

## 环带小薄孔菌发酵液的化学成分研究

合力强<sup>1,2</sup> 杨晓艳<sup>1,3</sup> 冯涛<sup>1</sup> 李正辉<sup>1</sup> 董泽军<sup>1</sup> 刘吉开<sup>1\*</sup><sup>1</sup>中国科学院昆明植物研究所 植物化学与西部植物资源持续利用国家重点实验室,昆明 650201;<sup>2</sup>中国科学院大学,北京 100049; <sup>3</sup>昆明理工大学,昆明 650500

**摘要:** 环带小薄孔菌(*Antrodiella zonata*) 发酵液经浓缩、乙酸乙酯萃取后得到浸膏,再用硅胶、RP-18、Sephadex LH-20 等材料以及 MPLC、HPLC 等仪器进行分离纯化,最终利用理化方法和波谱分析进行结构鉴定,从中分离并鉴定了 8 个化合物,它们分别为薄孔菌素(antrodiellone) (1)、22E-7 $\alpha$ -methoxy-5 $\alpha$ -6 $\alpha$ -epoxyergosta-8(14)-22-dien-3 $\beta$ -ol (2)、3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihydroxy-6 $\beta$ -methoxyergosta-7,22-diene (3)、6-bromo-1H-indole-3-carboxylic acid ethyl ester (4)、6-bromo-1H-indole-3-carboxylic acid (5)、对羟基苯乙醇(6)、5-羟乙基糠醛(7)、环-(亮-缬)二肽(8)。其中 1 为新化合物,其余化合物均首次从该种真菌中分离得到。

**关键词:** 环带小薄孔菌; 化学成分; 分离; 结构鉴定

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2015.05.001

Chemical Constituents of the Fermentation Broth of *Antrodiella zonata*HE Li-qiang<sup>1,2</sup>, YANG Xiao-yan<sup>1,3</sup>, FENG Tao<sup>1</sup>, LI Zheng-hui<sup>1</sup>, DONG Ze-jun<sup>1</sup>, LIU Ji-kai<sup>1\*</sup><sup>1</sup>State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in West China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Yunnan Kunming 650201, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;<sup>3</sup>Kunming University of Science and Technology, Yunnan Kunming 650500, China

**Abstract:** Eight compounds were separated and purified from the ethyl acetate extracts of the fermentation broth of *Antrodiella zonata* by silica gel, RP-18, Sephadex LH-20 column chromatography, respectively. Their structures were identified as antrodiellone (1), 22E-7 $\alpha$ -methoxy-5 $\alpha$ -6 $\alpha$ -epoxyergosta-8(14)-22-dien-3 $\beta$ -ol (2), 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihydroxy-6 $\beta$ -methoxyergosta-7,22-diene (3), 6-bromo-1H-indole-3-carboxylic acid ethyl ester (4), 6-bromo-1H-indole-3-carboxylic acid (5), 4-hydroxyphenethyl alcohol (6), 5-(2-hydroxyethyl) furan-2-carboxaldehyde (7), and cyclo-(L-Leu-L-Val) (8). 1 was a new compound. The other compounds were isolated from *A. zonata* for the first time.

**Key words:** *Antrodiella zonata*; chemical constituents; isolation; structural identification

环带小薄孔菌(*Antrodiella zonata*) 属于平革菌科(Phanerochaetaceae)薄孔菌属(*Antrodiella*)的一种木栖寄生高等真菌,覆瓦状叠生,菌盖具同心环带,菌肉革质,厚可达 4 mm。在我国主要分布在安徽、重庆、福建、广东、广西、贵州、河南、湖北、湖南、四川、云南、浙江等地的阔叶林区,通常生长在阔叶树的活立木、死树和倒木上,作药用具有抗细菌和抗肿瘤等功效<sup>[1]</sup>。该菌曾经被命名为鲑贝革盖菌(*Coriolus consors*)后由戴玉成等菌物学家根据新近的研究成果和最新命名法规进行订正,将其修正为环带小薄孔菌(*Antrodiella zonata*)<sup>[2]</sup>。据文献<sup>[3]</sup>报道,

