

止反应。4)电泳: 0. 1%的琼脂糖凝胶, 1× Tris缓冲液中电泳 3 h。5)EB荧光显色后拍照, 计算与对照组的比率。

4. 2 结果: 化合物I、IV、VI、VII、IX、X 有很强的DNA裂解活性, V 有一定的DNA裂解活性。

References

[1] Jiangsu New Medical College. *Dictionary of Chinese Materia Medica* (中药大辞典) [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publisher, 1977.

[2] Editorial Board of China Herbal, State Administration of Traditional Chinese Medicine, China. *China Herbal* (中华本草) [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publisher, 1999.

[3] Zhu W Q, Shi D W, Liang H W, *et al.* Pharmacognostic identification and tannin of *Polygonum bistorta* and its analogue [J]. *Acta Acad Med Shanghai* (上海医科大学学报), 1994, 21(2): 129-134.

[4] Gstirner F, Korf G. Über inhaltsstoffe des rhizomes von *Polygonum bistorta* L. [J]. *Arch Pharm*, 1966, 299(7): 640-646.

[5] Swiatek L, Dombrowicz E. Phenolic acids in medicinal plant drugs of *Polygonum* species [J]. *Farm Pol*, 1987, 43(7-8): 420-423.

[6] Duwiejua M, Zeitlin I J, Waterman P G, *et al.* Anti-inflammatory activity of *Polygonum bistorta*, *Guaiacum officiale* and *Hamamelis virginiana* in rats [J]. *J Pharm Pharmacol*, 1994, 46(4): 286-290.

[7] Duwiejua M, Zeitlin I J, Gray A I, *et al.* The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*: isolation and characterization [J]. *Planta Med*, 1999, 65: 371-374.

[8] Niikawa M, Wu A F, Sato T, *et al.* Effects of Chinese medicinal plant extracts on mutagenicity of Trp-P-1 [J]. *Nat Med*, 1995, 49(3): 329-331.

[9] Fitzgerald J S. The major alkaloid of *Pultenase altissima*

Nb, Nb-dimethyl-L-tryptophan methyl ester [J]. *Aust J Chem*, 1963, 16: 246-249.

[10] Asahi Research Center. *Handbook of Proton-NMR Spectra and Data* [M]. Tokyo: Academic Press Japan, 1987.

[11] Thompson R S, Jacques D, Haslam E, *et al.* Plant Proanthocyanidins. Part I. Introduction: the isolation, structure, and distribution in nature of plant procyanidins [J]. *J Chem Soc Perkin Trans I*, 1972: 1387-1399.

[12] Saijo R, Nonaka G I, Nishioka I. Phenolic glucosides galates from *Mallotus japonicus* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(9): 2443-2446.

[13] Sano K, Sanada S, Ida Y, *et al.* Studies on the constituents of the bark of *Kalopanax pictum* Nakai [J]. *Chem Pharm Bull*, 1991, 39(4): 865-870.

[14] Cui C B, Tezuka Y, Kikuchi T, *et al.* Constituents of a fern, *Davallia mariesii* Moore. IV. Isolation and identification of a novel norcarotane sesquiterpene glycoside, a chromone glucuronide, and two epicatechin glycosides [J]. *Chem Pharm Bull*, 1992, 40(8): 2035-2040.

[15] Studies on the constituents of medicinal plants. XIX. Constituents of *Schizandra nigra* Max (3) [J]. *Chem Pharm Bull*, 1977, 25(12): 3388-3390.

[16] Lee K R, Hong S W, Kwak J H, *et al.* Phenolic constituents from the aerial parts of *Artemisia stolonifera* [J]. *Arch Pharmacol Res*, 1996, 19(3): 231-234.

[17] Nonaka G I, Ezaki E, Hayashi K, *et al.* Flavanol glucosides from *Rhubarb* and *Rhaphirolepis umbellata* [J]. *Phytochemistry*, 1983, 22(7): 1659-1661.

[18] Morimoto S, Nonaka G I, Nishioka I, *et al.* Tannins and related compounds. XXIX. Seven new methyl derivatives of flavan-3-ols and a 1,3-diarylpropan-2-ol from *Cinnamomum cassia*, *C. obtusifolium* and *Lindera umbellata* var. *membranacea* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1985, 33(6): 2281-2286.

