

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201604013

引文格式: 丁林芬, 吴兴德, 王双燕, 等. 翠柏二萜类成分及其抗炎活性研究 [J]. 广西植物, 2017, 37(5):642-646

DING LF, WU XD, WANG SY, et al. Diterpenoids from *Calocedrus macrolepis* and their anti-inflammatory activities [J]. Guihaia, 2017, 37(5):642-646

翠柏二萜类成分及其抗炎活性研究

丁林芬¹, 吴兴德², 王双燕³, 涂文超¹, 潘争红⁴, 郭亚东¹, 宋流东^{1*}

(1. 昆明医科大学药学院暨云南省天然药物药理重点实验室, 昆明 650500; 2. 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; 3. 云南经济管理学院 康复与护理学院, 昆明 650106;

4. 广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西植物功能物质研究与利用重点实验室, 广西 桂林 541006)

摘要: 采用正相硅胶、MCI、反相 RP-18 和半制备液相等色谱技术, 对柏科翠柏属植物翠柏 (*Calocedrus macrolepis*) 中的二萜类成分及其抗炎活性进行了研究。结果表明: 从中共分离得到 8 个二萜类化合物, 分别鉴定为 8-hydroxy-labda-13(16), 14-dien-19-yl trans-coumarate (**1**)、trans-communal (**2**)、trans-communic acid (**3**)、pinusolidic acid (**4**)、isocupressic acid (**5**)、fokihodgin F (**6**)、acetylisocupressic acid (**7**)、15, 16-dihydroxy-labda-8(17), 13(E)-dien-19-oic acid (**8**)。化合物 **1**~**8** 均为首次从该植物中分离得到。化合物 **7** 对 LPS 诱导的 RAW264.7 巨噬细胞释放 NO 具有显著的抑制作用, 其 IC₅₀ 值为 9.31 μmol · L⁻¹。

关键词: 柏科, 翠柏属, 翠柏, 二萜, 成分, 抗炎活性

中图分类号: Q946, R284.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2017)05-0642-06

Diterpenoids from *Calocedrus macrolepis* and their anti-inflammatory activities

DING Lin-Fen¹, WU Xing-De², WANG Shuang-Yan³, TU Wen-Chao¹,
PAN Zheng-Hong⁴, GUO Ya-Dong¹, SONG Liu-Dong^{1*}

(1. School of Pharmaceutical Science and Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products, Kunming Medical University, Kunming 650500, China; 2. State Key Laboratory of Phytochemistry and Plant Resources in Western China, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China; 3. College of Rehabilitation and Nursing, Yunnan Business Management College, Kunming 650106, China; 4. Guangxi Key Laboratory of Functional Phytochemicals Research and Utilization, Guangxi Institute of Botany Guangxi Zhuang Autonomous Region and Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, Guangxi, China)

Abstract: To study the diterpenoids from *Calocedrus macrolepis* and their anti-inflammatory activities, the constituents were separated by silica gel, MCI, RP-18, semi-preparative HPLC and eight compounds were isolated. Their structures were characterized as: 8-hydroxy-labda-13(16), 14-dien-19-yl trans-coumarate (**1**), trans-communal (**2**), trans-communic acid (**3**), pinusolidic acid (**4**), isocupressic acid (**5**), fokihodgin F (**6**), acetylisocupressic acid (**7**), 15, 16-dihydroxy-labda-8(17), 13(E)-dien-19-oic acid (**8**). Compounds **1-8** were obtained from this plant for the first time. Among them, Compound **7** exhibited potent inhibitory effect on NO production in LPS-induced macrophages with IC₅₀ values of 9.31 μmol · L⁻¹.