早在 1969 年就从该菌发酵液中分离得到具有抗菌活性的革盖菌素(coriolin),为了进一步研究其代谢产物,找寻更好的活性化合物,我们对该菌发酵液进行了系统的化学成分研究,从其乙酸乙酯萃取浸膏中分离得到 8 个化合物,其中化合物 1 为新化合物。

## 1 仪器与材料

比旋光度值由 Horiba SEPA-300 旋光仪测定; IR 由 Bruker Tensor27 型红外光谱仪测定(KBr 压片); ESI-MS 由 Xevo TQ-S 质谱仪和 Bruker HCT/Esquire 质谱仪测定; 高分辨质谱 HR ESI-MS 由 Agilent G6230 TOF 质谱仪测定; <sup>1</sup>H NMR 和 <sup>13</sup>C NMR 由 Bruker AV-600 和 Ascend 600 测定,内标为 TMS; 柱层析硅胶(80~100 目和 200~300 目)和薄层层析

收稿日期: 2015-03-03 接收日期: 2015-04-02

基金项目: 云南省自然科学基金(2011FB099); 西部之光基金(2013312D11016)

\* 通讯作者 Tel: 86-871-65216327; E-mail: jkliu@mail.kib.ac.cn

材料均为青岛海洋化工厂生产;制备型 MPLC 为 Büchi 公司产品,由 Büchi fraction collector C-660、Büchi pump module C-605 和 Büchi manager C-615 组成(Büchi Labortechnik AG, Flawil, Switzerland),分析型和制备型 HPLC 为 Agilent 1100 HPLC,色谱柱为 Agilent Zorbax SB-C<sub>18</sub>(4.6 mm × 150 mm, 5 μm) 和 YMC(9.4 mm × 150 mm, 5 μm) 柱;Sephadex LH-20 为 Amersham Biosciences 公司产品;RP-18(40 ~ 63 μm) 为德国 Merck 公司产品。显色方法为 254, 365 nm 荧光,10% 硫酸乙醇溶液和硫酸香草醛处理后加热及碘蒸气显色。

环带小薄孔菌(*Antrodia zonata*) 于 2012 年 9 月采自广东省始兴县车八岭保护区,由北京林业大学戴玉成教授鉴定。

## 2 培养与发酵

由昆明植物研究所李正辉工程师采用斜面转摇瓶液体培养的方法对该菌种进行发酵培养。培养基:葡萄糖 5%,猪肉蛋白胨 0.15%,酵母粉 0.5%,KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 和 MgSO<sub>4</sub> 各 0.05%,150 rpm,24 °C 暗培养 25 d,发酵液总量为 20 L。

## 3 提取与分离

环带小薄孔菌发酵液(20 L)滤除菌丝体后浓缩至 1 L,用乙酸乙酯萃取三次,合并提取液蒸干得浸膏 5.6 g。用制备型 MPLC 进行粗分,甲醇-水(0% → 100%) 梯度洗脱得到 A ~ F 组分。组分 B(甲醇-水 20%) 先上凝胶 Sephadex LH-20(甲醇)柱,再经制备型 HPLC,用乙腈-水(5% ~ 20%) 梯度洗脱,纯化得到化合物 6(11.0 mg)、7(8.5 mg)。组分 D(甲醇-水 60%) 经正相硅胶柱层析,用甲醇-氯仿溶剂系统(50:1 → 10:1) 梯度洗脱,后用制备型 HPLC(乙腈-水 15% ~ 40%) 分离,再经凝胶 Sephadex LH-20(丙酮) 纯化得化合物 1(1.8 mg)、2(6.0 mg)、3(3.5 mg)、8(15.0 mg)。组分 E(甲醇-水 80%) 先上凝胶 Sephadex LH-20(甲醇-氯仿 1:1) 柱层析,再经正相柱色谱(石油醚-丙酮 10:1) 等度洗脱,最后再次利用凝胶 Sephadex LH-20(甲醇-氯仿 1:1) 纯化,得化合物 4(5.0 mg)、5(7.0 mg)。