[19] Huang L, Fullan F, McGivney R J, *et al.* A new prenylated flavanol from the root of *Petalostemon purpureus* [J]. *J Nat Prod*, 1996, 59(3): 290-292.

灵芝—共生真菌的脑苷类成分研究

于能江,王春兰,郭顺星*

(中国医学科学院 中国协和医科大学药用植物研究所,北京 100094)

摘要:目的 为了从灵芝 *Ganoderma lucidum* 中寻找新的天然抗肿瘤活性产物,对其次生代谢产物进行了较系统的研究。方法 利用柱层析和制备 RP-HPLC从灵芝—共生真菌 (*Calcarisporium arbuscula*) 的发酵菌丝体中分得 4 个脑苷类化合物。结果 通过光谱分析鉴定,分别为: (4*E*, 8*E*, 3'*E*, 2*S*, 3*R*, 2'*R*)-2'-羟基-3'-十六烯酰基-1-*O*-*D*-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 (I), (4*E*, 8*E*, 2*S*, 3*R*, 2'*R*)-2'-羟基十六烷酰基-1-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 (II), (4*E*, 8*E*, 3'*E*, 2*S*, 3*R*, 2'*R*)-2'-羟基-3'-十八烯酰基-1-*O*-*D*-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 (III), 2-(2-羟基二十四烷酰氨基)-1, 3, 4-十八烷三醇 (IV)。结论 I ~ IV 均首次从齿梗孢属真菌中分离得到。

* 收稿日期: 2002-06-31
作者简介: 于能江 (1975-), 2002年毕业于中国医学科学院中国协和医科大学药用植物研究所, 获理学博士学位。主要从事药用真菌次生代谢产物研究。
* 通讯作者 Tel: (010) 62899729 E-mail: sxgud@hetmail.com

关键词: 灵芝;脑苷;齿梗孢属

中图分类号: R283.3

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2003)03-0206-04

Studies on cerebrosides of fungus isolated from *Ganoderma lucidum*

YU Neng-jiang, WANG Chun-lan, GUO Shun-xing

(Institute of Medicinal Plant Development, CAMS& PUMC, Beijing 100094, China)

Key words *Ganoderma lucidum* (Leyss. ex Fr.) Karst; cerebrosides; *Calcarisporium arbuscula* Preuss

神经鞘脂类(包括脑苷类)化合物在生物信息转导中起着重要的作用,从动物中分离得到的鞘脂类化合物对一般膜功能如细胞间接触、细胞识别和调节细胞生长、分化、凋亡中起着重要的作用。机制研究发现通过影响与生长因子受体相关的蛋白激酶和蛋白激酶 C 来调节横跨膜的信号转导。在涉及凋亡的信号转导途径中起第二信使的作用^[1]。我们从灵芝 *Ganoderma lucidum* (Leyss. ex Fr.) Karst. 子实体中分离得到一共生真菌 (*Calcarisporium arbuscula* Preuss),其发酵菌丝体的甲醇粗提物经初筛显示有较强的体外抗肿瘤活性。为了从中寻求新的天然抗肿瘤的活性产物,我们对其次生代谢产物进行了较系统的研究

该灵芝共生真菌经液体摇瓶发酵,过滤所得菌丝体干燥后甲醇提取,提取物用水混悬,用石油醚和 CH_2Cl_2 依次萃取。石油醚萃取物经柱层析和制备 RP-HPLC 分得 3 个脑苷类化合物,经光谱 (TOF-MS, ¹H NMR, ¹³C NMR) 分析鉴定为 (4E, 8E, 3'E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基-3'-十六烯酰基-1-O-D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 [(4E, 8E, 3'E, 2S, 3R, 2'R)-2'-hydroxy-3'-hexadecenoyl-1-O-β-D-glucopyranosyl-9-methyl-4, 8-sphingadine, I], (4E, 8E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基十六烷酰基-1-O-β-D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 [(4E, 8E, 2S, 3R, 2'R)-2'-hydroxypalmityl-1-O-β-D-glucopyranosyl-9-methyl-4, 8-sphingadine, II], (4E, 8E, 3'E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基-3'-十八烯酰基-1-O-D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇 [(4E, 8E, 3'E, 2S, 3R, 2'R)-2'-hydroxy-3'-octadecenoyl-1-O-β-D-glucopyranosyl-9-methyl-4, 8-sphingadine, III]。CH₂Cl₂ 萃取物经柱层析分得 1 个脑苷元化合物,经光谱分析鉴定为 2-(2-羟基二十四烷酰氨基)-1, 3, 4-十八烷三醇 (2-[(2-hydroxytetracosanoyl) amino]-1, 3, 4-octadecatiol, IV)。I ~ IV 均首次从齿梗孢属真菌中分离