Key words: Cupressaceae, *Calocedrus*, *C. macrolepis*, diterpenoids, constituents, anti-inflammatory activity

收稿日期: 2016-04-13 修回日期: 2016-06-17

基金项目: 云南省天然药物药理重点实验室开放研究基金(2015G004) [Supported by Open Research Foundation of Yunnan Key Laboratory of Pharmacology for Natural Products(2015G004)]。

作者简介: 丁林芬(1985-), 女, 云南曲靖人, 硕士, 实验师, 研究方向为天然药物化学, (E-mail)dinglinfen2007@163.com。

*通信作者: 宋流东, 教授, 硕士生导师, 主要从事天然药物化学研究, (E-mail)yinsld@126.com。

柏科(Cupressaceae)翠柏属(*Calocedrus*)植物全球共 2 种和 1 变种,在我国分布的有翠柏(*C. macrolepis*)及其变种台湾翠柏(*C. macrolepis* var. *formosana*)。翠柏为常绿乔木,高大挺拔,树形优美,是极好的庭园树种,其树干可供建筑、桥梁、板料、家具等使用(中国植物志编辑委员会,1978)。翠柏是一种古老的孑遗植物,1986 年被《中国珍稀濒危植物名录》划定为国家三级保护植物,1999 年《国家重点保护野生植物名录》将其列为国家二级保护植物,目前发现其主要分布于云南、贵州、广西及广东等地。翠柏属植物台湾翠柏的化学成分和药理作用研究较多(Hsieh et al, 2005, 2006, 2011),但关于翠柏化学成分的研究报道较少。王蕾等(2013)和 Wu et al (2013)前期对翠柏进行初步化学成分研究,从中发现木脂素、萜类及酚类化合物。

为了合理开发利用该植物,本课题组在前期的基础上继续对翠柏进行较深入的化学成分研究,从其 95%乙醇提取物中分离得到 8 个二萜类化合物,分别鉴定为 8-hydroxy-labda-13(16), 14-dien-19-yl trans-coumarate (**1**)、trans-communal (**2**)、trans-communic acid (**3**)、pinusolidic acid (**4**)、isocupressic acid (**5**)、fokihodgin F (**6**)、acetylisocupressic acid (**7**)、15, 16-dihydroxy-labda-8(17), 13(E)-dien-19-oic acid (**8**)。所有化合物均为首次从该植物中分离得到。同时,对分离得到的 8 个化合物进行抑制脂多糖(LPS)诱导 RAW 264.7 细胞释放 NO 活性测定,发现化合物 **7** 具有显著的抑制作用,其 IC_{50} 值为 $9.31 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,提示该植物具有潜在的抗炎活性。本研究进一步丰富了翠柏的化学物质基础,为其今后的开发与利用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

翠柏枝叶于 2010 年 12 月采自云南昆明植物园,并由中国科学院昆明植物研究所龚洵研究员鉴定,标本存放在昆明植物研究所植物化学与西部资源持续利用国家重点实验室。

美国 API-QSTAR-TOF 质谱仪,瑞士 Bruker AM-400 核磁共振仪,瑞士 Bruker AM-500 核磁共振仪,Agilent1200 高效液相色谱仪,硅胶(100~200、200~300 目)及 TLC 检测用硅胶 GF254 均为青岛海洋化工厂,反相填充材料 RP-18 为 Merk 公司生产,MCI

填充材料为 MCI-gel CHP-20P,所有试剂均为分析纯。小鼠单核巨噬细胞 RAW264.7 购自中国科学院上海细胞库,DMEM 培养基和胎牛血清购自美国 Hyclone 公司,Griess Reagent、LPS 和 MG132 购自 Sigma 公司。

