定

为豆莢软珊瑚 *Lobophytum* sp., 样品标本(编号 X-17)保存在中国人民解放军第二军医大学附属长征医院海洋药物研究室。

2 提取和分离

冷冻干燥的豆莢软珊瑚 1 kg, 切碎成小块, 室温下每次用 95%乙醇 3 L 回流提取 2 h, 重复 3 次, 合并提取液减压浓缩得总浸膏约 68 g。将总浸膏混悬分散于水中, 依次用正己烷(1 L×3)、二氯甲烷(1 L×3)及正丁醇(1 L×3)分别萃取 3 次, 分别得浸膏 19、8 和 4 g。二氯甲烷萃取物经反相硅胶 ODS 柱色谱, 甲醇-水(20:80→100:0)梯度洗脱, 得到 8 个流分(Fr. 1~8), Fr. 4 经硅胶柱色谱, 正己烷-醋酸乙酯(10:1→1:1)梯度洗脱, 得到 6 个流分(Fr. 4a~4f), Fr. 4c 经半制备高效液相色谱分离纯化(乙腈-水 70:30), 得到化合物 **1** (2.5 mg, *t_R*=14.3 min)、**2** (2.3 mg, *t_R*=17.5 min) 和 **3**

(3.1 mg, t_R =23.5 min); Fr. 4d 经半制备高效液相色谱分离纯化(乙腈-水 65:35), 得到化合物 **4** (2.6 mg, t_R =10.1 min) 和 **5** (4.2 mg, t_R =18.5 min); Fr. 4e 经半制备高效液相色谱分离纯化(乙腈-水 60:40), 得到化合物 **6** (6.4 mg, t_R =17.6 min)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 无色油状物, $[\alpha]_D^{25} +75^\circ$ (c 0.25, CH_2Cl_2); IR 光谱给出 α,β -不饱和羰基 ($1\,668\text{ cm}^{-1}$) 与羟基 ($3\,233\text{ cm}^{-1}$) 特征吸收峰。HR-ESI-MS 给出准分子离子峰 m/z : 357.204 4 $[\text{M}+\text{Na}]^+$ (计算值 357.204 2, $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_4\text{Na}$), 结合 NMR 数据, 确定其分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_4$, 不饱和度为 6。

^1H -NMR (600 MHz, CDCl_3) 谱(表 1) 低场区给出 2 个烯质子信号 δ_{H} 6.33 (1H, dd, $J=6.0, 9.0\text{ Hz}$, H-3) 和 5.53 (1H, d, $J=11.1\text{ Hz}$, H-12), 2 个次甲基质子信号 δ_{H} 2.30 (1H, m, H-18) 和 2.20 (1H, d, $J=11.1\text{ Hz}$, H-11); 高场区给出 4 个甲基质子信号 δ_{H} 1.46 (3H, s, H-16), 1.13 (3H, s, H-17), 1.11 (3H, d, $J=6.9\text{ Hz}$, H-20) 和 1.07 (3H, d, $J=6.9\text{ Hz}$, H-19)。 ^{13}C -NMR (150 MHz, CDCl_3) 谱(表 1) 高场区给出 4 个甲基碳信号 δ_{C} 21.2 (C-20), 23.4 (C-19), 26.6 (C-17) 和 27.0 (C-16), 6 个亚甲基碳信号 δ_{C} 22.4 (C-4), 26.9 (C-14), 31.6 (C-15), 34.2 (C-8), 36.3 (C-9)

和 38.4 (C-5), 2 个次甲基碳信号 δ_{C} 33.9 (C-18) 和 50.7 (C-11), 3 个连氧季碳信号 δ_{C} 83.7 (C-10), 87.0 (C-6) 和 88.9 (C-7); 低场区给出 2 组烯碳信号 δ_{C} 118.0 (C-12), 133.6 (C-2), 144.4 (C-3) 和 147.5 (C-13), 1 个羰基碳信号 δ_{C} 170.3 (C-1)。同时依据 HMQC 谱, 将氢和碳相关信号进行详细归属(表 1)。