得到。文献报道化合物 I ~ III 具有诱发裂褶菌 *Schizophyllum commune* 子实体的活性^[2,3], I 和 III 具有诱导敏感细胞死亡和稻米植株中植物抗毒素富集的活性^[1,4]。

1 仪器和材料

X-4 型显微熔点仪 (温度计未校正), BIFLEX III 型基质辅助飞行时间质谱仪, Bruck ARX 400 型磁共振光谱仪 (TM S 内标), Phenomenex C₈-BDS (250 mm×10.0 mm, 5 μm) 型色谱柱, 层析用硅胶 (100-200 目) 由青岛海洋化工厂出品。

菌种由野生灵芝 *G. lucidum* (Leyss. ex Fr.) Karst. 子实体中分离得到; 经培养鉴定为齿梗孢属真菌 *C. arbuscula* Preuss。

2 发酵培养

采用平皿转摇瓶液体培养的方法。培养基: 麦麸 30 g, 葡萄糖 20 g, KH₂PO₄ 0.75 g, MgSO₄ 1.5 g, 加水至 1 000 mL; 温度: 25℃; 转速 120 r/min; 培养 7 d, 过滤干燥得菌丝体 2.6 kg。

3 提取和分离

干燥菌丝体用甲醇热提取 4 次, 减压浓缩得浸膏 410 g, 加水混悬后, 用石油醚和 CH₂Cl₂ 依次萃取 (3×1.5 L)。石油醚萃取部分浓缩得 167 g, 用粗孔硅胶 1.5 kg 湿法装柱, 以石油醚至石油醚-乙酸乙酯 (1:1) 梯度洗脱后, 用甲醇冲下硅胶柱上残余物, 残余物浓缩后用 CHCl₃-CH₃OH (1:1) 溶解, 溶解部分拌样过硅胶柱, 以 CHCl₃ 至 CHCl₃-CH₃OH (7:3) 梯度洗脱, 得一淡黄色凝胶状物, 过 Sephadex LH-20 柱 (CHCl₃-CH₃OH 1:1) 两遍, 所得物浓缩后用甲醇溶解, 浓度为 20 mg/mL。此溶液用于 RP-HPLC 制备, 色谱条件为: 色谱柱: Phenomenex C₈-BDS (250 mm×10.0 mm, 5 μm); 流动相: CH₃OH; 流速: 2 mL/min; 柱温: 20℃。制备得白色粉末 I (18 mg), II (85 mg), III (6 mg)。CH₂Cl₂ 萃取部分 25.6 g 过硅胶柱, 以 CHCl₃ 至 CHCl₃ 至 CHCl₃-CH₃OH (8:2) 梯度洗脱, 得一白色沉淀

物,用甲醇反复洗,得白色粉末IV (95 mg)

4 结构鉴定

化合物I: $C_{41}H_{75}NO_9$, 白色无定形粉末, 能溶于 $CHCl_3$, CH_3OH , 吡啶等溶剂 TOF-MS m/z : 748.8 ($M+Na^+$), 764.8 ($M+K^+$). 1H NMR (400 MHz, pyridine- d_5) δ 8.32 (1H, d, $J=8.3$ Hz, NH), 6.15 (1H, dt, $J=15.5, 5.7$ Hz, H-4'), 6.09 (1H, dd, $J=4.8, 15.5$ Hz, H-3'), 5.97 (1H, m, H-4), 5.92 (1H, m, H-5), 5.24 (1H, br. s, H-8), 5.08 (1H, d, $J=4.8$ Hz, H-2'), 4.90 (1H, d, $J=7.8$ Hz, H-10), 4.72 (2H, m, H-2, 3), 4.70 (1H, m, H-2''), 4.48 (1H, dd, $J=11.8, 2.4$ Hz, 1-Ha), 4.33 (1H, dd, $J=11.8, 5.3$ Hz, 1-Hb), 4.20 (3H, m, H-3'', 4'', 5''), 4.02 (1H, m, 6''-Ha), 3.89 (1H, m, 6''-Hb), 2.12 (4H, m, 6, H-7), 2.07 (2H, m, H-5'), 1.99 (2H, br. t, $J=7.2$ Hz, H-10), 1.59 (3H, s, H-19), 1.36 (2H, m, H-11), 1.23 (31H), 0.83 (1H, t, $J=6.6$ Hz, 18, H-16) ^{13}C NMR (100 MHz, pyridine- d_5) δ C-1, 70.0; C-2, 54.7; C-3, 72.3; C-4, 132.3; C-5, 131.8; C-6, 33.1; C-7, 28.4; C-8, 124.2; C-9, 135.6; C-10, 40.0; C-11~16, 28.2~32.8; C-17, 22.9; C-18, 14.3; C-19, 16.1; C-1', 175.7; C-2', 72.5; C-3', 35.7; C-4', 25.9; C-5'~14', 28.2~32.8; C-15', 22.9; C-16', 14.3; C-1'', 105.7; C-2'', 75.2; C-3'', 78.6; C-4'', 71.5; C-5'', 78.5; C-6'', 62.7 以上数据与文献报道的 (4E, 8E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基十六烷酰基-1-O- β -D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇相符合^[5]。