1.2 方法

1.2.1 提取与分离 干燥翠柏枝叶样品 15 kg,粉碎后用 95%乙醇(每次 50 L)在室温下冷浸 3 次,合并提取液,减压蒸馏浓缩除去有机溶剂后得粗提物,将该粗提物分配于水中,用乙酸乙酯萃取 3 次(每次 5 L),得乙酸乙酯部分 620 g。该部分用丙酮溶解,以石油醚-丙酮(1:0→0:1)为流动相梯度洗脱,得到 5 个部分(A~E)。馏分 B(110 g)经中压液相色谱(MCI 柱),用不同比例的甲醇-水洗脱,经 TLC 检测,合并相同部分得到 3 个组分 B1~B3。B1 部分静置过夜,从中析出大量白色方晶,在石油醚-丙酮中重结晶得到化合物 **3** (15 mg),其母液经正相硅胶柱层析(石油醚-丙酮=20:1)得到化合物 **2** (6 mg)。B2 部分在甲醇析出一结晶并经甲醇反复重结晶得到化合物 **1** (25 mg)。馏分 C(85 g)经中压液相色谱(MCI 柱),用不同比例的甲醇-水洗脱,经 TLC 检测,合并相同部分得到 3 个组分 C1~C3。C1 经过反复硅胶柱层析,石油醚-乙酸乙酯(9:1→7:3)洗脱,得到化合物 **8** (24 mg)。C2 部分经反复正相硅胶柱层析(石油醚-丙酮,氯仿-丙酮)和 Sephadex LH-20(氯仿:甲醇=1:1,或纯甲醇)凝胶纯化后得到化合物 **4** (21 mg),**5** (70 mg),**6** (40 mg),**7** (5 mg)。

1.2.2 抗炎活性实验 利用 LPS 诱导小鼠 RAW 264.7 巨噬细胞为检测模型,通过 Griess 试剂显色法检测 NO 的生成量(杨晓露等,2013),同批细胞应用 MTT 法检测细胞活力(Mosmann,1983)。具体实验步骤如下:将对数生长的 RAW264.7 细胞接种至 96 孔板,用 $1 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ LPS 进行诱导刺激,同时加入待测化合物处理($25 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$),并设不加药物组作对照;细胞培养 24 h 后,吸取上清液,加入 Griess 试剂,混匀,避光静置 10 min,在 570 nm 波长下,利用酶联免疫检测仪读取各孔吸光收值。 $\text{NO 生成抑制率}(\%) = (\text{非药物处理组 } OD_{570 \text{ nm}} - \text{样品组 } OD_{570 \text{ nm}}) / \text{非药物处理组 } OD_{570 \text{ nm}} \times 100\%$ 。对 NO 生成抑制率超过 50%的化合物,设置 1.56、3.12、6.25、12.50、25.00 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 等 5 个浓度梯度,进一步测定各浓度下的吸光值,应用 Reed & Muench 法计算 IC_{50} 值(Reed & Muench, 1938)。