## 4 结构鉴定

化合物 1 无色油状物,  $[\alpha]_D^{18} -3.52$  (c 0.18

CH<sub>3</sub>OH); IR (KBr)  $\nu_{max}$  3445, 1634 cm<sup>-1</sup>, 1D 和 2D NMR(600/150 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据见表 1; ESI-MS (positive)  $m/z$  281 [M + Na]<sup>+</sup>; HR-ESI-MS  $m/z$  281.1732 [M + Na]<sup>+</sup> (calcd for C<sub>14</sub>H<sub>26</sub>O<sub>4</sub>Na, 281.1729)。

化合物 1 的分子式由其 HR-ESI-MS  $m/z$  281.1732 [M + Na]<sup>+</sup> (calcd for C<sub>14</sub>H<sub>26</sub>O<sub>4</sub>Na, 281.1729) 确定为 C<sub>14</sub>H<sub>26</sub>O<sub>4</sub>, 不饱和度为 2。其红外在 3445 cm<sup>-1</sup> 和 1634 cm<sup>-1</sup> 处的吸收峰暗示该化合物含有羟基和羰基。从其 <sup>13</sup>C NMR( DEPT) 谱中可以看出含有一个 CO, 两个连氧 CH, 一个连氧 CH<sub>2</sub>, 五个 CH<sub>2</sub>、三个 CH<sub>3</sub> 和两个季碳。羰基占了 1 个不饱和度, 由于碳谱显示不含双键, 推测另一不饱和度只能是成环。分子含 4 个氧, 其中之一为羰基, 另外 3 个推测为羟基。

根据其 <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY 信号: H-12 ( $\delta_H$  3.50, 2H, t,  $J = 6.0$  Hz) 与 H-11 ( $\delta_H$  1.45, 2H, m) 相关, H-11 ( $\delta_H$  1.45, 2H, m) 与 H-10b ( $\delta_H$  1.17, 1H, m) 相关可确定 C-10、C-11、C-12 相连, 且 C-12 连有羟基; H-6 ( $\delta_H$  3.44, 1H, ddd,  $J = 11.7, 4.8, 3.0$  Hz) 与 H-5 ( $\delta_H$  3.90, 1H, m)、H-7a ( $\delta_H$  1.67, 1H, m)、H-7b ( $\delta_H$  1.52, 1H, m) 相关且 H-5 ( $\delta_H$  3.90, 1H, m) 与 H-6 ( $\delta_H$  3.44, 1H, ddd,  $J = 11.7, 4.8, 3.0$  Hz)、H-4a ( $\delta_H$  2.56, 1H, ddd,  $J = 14.5, 3.6, 3.6$  Hz)、H-4b ( $\delta_H$  1.69, 1H, m) 相关可确定 C-4、C-5、C-6、C-7 相连, 且 C-5、C-6 各连有一个羟基。再根据其 HMBC 信号: H-1 ( $\delta_H$  2.24, 3H, s) 与 C-2 ( $\delta_C$  215.8, s)、C-3 ( $\delta_C$  56.1, s) 相关表明羰基在 2 位; H-4b ( $\delta_H$  1.69, 1H, m)、H-5 ( $\delta_H$  3.90, 1H, m) 与 C-3 ( $\delta_C$  56.1, s) 相关表明 C-3 与 C-4 相连; H-4b ( $\delta_H$  1.69, 1H, m) 与 C-9 ( $\delta_C$  38.7, s) 相关表明 C-9 只能与 C-3 相连; H-8a ( $\delta_H$  2.21, 1H, m) 与 C-3 ( $\delta_C$  56.1, s)、C-7 ( $\delta_C$  26.8, t) 相关表明 C-3、C-7、C-8 相连; H-10b ( $\delta_H$  1.17, 1H, m)、H-13 ( $\delta_H$  0.88, 3H, s)、H-14 ( $\delta_H$  0.91, 3H, s) 与 C-9 ( $\delta_C$  38.7, s) 相关表明 C-9 与 C-10、C-13、C-14 相连, 由此化合物 1 确定为薄孔菌素(因为同属的其他种还有可能含有类似结构的化合物, 所以根据该种真菌的属名来命名化合物 1 称其为薄孔菌素; 英文则采用 antrodiellone, 属名去掉尾字母 a 加上酮的后缀 one)。再根据其 ROSEY 信号, 如图 1 所示, 可判断该化合物的相对构型为环上两个羟基与甲基酮位于同侧。