化合物II: $C_{41}H_{75}NO_9$, 白色无定形粉末, mp 186℃~189℃, 能溶于 $CHCl_3$, CH_3OH , 吡啶等溶剂。TOF-MS m/z : 750.7 ($M+Na^+$). 1H NMR (400 MHz, pyridine- d_5) δ 8.35 (1H, d, $J=8.7$ Hz, NH), 5.99 (1H, dd, $J=15.3, 6.1$ Hz, H-4), 5.92 (1H, m, H-5), 5.23 (1H, br. s, H-8), 4.90 (1H, d, $J=7.7$ Hz, H-1''), 4.80 (1H, m, H-2), 4.74 (1H, dd, $J=6.1, 6.2$ Hz, H-3), 4.71 (1H, dd, $J=10.6, 6.1$ Hz, H-1'), 4.56 (1H, dd, $J=7.7, 3.6$ Hz, H-2''), 4.49 (1H, dd, $J=11.8, 2.3$ Hz, 1-Ha), 4.35 (1H, dd, $J=11.8, 5.3$ Hz, 1-Hb), 4.21 (3H, m, H-3'', 4'', 5''), 4.03 (1H, m, 6''-Ha), 3.89 (1H, m, 6''-Hb), 2.12 (4H, m, 6, H-7), 1.98 (2H, br. t, $J=9.1$ Hz, H-10), 1.73 (2H, m, H-3'), 1.59 (3H, s, H-19), 1.36 (4H, m, H-4', 11), 1.23 (31H), 0.83 (6H, t, $J=6.6$ Hz, 18, H-16) ^{13}C NMR (100 MHz, pyridine- d_5) δ

C-1, 70.2; C-2, 54.6; C-3, 72.3; C-4, 132.3; C-5, 131.9; C-6, 33.1; C-7, 28.4; C-8, 124.2; C-9, 135.6; C-10, 40.0; C-11~16, 28.2~32.8; C-17, 22.9; C-18, 14.3; C-19, 16.1; C-1', 175.7; C-2', 72.5; C-3', 35.7; C-4', 25.9; C-5'~14', 28.2~32.8; C-15', 22.9; C-16', 14.3; C-1'', 105.7; C-2'', 75.2; C-3'', 78.6; C-4'', 71.5; C-5'', 78.5; C-6'', 62.7 以上数据与文献报道的 (4E, 8E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基十六烷酰基-1-O- β -D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇相符合^[5]。

化合物III: $C_{43}H_{79}NO_9$, 白色无定形粉末, 能溶于 $CHCl_3$, CH_3OH , 吡啶等溶剂。TOF-MS m/z : 776.7 ($M+Na^+$), 792.8 ($M+K^+$). 1H NMR 除了甲基信号 0.83 (6H, t, $J=6.6$ Hz), 中一甲基归属为 H-18 外, 其余与化合物I 相同。 ^{13}C NMR 除了信号 δ 22.9 和 δ 22.9 分别被归属为 C-17 和 C-18 外, 其余与化合物I 相同。以上数据与文献报道的 (4E, 8E, 3'E, 2S, 3R, 2'R)-2' 羟基-3' 十八烷酰基-1-O-D-吡喃葡萄糖基-9-甲基-4, 8-二氢鞘氨二烯醇相符合^[1]。