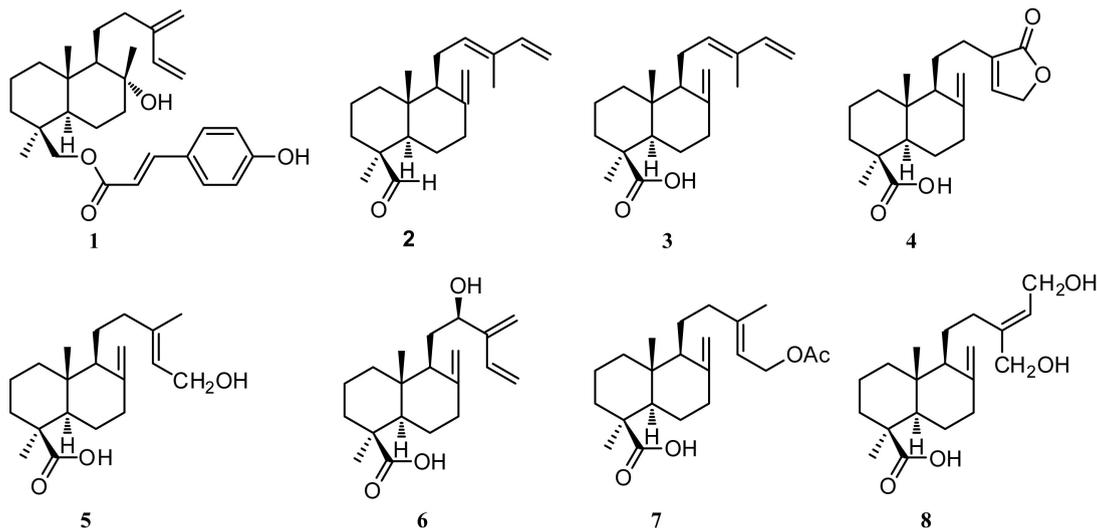


图1 化合物1~8结构式
Fig.1 Structure of compounds 1-8

MG132 作为阳性对照。

2 结构鉴定和抗炎活性测试

2.1 结构鉴定

化合物1 白色粉末。ESI-MS m/z : 475 $[M + Na]^+$, 491 $[M + K]^+$; 1H NMR (500 MHz, C_5D_5N) δ : 6.51 (1H, dd, $J = 17.5, 10.8$ Hz, H-14), 5.17 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-15a), 5.63 (1H, d, $J = 17.5$ Hz, H-15b), 4.98 (1H, br s, H-16a), 5.10 (1H, br s, H-16b), 1.29 (3H, br s, CH_3 -17), 1.08 (3H, br s, CH_3 -18), 4.19 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-19a), 4.55 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-19b), 0.84 (3H, s, CH_3 -20), 6.72 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-2'), 8.03 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-3'), 7.67 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5', H-9'), 7.19 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6', H-8'); ^{13}C NMR (125 MHz, C_5D_5N) δ : 39.9 (C-1), 18.5 (C-2), 36.5 (C-3), 37.6 (C-4), 57.1 (C-5), 21.2 (C-6), 45.5 (C-7), 73.1 (C-8), 62.4 (C-9), 39.1 (C-10), 25.5 (C-11), 35.9 (C-12), 148.4 (C-13), 139.6 (C-14), 115.8 (C-15), 113.9 (C-16), 24.5 (C-17), 27.7 (C-18), 66.7 (C-19), 16.3 (C-20), 167.7 (C-1'), 115.4 (C-2'), 145.3 (C-3'), 126.2 (C-4'), 130.8 (C-5' and C-9'), 116.9 (C-6' and C-8'), 161.6 (C-7')。以上数据与 Feliciano et al (1988)报道一致,故鉴定化合物

1 为 8-hydroxy-labda-13(16),14-dien-19-yl trans-coumarate。

化合物2 白色固体。ESI-MS m/z : 331 $[M + HCOO]^-$; 1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 5.38 (1H, t, $J = 6.4$ Hz, H-12), 6.29 (1H, dd, $J = 17.3, 10.8$ Hz, H-14), 5.03 (1H, d, $J = 17.3$ Hz, H-15a), 4.85 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-15b), 4.84 (1H, s, H-17a), 4.49 (1H, s, H-17b), 1.74 (3H, s, CH_3 -16), 1.02 (3H, s, CH_3 -18), 0.62 (3H, s, CH_3 -20); ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 39.3 (C-1), 20.4 (C-2), 35.4 (C-3), 48.6 (C-4), 57.2 (C-5), 39.8 (C-6), 24.4 (C-7), 148.9 (C-8), 57.2 (C-9), 41.1 (C-10), 25.0 (C-11), 134.7 (C-12), 134.6 (C-13), 142.8 (C-14), 110.4 (C-15), 12.1 (C-16), 108.9 (C-17), 24.8 (C-18), 207.4 (C-19), 14.2 (C-20)。以上数据与 Chiang et al (2003)报道一致,故鉴定化合物2 为 trans-communal。

化合物3 无色油状物。ESI-MS m/z : 301 $[M-H]^-$; 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.42 (1H, t, $J = 6.4$ Hz, H-12), 6.29 (1H, dd, $J = 17.4, 10.8$ Hz, H-14), 5.01 (1H, d, $J = 17.4$ Hz, H-15a), 4.98 (1H, d, $J = 10.8$ Hz, H-15b), 1.71 (3H, s, CH_3 -16), 4.80 (1H, s, H-17a), 4.43 (1H, s, H-17b), 1.11 (3H, s, CH_3 -18), 0.62 (3H, s, CH_3 -20); ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 39.2 (C-1), 19.9 (C-2), 38.4 (C-3), 44.0 (C-4), 56.3 (C-5),

