

## 云南藤黄中联苯类成分研究

余 越<sup>1</sup>, 陈 煜<sup>2</sup>, 彭财英<sup>1</sup>, 梁永红<sup>1</sup>, 刘建群<sup>1</sup>, 舒积成<sup>1\*</sup>

1. 江西中医药大学, 现代中药制剂教育部重点实验室, 江西 南昌 330004

2. 中国医学科学院北京协和医学院医药生物技术研究所, 国家新药微生物筛选实验室, 北京 100050

**摘要:** 目的 研究云南藤黄 *Garcinia yunnanensis* 枝叶醋酸乙酯部位中联苯类化学成分。方法 基于联苯衍生物的紫外光谱特征吸收, 综合采用正相硅胶柱、Sephadex LH-20 凝胶柱和半制备 HPLC 等方法进行目标分离纯化。依据单体化合物的理化性质与波谱数据, 并结合相关文献进行结构鉴定。通过抑制一氧化氮生成实验, 评价新化合物的抗炎活性。结果 从云南藤黄醋酸乙酯部位中分离得到 8 个联苯类成分, 分别鉴定为 (*R*)-5-(4-羟基苯基)-2-(2-羟基丙基)-2,3-二氢苯并呋喃-7-醇(1)、garcibiphenyl C (2)、cylindrobiphenyl B (3)、multibiphenyl C (4)、doitungbiphenyls B (5)、multiflorabiphenyl B (6)、和厚朴酚(7)和厚朴酚(8)。结论 化合物 1 为新化合物, 命名为藤黄联苯 A (yunnabiphenyl A); 化合物 2~8 均为首次从该植物中分离得到。化合物 1 显示一定的抗炎活性, 其半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC<sub>50</sub>) 为 21.5 μmol/L。

**关键词:** 云南藤黄; 联苯; 抗炎; 藤黄联苯 A; 和厚朴酚; 厚朴酚; garcibiphenyl C

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)06-2016-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.06.002

## Biphenyl compounds isolated from *Garcinia yunnanensis*

YU Yue<sup>1</sup>, CHEN Yu<sup>2</sup>, PENG Caiying<sup>1</sup>, LIANG Yonghong<sup>1</sup>, LIU Jianqun<sup>1</sup>, SHU Jicheng<sup>1</sup>

1. Key laboratory of Modern Preparation of Tradition Chinese Medicines, Ministry of Education, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

2. Laboratory for Screening New Microbial Drugs, Institute of Medicinal Biotechnology, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100050, China

**Abstract: Objective** To investigate the biphenyl compounds in the ethyl acetate-soluble fraction of the twigs of *Garcinia yunnanensis*. **Methods** Based on the UV spectral characteristics absorption of biphenyl derivatives, targeted separation and purification were performed using various chromatography techniques, including silica gel column chromatography, Sephadex LH-20 gel column and semi-preparative HPLC. The structures of the isolated compounds were elucidated by means of physicochemical properties and spectral data of the monomer compounds, in combination with relevant literature. The anti-inflammatory activity of the new compound was evaluated by measuring its inhibition effect of nitric oxide (NO) production. **Results** Eight biphenyl derivatives were obtained from the ethyl acetate fraction of *G. yunnanensis*, elucidated as (*R*)-5-(4-hydroxyphenyl)-2-(2-hydroxypropan-2-yl)-2,3-dihydrobenzofuran-7-ol (1), garcibiphenyl C (2), cylindrobiphenyl B (3), multibiphenyl C (4), doitungbiphenyls B (5), multiflorabiphenyl B (6), honokiol (7), and magnolol (8). **Conclusion** Compound 1 is a new compound named yunnabiphenyl A, while compounds 2—8 were reported from this plant for the first time. Compound 1 showed moderate anti-inflammatory activity, with a median inhibition concentration (IC<sub>50</sub>) value of 21.5 μmol/L.