化合物IV: $C_{42}H_{75}O_5N$, 白色粉末, mp 145℃~147℃, 溶于吡啶, 难溶于 $CHCl_3$, MeOH 等。TOF-MS m/z : 706.6 ($M+Na^+$) EI-MS m/z : 456 ($M-C_{15}H_{31}O$), 384 ($M-C_{23}H_{47}O$), 339 ($C_{23}H_{47}O^+$). 1H NMR (400 MHz, pyridine- d_5) δ 8.57 (1H, d, $J=8.9$ Hz, NH), 5.11 (1H, m, H-2), 4.60 (1H, dd, $J=7.7, 3.7$ Hz, H-2), 4.50 (1H, dd, $J=4.5, 10.8$ Hz, 1-Ha), 4.41 (1H, dd, $J=10.8, 5.0$ Hz, 1-Hb), 4.35 (1H, dd, $J=4.7, 6.5$ Hz, H-3), 4.27 (1H, m, H-4), 2.22~1.29 (64H), 0.84 (6H, t, $J=7.0$ Hz, 18-CH₃, 24'-CH₃) ^{13}C NMR (100 MHz, pyridine- d_5) δ C-1, 62.0; C-2, 53.0; C-3, 73.0; C-4, 76.8; C-5, 34.1; C-16, 32.1; C-17, 22.9; C-18, 14.2; C-1', 175.2; C-2', 72.4; C-3', 35.7; C-22', 32.1; C-23', 22.9; C-24', 14.2 以上数据与文献报道的 2-(2 羟基二十四烷酰氨基)-1, 3, 4-十八烷三醇相符合^[6]。

References

- [1] Koga J, Yamauchi T, Shimura M, *et al.* Cerebrosides A and C, sphingolipid elicitors of hypersensitive cell death and phytoalexin accumulation in rice plants [J]. *J Biol Chem*, 1998, 273(48): 31985-31991.
- [2] Kawai G. Molecular species of cerebrosides in fruiting bodies of *Lentinus edodes* and their biological activity [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1989, 1001: 185-190.
- [3] Kawai G, Ikeda Y. Fruiting-inducing activity of cerebrosides observed with *Schizophyllum commune* [J]. *Biochim Biophys Acta*, 1982, 719: 612-618.
- [4] Sitrin R D, Chan G, Dingerdissen J, *et al.* Isolation and

- structure determination of pachybasium cerebrosides which potentiate the antifungal activity of aculeacin [J]. *J Antibiot*, 1988, 4: 469-480.
- [5] Striegler S, Haslinger E. Cerebrosides from *Fomitopsis pinicola* (Sw. ex. Fr.) [J]. *Karst Monatshefte für Chemie*, 1996,

127: 755-761.

- [6] Hung Q, Tezuka Y, Hatanaka Y. Study on metabolites of mycoparasitic fungi III, new sesquiterpene alcohol from *Trichoderma koningii* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1995, 43 (6): 1035-1038.

厚果崖豆藤化学成分的研究

康洁, 陈若芸, 于德泉*

(中国医学科学院 中国协和医科大学药物研究所, 北京 100050)

厚果崖豆藤 *Millettia pachycarpa* Benth., 为豆科崖豆藤属植物, 又名少果鸡血藤, 味苦辛, 热, 有毒, 具有杀虫、攻毒、止痛之功效。分布于西南、江西、福建、广东、广西等地, 主治疥疮、癣、癰、痧气腹痛, 小儿疳积等疼痛。广东省连县等地民间用以治疗乙型肝炎^[1~3]。我们从厚果崖豆藤根部分离得到 5 种异黄酮类化合物, 经理化分析和波谱分析, 鉴定为去氢鱼藤素 (dehydrodeguelin, I), 鱼藤素 (deguelin, II), 灰叶素 (tephrosin, III), 降香素 (formononetin, IV) 和毛蕊异黄酮 (calycosin, V)。这 5 个化合物均为首次从该植物中分离得到。

1 仪器与材料

熔点用 Boetius 显微熔点测定仪, 温度计未校正; 紫外光谱用岛津 UV-240; 红外光谱用 Perkin-Elmer 683 型红外光谱仪; 核磁共振谱用 NOV A-500 核磁共振谱仪; 质谱用 ZAB-2F 型质谱仪测定。硅胶选用青岛海洋化工厂生产的柱层析用硅胶。厚果崖豆藤采自广西。