37.9 (C-6), 25.8 (C-7), 147.9 (C-8), 56.1 (C-9), 40.3 (C-10), 23.2 (C-11), 133.9 (C-12), 133.3 (C-13), 141.5 (C-14), 109.8 (C-15), 11.7 (C-16), 107.5 (C-17), 29.0 (C-18), 182.4 (C-19), 12.8 (C-20)。以上数据与 Fukushima et al (2002) 报道一致, 故鉴定化合物 **3** 为 trans-communic acid。

化合物 **4** 白色粉末。ESI-MS m/z : 331 [M-H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.10 (1H, s, H-14), 4.75 (2H, s, H-15a and H-15b), 4.87 (1H, br s, H-17a), 4.57 (1H, br s, H-17b), 1.20 (3H, s, CH₃-18), 0.58 (3H, s, CH₃-20); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 39.1 (C-1), 19.8 (C-2), 38.6 (C-3), 44.0 (C-4), 56.3 (C-5), 25.8 (C-6), 37.9 (C-7), 147.3 (C-8), 56.1 (C-9), 40.3 (C-10), 21.8 (C-11), 28.9 (C-12), 144.0 (C-13), 134.7 (C-14), 70.1 (C-15), 174.4 (C-16), 106.8 (C-17), 28.9 (C-18), 184.3 (C-19), 12.7 (C-20)。以上数据与 Fang et al (1989) 报道一致, 故鉴定化合物 **4** 为 pinusolidic acid。

化合物 **5** 白色粉末。ESI-MS m/z : 319 [M-H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 5.31 (1H, m, H-14), 4.07 (2H, d, $J = 6.8$ Hz, H-15a and H-15b), 1.66 (3H, s, CH₃-16), 4.54 (1H, br s, H-17a), 4.86 (1H, br s, H-17b), 1.20 (3H, s, CH₃-18), 0.63 (3H, s, CH₃-20); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 40.5 (C-1), 21.2 (C-2), 39.4 (C-3), 45.2 (C-4), 56.6 (C-5), 27.6 (C-6), 39.6 (C-7), 149.6 (C-8), 57.5 (C-9), 41.5 (C-10), 23.1 (C-11), 39.9 (C-12), 140.1 (C-13), 124.8 (C-14), 59.4 (C-15), 16.4 (C-16), 106.9 (C-17), 29.7 (C-18), 181.3 (C-19), 13.5 (C-20)。以上数据与 Su et al (1994) 报道一致, 故鉴定化合物 **5** 为 isocupressic acid。

化合物 **6** 白色针晶。ESI-MS m/z : 317 [M-H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 4.41 (1H, m, H-12), 6.33 (1H, dd, $J = 17.8, 11.1$ Hz, H-14), 5.12 (1H, d, $J = 11.1$ Hz, H-15a), 5.41 (1H, d, $J = 17.8$ Hz, H-15b), 5.14 (1H, br s, H-16a), 5.21 (1H, br s, H-16b), 4.52 (1H, br s, H-17a), 4.88 (1H, br s, H-17b), 1.24 (3H, s, CH₃-18), 0.57 (3H, s, CH₃-20); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 38.7 (C-1), 19.8 (C-2), 37.8 (C-3), 44.2 (C-4), 56.2 (C-5),

26.1 (C-6), 38.9 (C-7), 148.7 (C-8), 51.7 (C-9), 40.1 (C-10), 31.2 (C-11), 69.9 (C-12), 150.4 (C-13), 136.0 (C-14), 114.7 (C-15), 113.3 (C-16), 106.5 (C-17), 26.1 (C-18), 183.9 (C-19), 12.8 (C-20)。以上数据与 Wu et al (2013) 报道一致, 故鉴定化合物 **6** 为 fokihodgin F。