表 1 化合物 1 的 1D 和 2D NMR 数据(600/150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  
Table 1 1D and 2D NMR data of 1 at 600/150 MHz, respectively, in CD<sub>3</sub>OD

Position	$\delta_H$ (J, Hz)	$\delta_C$	HMBC (H-C)	<sup>1</sup> H- <sup>1</sup> H COSY
1	2.24 s	30.6, CH <sub>3</sub>	C-2, C-3	
2		215.8, C		
3		56.1, C		
4	2.56 ddd (14.5, 3.6, 3.6), 1.69 m	35.4, CH <sub>2</sub>	C-2, C-3, C-5, C-6, C-8, C-9	H-5, H-8
5	3.90 m	70.5, CH	C-3, C-4, C-6	H-6, H-4a, H-4b
6	3.44 ddd (11.7, 4.8, 3.0)	73.0, CH	C-5, C-7	H-5, H-7a, H-7b
7	1.67 m, 1.52 m	26.8, CH <sub>2</sub>	C-3, C-6, C-8	H-6
8	2.21 m	27.4, CH <sub>2</sub>	C-2, C-3, C-4, ,	H-4
	1.39 m		C-6, C-7	
9		38.7, C		
10	1.40 m, 1.17 m	34.7, CH <sub>2</sub>	C-9, C-11, C-13, C-14	H-11
11	1.45 m	28.7, CH <sub>2</sub>	C-10, C-12	H-10
12	3.50 t (6.0)	63.7, CH <sub>2</sub>	C-10, C-11	H-11
13	0.88 s	22.9, CH <sub>3</sub>	C-3, C-9, C-10	
14	0.91 s	23.0, CH <sub>3</sub>	C-3, C-9, C-10	

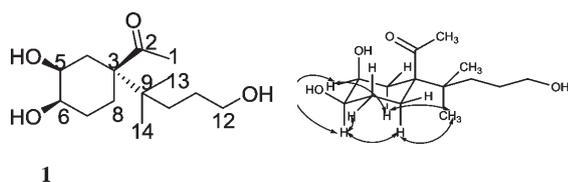


图 1 化合物 1 的结构和 ROESY 相关

Fig. 1 Chemical structure and ROESY correlations of 1

化合物 1 经旋光仪测得旋光值为-3.52, 怀疑该化合物为外消旋体, 于是分别采用普通正相柱和手性柱进行 HPLC 分析, 分析测试条件如下, 色谱柱型号: 1、普通柱 SunFire Prep Silica (4.6 mm × 150 mm, 5 μm); 2、手性柱 CHIRALPAK AD-H (4.6 mm × 250 mm, 5 μm); 流速: 1 mL/min, 流动相: 异丙醇-正己烷 (20:80) 等度洗脱, 检测波长: 254 nm。

结果如图 2 所示, 图 2(A) 为普通正相柱分析结果, 仅出现一个峰, 相同条件下手性柱分析 (图 2B) 却出现两个峰, 表明该化合物为外消旋体, 但由于量少无法拆分, 只能通过 ROESY 来确定其相对构型。