2 提取与分离

厚果崖豆藤粗粉 5 kg, 用 95% EtOH 热提 3 次, 每次 1 h, 提取液浓缩成膏, 再溶于水, 分别用石油醚、氯仿、乙酸乙酯萃取, 其中氯仿部分得膏 30 g, 该部位经多次硅胶柱层析, 用石油醚-丙酮 (9: 1~8: 2~7: 3) 梯度洗脱, 得化合物 I~V, 经多次重结晶纯化, 得化合物 I 20 mg, 化合物 II 100 mg, 化合物 III 120 mg, 化合物 IV 80 mg, 化合物 V 10 mg。

3 结构鉴定

化合物 I: 黄色针状结晶, mp 238℃~240℃, UV, IR, ¹H NMR, ¹³C NMR 光谱数据与去氢鱼藤素一致, 因此确定化合物 I 为去氢鱼藤素^[4]。

化合物 II: 白色针状结晶, mp 163℃~166℃,

UV, IR, ¹H NMR, ¹³C NMR 光谱数据与去氢鱼藤素一致, 因此确定化合物 II 为鱼藤素^[4,5]。

化合物 III: 白色针状结晶, mp 198℃~200℃, MS *m/z*: 410 (M⁺, 50), 393 (20), 208 (100), 187 (10), IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ cm⁻¹: 3 523, 2 933, 1 682, 1 597, 1 568 ¹H NMR (CDCl₃) δ_{H} : 7.72 (1H, d, *J*=8.5 Hz, H-11), 6.59 (1H, s, H-1), 6.63 (1H, d, *J*=10.0 Hz, H-1'), 6.44 (1H, s, H-4), 6.43 (1H, d, *J*=8.5 Hz, H-10), 5.54 (1H, d, *J*=10.0 Hz, H-2'), 4.65 (1H, m, H-6a), 4.48 (1H, m, H-6), 4.58 (1H, m, H-6), 3.81 (3H, s, OCH₃), 3.72 (3H, s, OCH₃), 1.44 (3H, s, CH₃), 1.38 (3H, s, CH₃); ¹³C NMR δ_{C} (CDCl₃): 191.23 (C-12), 160.65 (C-9), 156.55 (C-8a), 150.99 (C-2), 148.27 (C-4a), 143.85 (C-3), 128.73 (C-2'), 128.45 (C-11), 116.12 (C-1), 111.81 (C-10), 111.00 (C-1a), 109.23 (C-1'), 109.06 (C-11a), 108.53 (C-8), 101.00 (C-4), 79.51 (C-3'), 76.18 (C-6a), 68.01 (C-12a), 63.80 (C-6), 56.31 (OCH₃), 55.82 (OCH₃), 28.50 (CH₃), 28.26 (CH₃)。其光谱数据与灰叶素一致, 故确定化合物 III 为灰叶素^[4,5]。

化合物 IV: 白色粉末, mp 269℃~271℃, MS *m/z*: 268 (M⁺, 100), 253 (20), 146 (30), 132 (95); IR $\nu_{\max}^{\text{KBr}}$ cm⁻¹: 3 128, 2 918, 1 639, 1 454, 1 248; ¹H NMR δ_{H} (DMSO): 8.35 (1H, s, H-2), 7.98 (1H, d, *J*=9.0 Hz, H-5), 7.52 (2H, d, *J*=8.5 Hz, H-2', 6'), 7.00 (2H, d, *J*=8.5 Hz, H-3', 5'), 6.95 (1H, dd, *J*=9.0, 2.0 Hz, H-6), 6.88 (1H, d, *J*=2.0 Hz, H-8); ¹³C NMR δ_{C} (DMSO): 174.53 (C-4), 162.49 (C-7), 158.87 (C-4'), 157.37 (C-9), 153.11 (C-2), 130.03 (C-2', 6'), 127.27 (C-5), 123.11 (C-1'), 122.35 (C-3), 116.57 (C-9), 115.16 (C-6), 113.56 (C-3', 5'),

* 收稿日期: 2002-05-26

作者简介: 康洁, 女, 1999年毕业于同济医科大学, 现为协和医科大学硕士研究生。