化合物 **7** 白色粉末。ESI-MS m/z : 401 [M + K]⁺; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 5.27 (1H, m, H-14), 4.58 (2H, m, H-15a and H-15b), 1.69 (3H, s, CH₃-16), 4.52 (1H, br s, H-17a), 4.85 (1H, br s, H-17b), 1.34 (3H, s, CH₃-18), 0.62 (3H, s, CH₃-20), 2.14 (3H, s, -OCOCH₃); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 40.4 (C-1), 21.2 (C-2), 39.3 (C-3), 45.1 (C-4), 56.4 (C-5), 27.5 (C-6), 39.3 (C-7), 149.5 (C-8), 57.5 (C-9), 41.4 (C-10), 22.9 (C-11), 39.9 (C-12), 143.8 (C-13), 119.8 (C-14), 62.3 (C-15), 16.5 (C-16), 106.9 (C-17), 29.6 (C-18), 181.1 (C-19), 13.5 (C-20), 21.2 (-OCOCH₃), 172.8 (-OCOCH₃)。以上数据与 Popova et al (2009) 报道一致, 故鉴定化合物 **7** 为 acetylisocupressic acid。

化合物 **8** 无色油状。ESI-MS m/z : 359 [M + Na]⁺; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 5.43 (1H, t, $J = 6.8$ Hz, H-14), 4.14 (2H, d, $J = 6.8$ Hz, H-15a and H-15b), 4.04 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-16a and H-16b), 4.59 (1H, br s, H-17a), 4.87 (1H, br s, H-17b), 1.20 (3H, s, CH₃-18), 0.64 (3H, s, CH₃-20); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 39.9 (C-1), 21.2 (C-2), 39.3 (C-3), 45.1 (C-4), 57.5 (C-5), 27.6 (C-6), 40.4 (C-7), 149.6 (C-8), 56.9 (C-9), 41.5 (C-10), 23.4 (C-11), 34.9 (C-12), 143.3 (C-13), 127.5 (C-14), 58.8 (C-15), 60.1 (C-16), 107.1 (C-17), 29.7 (C-18), 181.4 (C-19), 13.5 (C-20)。以上数据与 Ren & Ye (2006) 报道一致, 故鉴定化合物 **8** 为 15,16-dihydroxy-labda-8(17),13(E)-dien-19-oic acid。

2.2 抗炎活性测试

利用 LPS 诱导刺激 RAW 264.7 巨噬细胞炎症模型, 通过 Griess 法对上述 8 个化合物进行抗炎活性评价。除化合物 **1** 在 25 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的浓度下对 RAW 264.7 细胞具有一定的细胞毒性(图 2), 其余化合物对 LPS 诱导的 RAW264.7 巨噬细胞释放 NO 均具有不同程度的抑制作用, 其抑制率在 11.50% ~

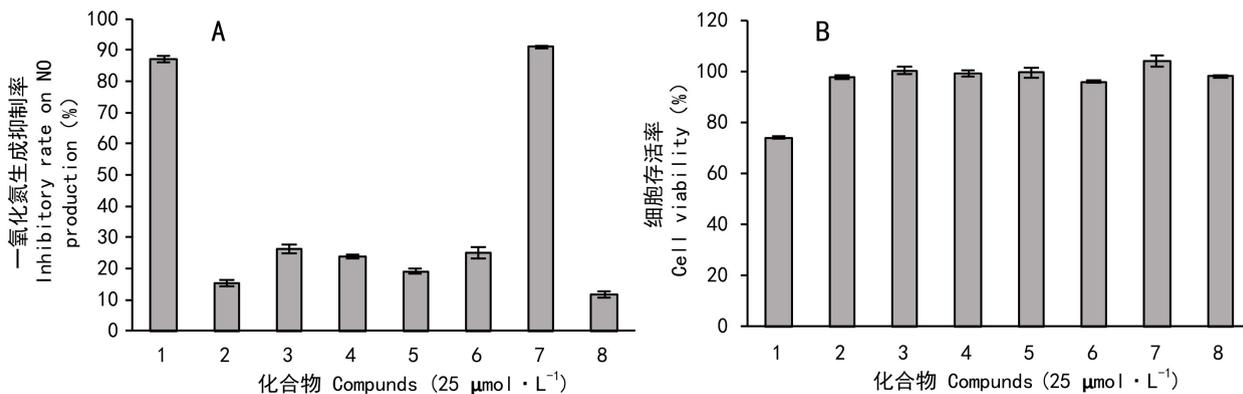


图2 化合物1~8对RAW 264.7细胞NO抑制率的影响(A)和对细胞存活率的影响(B)