将化合物 **1** 的 NMR 数据与已知化合物 sarsolilide A^[8] 进行比较, 两者数据非常相似, 提示两者具有相似的结构。不同之处仅在于化合物 **1** 少了 1 组末端烯烃碳信号, 多了 1 个单峰甲基碳信号和 1 个连氧季碳信号, 初步推测化合物 **1** 可能是已知化合物 sarsolilide A 中的环外末端双键与 H_2O 加成后的产物。

^1H - ^1H COSY 谱中, H-11 (δ_{H} 2.20) 与 H-12 (δ_{H} 5.53) 相关, H₂-8 (δ_{H} 1.90) 与 H₂-9 (δ_{H} 1.99, 1.84) 相关; HMBC 谱中, H₃-17 (δ_{H} 1.13) 与 C-9 (δ_{C} 36.3)、C-10 (δ_{C} 83.7)、C-11 (δ_{C} 50.7) 相关; C-10 (δ_{C} 83.7) 是一个连氧季碳; 以上信息说明 1 个单峰甲基 (δ_{C} 26.6) 连接在 C-10 上, 并证实结构中存在 C-8 到 C-12 的结构片段。进一步分析 HMBC 谱, 发现 H₂-8 (δ_{H} 1.90) 与 C-7 (δ_{C} 88.9)、C-10 (δ_{C} 83.7)、C-11 (δ_{C} 50.7) 相关, H-11 (δ_{H} 2.20) 与 C-7 (δ_{C} 88.9)、C-10 (δ_{C} 83.7)、C-12 (δ_{C} 118.0) 相关, 这些关键相关说明化合物 **1** 存在 C-7 到 C-11 的五元环结构, 从而证实了上述推断。

再次对比化合物 **1** 与已知化合物 sarsolilide A 的碳谱数据, 发现两者 C-1~C-7, C-11~C-15, C-18~C-20 与 C-16 的化学位移数据基本一致, 由此推断化合物 **1** 其余部分结构与已知化合物 sarsolilide A 相同, 并从 ^1H - ^1H COSY 与 HMBC 远程相关(图 2) 得以证实。 ^1H - ^1H COSY 谱中, H-18 (δ_{H} 2.30) 与 H₃-19 (δ_{H} 1.07)、H₃-20 (δ_{H} 1.11) 相关; HMBC 谱中, H₃-19 (δ_{H} 1.07) 与 C-18 (δ_{C} 33.9)、C-13 (δ_{C} 147.5)、C-20 (δ_{C} 21.2) 相关; 说明结构中存在 1 个异丙基, 并且此异丙基连接在 C-13 位上。HMBC 谱中, H₃-16 (δ_{H} 1.46) 与 C-5 (δ_{C} 38.4)、C-6 (δ_{C} 87.0)、C-7 (δ_{C} 88.9) 相关, 同时 C-7 为连氧季碳, C-5 为亚甲基碳, 说明另外 1 个单峰甲基 (δ_{H} 27.0) 连接在 C-6 位上。最后, ^1H - ^1H COSY 谱中, H₂-15 (δ_{H} 2.93, 2.01) 与 H₂-14 (δ_{H} 2.50, 2.04) 相关, H₂-4 (δ_{H} 2.88, 2.35) 与 H-3 (δ_{H} 6.33)、H₂-5 (δ_{H} 2.58) 相关; HMBC 谱中, H-12 (δ_{H} 5.53) 与 C-13 (δ_{C} 147.5)、C-14 (δ_{C} 26.9)、C-18 (δ_{C} 33.9) 相关, H-3 (δ_{H} 6.33) 与