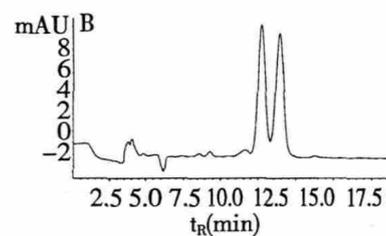
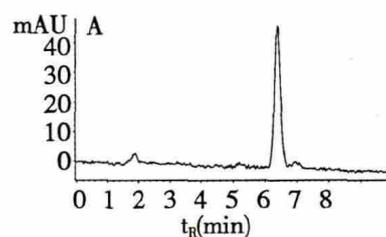


图 2 化合物 1 普通正相柱 (A) 与手性柱 (B) 分析的 HPLC 色谱图

Fig. 2 HPLC chromatograms of compound 1 under normal phase column (A) and chiral column (B)

(图 2 峰保留时间较短是由于普通柱柱长较手性柱短所造成)。

**化合物 2**  $C_{29}H_{46}O_3$ ; 白色粉末; ESI-MS (positive)  $m/z$  465  $[M + Na]^+$ ;  $^1H$  NMR ( $CDCl_3$ , 600 MHz)  $\delta$ : 5.22 (1H, dd,  $J = 15.2, 7.2$  Hz, H-23), 5.18 (1H, dd,  $J = 15.3, 7.7$  Hz, H-22), 4.16 (1H, d,  $J = 2.6$  Hz, H-7), 3.93 (1H, m, H-3), 3.41 (3H, s, OCH<sub>3</sub>), 3.20 (1H, d,  $J = 3.1$  Hz, H-6), 1.21~2.51 (20H, m, 甾体母核), 1.02 (3H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-21), 0.92 (3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-28), 0.87 (3H, s, H-18), 0.86 (3H, s, H-19), 0.84 (3H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-26), 0.82 (3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-27);  $^{13}C$  NMR ( $CDCl_3$ , 150 MHz)  $\delta$ : 153.3 (s, C-14), 135.3 (d, C-22), 132.1 (d, C-23), 122.5 (s, C-8), 72.6 (d, C-7), 68.8 (d, C-3), 65.2 (s, C-5), 58.5 (d, C-6), 56.7 (d, C-17), 54.5 (q, OCH<sub>3</sub>), 42.8 (d, C-24), 40.2 (d, C-9), 39.6 (t, C-4), 39.3 (d, C-20), 36.5 (t, C-12), 35.9 (s, C-10), 33.1 (d, C-25), 32.1 (t, C-1), 31.2 (t, C-2), 27.2 (t, C-16), 24.9 (t, C-15), 21.2 (q, C-21), 20.0 (q, C-26), 19.7 (q, C-27), 19.2 (t, C-11), 18.2 (q, C-18), 17.6 (q, C-28), 16.5 (q, C-19)。上述数据与文献<sup>[4]</sup>报道一致, 确定该化合物为 22*E*-7 $\alpha$ -methoxy-5 $\alpha$  6 $\alpha$ -epoxyergosta-8(14)-22-dien-3 $\beta$ -ol。

**化合物 3**  $C_{29}H_{48}O_3$ ; 无色针晶; ESI-MS (positive)  $m/z$  467  $[M + Na]^+$ ;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 5.40 (1H, m, H-7), 5.24 (1H, dd,  $J = 15.2, 7.0$  Hz, H-23), 5.20 (1H, dd,  $J = 15.2, 7.5$  Hz, H-22), 3.96 (1H, m, H-3), 3.37 (3H, s, OCH<sub>3</sub>), 3.15 (1H, d,  $J = 4.8$  Hz, H-6), 1.29-2.12 (22H, m, 甾体母核), 1.05 (3H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-21), 0.98 (3H, s, H-19), 0.95 (3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-28), 0.87 (3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-27), 0.85 (3H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-26), 0.62 (3H, s, H-18);  $^{13}C$  NMR ( $CD_3OD$ , 150 MHz)  $\delta$ : 144.5 (s, C-8), 137.0 (d, C-22), 133.2 (d, C-23), 116.0 (d, C-7), 83.9 (d, C-6), 77.0 (s, C-5), 68.3 (d, C-3), 58.2 (q, OCH<sub>3</sub>), 57.4 (d, C-17), 56.1 (d, C-14), 44.7 (s, C-13), 44.4 (d, C-9), 43.8 (d, C-24), 41.8 (d, C-20), 40.7 (t, C-12), 40.6 (t, C-4), 38.3 (s, C-10), 34.4 (d, C-25), 33.7 (t, C-1), 31.7 (t, C-2), 29.2 (t, C-16), 24.0 (t, C-15), 23.0 (t, C-11), 21.7 (q, C-27), 20.5 (q, C-26), 20.1 (q, C-21), 18.8 (q, C-