Fig. 2 Inhibitory effects of compounds 1-8 on NO production (A) and cell viability(B) in RAW 264.7 cell ($n=3$)

表1 化合物1~8对LPS诱导的RAW 264.7巨噬细胞NO释放的影响抑制率

Table 1 Inhibitory effects of compounds 1-8 on LPS-induced NO production in RAW264.7 cells ($\bar{x} \pm s$, $n=3$)

化合物 Compound	抑制率 Inhibition ratio (%)
1	87.22 ± 0.96
2	15.15 ± 0.97
3	26.23 ± 1.55
4	23.84 ± 0.63
5	19.08 ± 0.73
6	25.15 ± 1.78
7	91.12 ± 0.38
8	11.50 ± 1.05

注: 化合物1~8均在 $25 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的浓度下测试; 化合物1在 $25 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度下对RAW 264.7细胞具有一定的细胞毒性。

Notes: Compounds 1-8 were tested at a concentration of $25 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Compound 1 exhibited cytotoxicity against RAW 264.7 cells.

91.12%之间(图2和表1)。尤其是化合物7表现出明显的抑制活性,进一步测定其 IC_{50} 值为 $9.31 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (阳性对照MG132的 IC_{50} 值为 $0.21 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)。

3 结论

采用色谱分离技术和结构鉴定方法,从采自云南昆明植物园翠柏中获得8个二萜类化合物,均为首次从该植物中分离得到。NO作为炎症组织损伤的重要致病因子,在急、慢性炎症反应的发生发展过

程中发挥重要作用。当免疫细胞遭受微生物内毒素、炎症介质等刺激时,会生成大量的诱导型一氧化氮合成酶(iNOS),产生NO进行免疫应答。因此,本研究通过各化合物对LPS诱导的小鼠RAW264.7巨噬细胞产生NO的影响来评价各化合物的抗炎活性。结果表明化合物2~8对LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞NO的释放均具有不同程度的抑制作用,尤其是化合物7的抑制作用最强,其 IC_{50} 值为 $9.31 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。本研究阐明了翠柏抗炎作用的药效物质基础,为翠柏的进一步开发利用提供了科学依据。

参考文献:

- CHIANG YM, LIU HK, LO JM, et al, 2003. Cytotoxic constituents of the leaves of *Calocedrus formosana* [J]. J Chin Chem Soc, 50 (1): 161-166
- Editorial Committee of Flora of China, 1978. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 7: 325-327. [中国植物志编委会, 1978, 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 7: 325-327.]
- FANG JM, HSU KC, CHENG YS, 1989. Terpenoids from leaves of *Calocedrus formosana* [J]. Phytochemistry, 28 (4): 1173-1175.
- FELICIANO AS, MEDARDE M, LOPEZ JL, et al, 1988. Terpenoids from leaves of *Juniperus thurifera* [J]. Phytochemistry, 27 (7): 2241-2248.
- FUKUSHIMA JI, YATAGAI M, OHIRA T, 2002. Abietane-type and labdane-type diterpenoids from the cones of *Chamaecyparis obtusa* [J]. J Wood Sci, 48 (4): 326-330.
- HSIEH CL, TSENG MH, KUO, YH, 2005. Formosadimers A, B, and C from the bark of *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* [J]. Chem Pharm Bull, 53 (11): 1463-1465.
- HSIEH CL, TSENG MH, SHAO YY, et al, 2006. C_{35} terpenoids from the bark of *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* with activity against human cancer cell lines [J]. J Nat Prod, 69 (11): 1611-1613.

(下转第 633 页 Continue on page 633)