表 1 化合物 **1** 的 ^1H -NMR 和 ^{13}C -NMR 数据

Table 1 ^1H -NMR and ^{13}C -NMR data for compound **1**

碳位	δ_{C}	δ_{H}
1	170.3, C	
2	133.6, C	
3	144.4, CH	6.33 (1H, dd, $J=6.0, 9.0\text{ Hz}$)
4	22.4, CH_2	2.35 (1H, m), 2.88 (1H, m)
5	38.4, CH_2	2.58 (2H, m)
6	87.0, C	
7	88.9, C	
8	34.2, CH_2	1.90 (2H, m)
9	36.3, CH_2	1.99 (1H, m), 1.84 (1H, m)
10	83.7, C	
11	50.7, CH	2.20 (1H, d, $J=11.1\text{ Hz}$)
12	118.0, CH	5.53 (1H, d, $J=11.1\text{ Hz}$)
13	147.5, C	
14	26.9, CH_2	2.50 (1H, m), 2.04 (1H, m)
15	31.6, CH_2	2.93 (1H, m), 2.01 (1H, m)
16	27.0, CH_3	1.46 (3H, s)
17	26.6, CH_3	1.13 (3H, s)
18	33.9, CH	2.30 (1H, m)
19	23.4, CH_3	1.07 (3H, d, $J=6.9\text{ Hz}$)
20	21.2, CH_3	1.11 (3H, d, $J=6.9\text{ Hz}$)

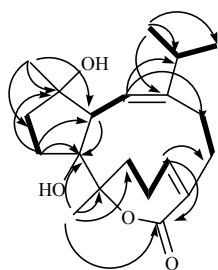


图2 化合物1的关键HMBC (→)和¹H-¹H COSY (—)相关

Fig. 2 Key HMBC (→) and ¹H-¹H COSY (—) correlations of compound 1

C-1 (δ_C 170.3)、C-15 (δ_C 31.6) 相关, H₃-16 (δ_H 1.46) 与 C-1 (δ_C 170.3) 相关; 通过以上分析确定了化合物 1 的平面结构 (图 1)。

H-12 与 H₃-19, H-3 与 H₂-14 之间明显的 NOE 相关信号证实双键 $\Delta^{12,13}$, $\Delta^{2,3}$ 的构型分别为 *E* 式与 *Z* 式, 并且 $\Delta^{2,3}$ 双键只能为 *Z* 式, 否则无法构成七元内酯环。化合物 1 与已知化合物 sarsolilide A 在 C-5、C-6、C-7、C-11、C-12 和 C-16 位碳的化学位移数据一致, 由此确定化合物 1 在 C-6、C-7 和 C-11 位的相对构型与已知化合物 sarsolilide A 相同, 而 C-10 位的相对构型尚待其他方法确定。目前培养的化合物 1 的单晶太细, 无法做 X-单晶衍射, 其单晶还在不断尝试培养中。综上所述, 化合物 1 的结构确定为 (2*Z*,6*R*^{*},7*R*^{*}11*S*^{*},12*E*)-6,10-dimethyl-7,10-dihydroxy-13-isopropyl-2,12-dolabelladiene-1,6-olide, 是 1 个新化合物, 命名为豆莢内酯 B。

化合物 2: 无色油状物, ESI-MS m/z : 325 [$M+Na$]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.62 (1H, t, J = 7.2 Hz, H-11), 5.20 (1H, t, J = 7.0 Hz, H-7), 4.69 (1H, s, H-16a), 4.62 (1H, s, H-16b), 2.61 (1H, m, H-1), 1.72 (3H, s, H-20), 1.71 (3H, s, H-17), 1.64 (3H, s, H-19), 1.21 (3H, s, H-18); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 44.2 (C-1), 33.1 (C-2), 62.1 (C-3), 60.2 (C-4), 39.2 (C-5), 24.2 (C-6), 125.8 (C-7), 134.8 (C-8), 38.7 (C-9), 25.9 (C-10), 144.1 (C-11), 137.4 (C-12), 188.9 (C-13), 43.2 (C-14), 148.3 (C-15), 110.8 (C-16), 19.6 (C-17), 11.6 (C-18), 15.8 (C-19), 16.8 (C-20)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 2 为 (1*S*^{*},3*S*^{*},4*S*^{*},7*E*,11*E*)-3,4-epoxy-13-oxo-7,11,15-cembratriene。