19), 18.2 (q, C-28), 12.7 (q, C-18)。上述数据与文献<sup>[5]</sup>报道一致, 确定该化合物为 3 $\beta$ -5 $\alpha$ -dihydroxy-6 $\beta$ -methoxyergosta-7, 22-diene。

**化合物 4**  $C_{11}H_{10}BrNO_2$ ; 白色针晶; ESI-MS (negative)  $m/z$  188  $[M-Br]^-$ ;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 8.06 (1H, d,  $J = 7.3$  Hz, H-4), 7.95 (1H, s, H-2), 7.44 (1H, d,  $J = 1.2$  Hz, H-7), 7.19 (1H, dd,  $J = 7.3, 1.2$  Hz, H-5), 4.36 (2H, q, CH<sub>2</sub>), 1.42 (3H, t, CH<sub>3</sub>);  $^{13}C$  NMR ( $CD_3OD$ , 150 MHz)  $\delta$ : 167.6 (s, C-8), 138.2 (s, C-7a), 133.2 (d, C-2), 127.3 (s, C-3a), 123.7 (s, C-6), 22.5 (d, C-5), 121.9 (d, C-4), 113.0 (d, C-7), 108.5 (s, C-3), 60.8 (t, CH<sub>2</sub>), 14.9 (q, CH<sub>3</sub>)。上述数据与文献<sup>[6, 7]</sup>报道一致, 确定该化合物为 6-bromo-1*H*-indole-3-carboxylic acid ethyl ester。

**化合物 5**  $C_9H_6BrNO_2$ ; 黄色固体; ESI-MS (negative)  $m/z$  160  $[M-Br]^-$ ;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 8.06 (1H, d,  $J = 7.3$  Hz, H-4), 7.95 (1H, s, H-2), 7.44 (1H, d,  $J = 1.2$  Hz, H-7), 7.19 (1H, dd,  $J = 7.3, 1.2$  Hz, H-5)。上述数据与文献<sup>[8]</sup>报道一致, 确定该化合物为 6-bromo-1*H*-indole-3-carboxylic acid。

**化合物 6**  $C_8H_{10}O_2$ ; 淡黄色针晶;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 7.03 (2H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-2, 6), 6.70 (2H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-3, 5), 3.68 (2H, t,  $J = 7.3$  Hz, H-8), 2.71 (2H, t,  $J = 7.3$  Hz, H-7)。上述数据与文献<sup>[9]</sup>报道一致, 确定该化合物为对羟基苯乙醇。

**化合物 7**  $C_7H_8O_3$ ; 黄色油状物; ESI-MS (positive)  $m/z$  141  $[M + H]^+$ ;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 9.53 (1H, s, CHO), 7.40 (1H, d,  $J = 3.5$  Hz, H-3), 6.60 (1H, d,  $J = 3.5$  Hz, H-4), 3.67 (2H, t, H-7), 2.58 (2H, t, H-6);  $^{13}C$  NMR ( $CD_3OD$ , 150 MHz)  $\delta$ : 179.5 (d, CHO), 175.0 (s, C-5), 163.2 (s, C-2), 124.9 (d, C-3), 110.9 (d, C-4), 57.6 (t, C-7), 30.1 (t, C-6)。上述数据与文献<sup>[10]</sup>报道一致, 确定该化合物为 5-羟乙基糠醛。