化合物 3: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 341 [$M+Na$]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.21 (1H, d, J =

11.5 Hz, H-2), 6.13 (1H, t, J = 4.2 Hz, H-11), 5.58 (1H, d, J = 11.5 Hz, H-3), 4.31 (1H, d, J = 9.8 Hz, H-7), 1.85 (3H, s, H-18), 1.45 (3H, s, H-19), 1.10 (3H, d, J = 6.9 Hz, H-16), 1.03 (3H, d, J = 6.9 Hz, H-17); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 147.1 (C-1), 119.9 (C-2), 122.3 (C-3), 134.4 (C-4), 31.3 (C-5), 26.8 (C-6), 67.5 (C-7), 84.8 (C-8), 36.7 (C-9), 33.9 (C-10), 142.1 (C-11), 133.8 (C-12), 28.7 (C-13), 27.5 (C-14), 35.8 (C-15), 22.7 (C-16), 23.1 (C-17), 19.9 (C-18), 21.6 (C-19), 167.2 (C-20)。以上数据与文献报道基本一致^[10-11], 故鉴定化合物 3 为 (2*E*,4*E*,7*R*,8*S*,12*Z*)-1-isopropylcyclotetradeca-4,8-dimethyl-7-hydroxy-1,3,11-triene-8,12-carbolactone。

化合物 4: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 339 [$M+Na$]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.03 (1H, d, J = 11.2 Hz, H-2), 5.98 (1H, t, J = 4.3 Hz, H-11), 5.43 (1H, d, J = 11.2 Hz, H-3), 1.78 (3H, s, H-18), 1.53 (3H, s, H-19), 1.08 (3H, d, J = 7.0 Hz, H-16), 1.05 (3H, d, J = 7.0 Hz, H-17); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 145.8 (C-1), 119.4 (C-2), 119.9 (C-3), 134.5 (C-4), 29.9 (C-5), 32.3 (C-6), 209.8 (C-7), 87.2 (C-8), 34.3 (C-9), 32.7 (C-10), 143.6 (C-11), 131.3 (C-12), 27.0 (C-13), 27.5 (C-14), 35.6 (C-15), 22.2 (C-16), 23.2 (C-17), 19.1 (C-18), 29.8 (C-19), 166.8 (C-20)。以上数据与文献报道基本一致^[10-11], 故鉴定化合物 4 为 (2*E*,4*E*,8*S*,12*Z*)-1-isopropyl-4,8-dimethyl-7-oxo-cyclotetradeca-1,3,11-triene-8,12-carbolactone。

化合物 5: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 427 [$M+Na$]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.58 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-3), 6.34 (1H, t, J = 4.3 Hz, H-11), 5.98 (1H, d, J = 9.6 Hz, H-2), 5.27 (1H, brd, J = 10.9 Hz, H-7), 3.72 (3H, s, H-21), 2.07 (3H, s, H-23), 1.36 (3H, s, H-19), 1.12 (3H, d, J = 6.8 Hz, H-16), 1.09 (3H, d, J = 6.8 Hz, H-17); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 156.1 (C-1), 120.6 (C-2), 138.5 (C-3), 129.7 (C-4), 22.4 (C-5), 28.2 (C-6), 68.1 (C-7), 83.2 (C-8), 36.1 (C-9), 28.9 (C-10), 142.5 (C-11), 134.1 (C-12), 35.6 (C-13), 32.8 (C-14), 30.3 (C-15), 19.3 (C-16), 23.7 (C-17), 166.7 (C-18), 25.6 (C-19), 166.1 (C-20), 52.6 (C-21), 170.1 (C-22), 22.3 (C-23)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 5 为 sarcassin D。

化合物 6: 无色油状物, ESI-MS m/z : 341 [$M+Na$]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 5.19 (1H, t, J =

2.8 Hz, H-17a), 5.11 (1H, d, $J = 10.6$ Hz, H-3), 5.06 (1H, t, $J = 2.8$ Hz, H-17b), 4.76 (1H, d, $J = 10.6$ Hz, H-2), 4.62 (1H, d, $J = 13.1$ Hz, H-16a), 4.39 (1H, d, $J = 13.1$ Hz, H-16b), 2.64 (1H, t, $J = 4.1$ Hz, H-7), 1.79 (3H, s, H-18), 1.60 (3H, s, H-20), 1.25 (3H, s, H-19); ^{13}C -NMR (150 MHz, CDCl_3) δ : 82.5 (C-1), 85.4 (C-2), 122.7 (C-3), 140.5 (C-4), 38.8 (C-5), 26.7 (C-6), 63.4 (C-7), 61.1 (C-8), 41.3 (C-9), 24.8 (C-10), 124.6 (C-11), 137.4 (C-12), 35.7 (C-13), 33.8 (C-14), 153.6 (C-15), 70.2 (C-16), 107.4 (C-17), 17.5 (C-18), 17.8 (C-19), 16.3 (C-20)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **6** 为 laevigatol B。

参考文献

- [1] 邵长伦, 傅秀梅, 王长云, 等. 中国珊瑚礁资源状况及其药用研究调查 III. 民间药用与药物研究状况 [J]. 中国海洋大学学报, 2009, 39(4): 691-698.
- [2] Duh C Y, Wang S K, Huang B T, *et al.* Cytotoxic cembrenolide diterpenes from the Formosan soft coral *Lobophytum crassum* [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63(6): 884-885.
- [3] Rashid M A, Gustafson K R, Boyd M R. HIV-inhibitory cembrane derivatives from a Philippines collection of the soft coral *Lobophytum* species [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63(4): 531-533.
- [4] Yamada K, Ryu K, Miyamoto T, *et al.* Bioactive terpenoids from Octocorallia.4. Three new cembrane-type diterpenoids from the soft coral *Lobophytum schoedei* [J]. *J Nat Prod*, 1997, 60(8): 798-801.
- [5] Kobayashi J, Ohizumi Y, Nakamura H, *et al.* Ca-antagonistic substance from soft coral of the genus *Sarcophyton* [J]. *Experientia*, 1983, 39(1): 67-69.
- [6] Anthoni U, Bock K, Christopherson C, *et al.* Structure of a novel antifouling epoxy cembrenoid diterpene from a *Sarcophyton* sp. [J]. *Tetrahedron Lett*, 1991, 32(24): 2825-2826.
- [7] 郎俊慧, 杨帆, 甘建红, 等. 中国西沙豆荚软珊瑚 *Lobophytum* sp. 化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 46(20): 2999-3003.
- [8] Long K H, Huang S H, Shi K L. A novel diterpenolide from the soft coral *Sarcophyton solidum* [J]. *J Nat Prod*, 1992, 55(11): 1672-1675.
- [9] Ravi B N, Faulkner D J. Cembranoid diterpenes from a South Pacific soft coral [J]. *J Org Chem*, 1978, 43(11): 2127-2131.
- [10] Gross H, Wright A D, Beil W, *et al.* Two new bicyclic cembranolides from a new *Sarcophyton* species and determination of the absolute configuration of sarcoglaucol-16-one [J]. *Org Biomol Chem*, 2004, 2(8): 1133-1138.
- [11] Bowden B F, Coll J C, Willis R H, *et al.* Studies of Australian soft corals. XXVII. Two novel diterpenes from *Sarcophyton glaucum* [J]. *Aust J Chem*, 1982, 35(3): 621-627.
- [12] Zhang C X, Li J, Su J Y, *et al.* Cytotoxic diterpenoids from the soft coral *Sarcophyton crassocaule* [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69(10): 1476-1480.
- [13] Quang T H, Ha T T, Minh C V, *et al.* Cytotoxic and anti-inflammatory cembranoids from the Vietnamese soft coral *Lobophytum laevigatum* [J]. *Bioorg Med Chem*, 2011, 19(8): 2625-2632.