**化合物 8**  $C_{11}H_{20}N_2O_2$ ; 无色针晶;  $^1H$  NMR ( $CD_3OD$ , 600 MHz)  $\delta$ : 3.95 (1H, m, H-3), 3.78 (1H, m, H-6), 2.23 (1H, m, H-7), 2.06 (1H, m, H-11), 1.75 (1H, m, H-10a), 1.61 (1H, m, H-10b), 1.05 (3H, d,  $J = 7.1$  Hz, H-8), 0.95-0.98 (9H, m,

H-9 ,12 ,13);  $^{13}\text{C}$  NMR (  $\text{CD}_3\text{OD}$  ,150 MHz)  $\delta$ : 171. 3 ( s ,C-2) ,169. 7 ( s ,C-5) ,61. 5 ( d ,C-6) ,54. 4 ( d ,C-3) ,46. 0 ( t ,C-10) ,33. 7 ( d ,C-7) ,25. 3 ( d ,C-11) ,23. 6 ( q ,C-13) ,21. 8 ( q ,C-12) ,19. 3 ( q ,C-8) ,17. 8 ( q ,C-9) 。上述数据与文献<sup>[11]</sup>报道一致, 确定该化合物为环-(亮-缬) 二肽。

#### 参考文献

- 1 Dai YC ( 戴玉成) ,BAU Tolgor ( 图力古尔) ,Cui BK ( 崔宝凯) *et al.* Illustrations of Medicinal Fungi in China ( 中国药用真菌图志) . Harbin: Northeast Forestry University Press 2013. 48-49.
- 2 Dai YC ( 戴玉成) ,Yang ZL ( 杨祝良) . A revised checklist of medicinal fungi in China. *Mycosystema* ( 菌物学报) , 2008 27: 801-824.
- 3 Takeuchi T ,Jinuma H ,Iwanaga J , *et al.* Coriolin ,A new basidiomycetes antibiotic. *J Antibiot* ,1969 22: 215-217.
- 4 Gao H ,Hong K ,Chen GD ,*et al.* New oxidized sterols from aspergillus awamori and the endo-boat conformation adopted by the cyclohexene oxide system. *Magn Reson Chem* 2010 , 48: 38-43.
- 5 Kwon HC ,Zee SD ,Cho SY , *et al.* Cytotoxic ergosterols from *Paecilomyces* sp. J300. *Arch Pharm Res* 2002 25: 851-855.
- 6 Ibrahim SR ,Mohamed GA ,Fouad MA ,*et al.* Iotrochotamides I and II: new ceramides from the Indonesia sponge *Iotrochota purpurea*. *Nat Prod Res* 2009 23: 86-92.
- 7 Wang RP ,Lin HW ,Li LZ ,*et al.* Monoindole alkaloids from a marine sponge *Mycale fibrexilis*. *Biochem Syst Ecol* ,2012 , 43: 210-213.
- 8 Li L ,Deng Z ,Fu H ,*et al.* Chemical constituents from the marine sponge *Iotrochota birotulata*. *Pharm* 2003 58: 680-681.
- 9 Li J ( 李军) ,Zhang SX ( 张淑霞) ,Guo HQ ( 郭华强) ,*et al.* Extraction and determination of hydroxy phenylethanol compound in *Syringa oblata* Lindl Bark. *Chemistry and Adhesion* ( 化学与粘合) 2008 30: 37-39.
- 10 Gordon JC ,Silks LA ,Sutton AD ,*et al.* Collias ,D. I. Compounds and methods for the production of long chain hydrocarbons from biological sources. WO2013040311A1 2013.
- 11 Gao H ( 高昊) ,Tang JS ( 唐金山) ,Hong K ( 洪葵) ,*et al.* Cyclic dipeptides and nucleosides of mangrove fungus *Aspergillus awamori*. *Chin Tradit Herb Drugs*( 中草药) 2008 39: 502-504.