**Key words:** *Garcinia yunnanensis* H. H. Hu; biphenyl; anti-inflammatory; yunnabiphenyl A; honokiol; magnolol; garcibiphenyl C

藤黄属 *Garcinia* L. 广泛分布于世界各地, 包括 450 余种, 其中 21 种原产于中国<sup>[1]</sup>。其味酸、涩, 性凉, 具有消肿、攻毒、祛腐敛疮、止血、杀虫等功效, 常用于痈疽肿毒、溃疡、湿疮、肿瘤、顽癣、

收稿日期: 2026-01-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (82160660); 江西省自然科学基金资助项目 (20212ACB206006); 江西中医药大学“1050”工程人才项目 (5142001004) 与创新团队 (CXTD22015)

作者简介: 余 越 (2001—), 男, 硕士研究生, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: 741563518@qq.com

\*通信作者: 舒积成, 男, 教授, 博士生导师, 从事中药药活性成分及质量控制研究。E-mail: shujc210@jxutcm.edu.cn

跌打肿痛、疮伤出血及烫伤<sup>[2]</sup>。因该属植物含有结构独特多样且生物活性显著的次生代谢物，近年来受到研究者广泛关注，相关研究已取得重要进展<sup>[3-7]</sup>。

云南藤黄 *Garcinia yunnanensis* H. H. Hu 为藤黄属植物，是中国特有物种，主要分布在西南地区<sup>[1]</sup>。目前植物化学研究从该植物中鉴定出约 50 余个化合物，包括氧杂蒽酮、多环聚异戊二烯酰基间苯三酚 (polycyclic polyprenylated acylphloroglucinol, PPAPs) 和生物类黄酮等<sup>[8-10]</sup>，但已有研究多集中在根茎部位，对其枝叶的研究相对较少，枝叶也可能含有丰富的天然产物。从资源可持利用的角度考虑，从枝叶部位挖掘活性成分更有优势。

文献调研发现，从藤黄属其他植物的枝叶中分离得到多个联苯衍生物<sup>[11-13]</sup>，该类化合物表现出抗炎、抗菌、抗氧化、抗疟、抗 HIV 病毒、抗轮状病毒等显著药理活性<sup>[14-19]</sup>。云南藤黄作为该属植物，

其次生代谢产物亦可能含有联苯类成分。基于此，本研究以云南藤黄的枝叶为研究对象，根据联苯衍生物特征 UV 吸收<sup>[20]</sup>，进行目标分离与结构鉴定，旨在丰富天然联苯类化学成分库，并为云南藤黄的进一步开发利用提供依据。本研究从云南藤黄枝叶中分离鉴定的 8 个联苯类化合物 (结构见图 1)，包括 1 个新化合物和 7 个首次从该植物中分离得到的已知化合物，分别为 (*R*)-5-(4-羟基苯基)-2-(2-羟基丙基)-2,3-二氢苯并呋喃-7-醇 [(*R*)-5-(4-hydroxyphenyl)-2-(2-hydroxypropan-2-yl)-2,3-dihydrobenzofuran-7-ol, **1**]、garcibiphenyl C (**2**)、cylindrobiphenyl B (**3**)、multibiphenyl C (**4**)、doitungbiphenyls B (**5**)、multiflorabiphenyl B (**6**)、和厚朴酚 (honokiol, **7**) 和厚朴酚 (magnolol, **8**)。化合物 **1** 为新化合物，命名为藤黄联苯 A，并显示一定的抗炎活性；化合物 **2**~**8** 均为首次从该植物中分离得到。

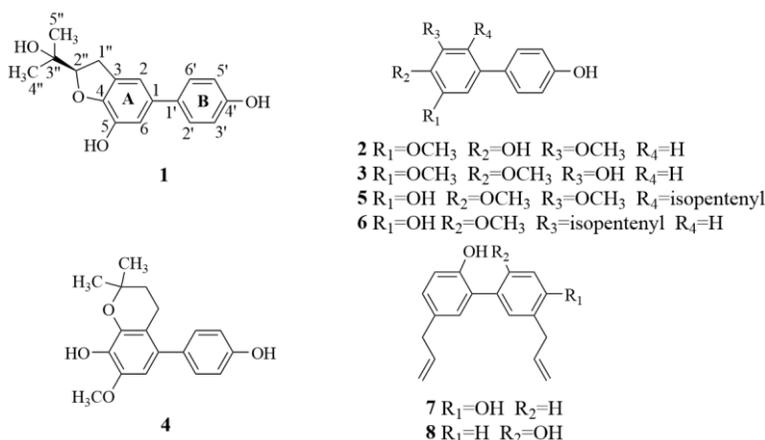


图 1 化合物 1~8 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—8

## 1 仪器与材料

Agilent126 高效液相色谱仪 (美国安捷伦公司); LC-100 型制备液相色谱仪 (上海伍丰科学仪器有限公司); YMC C<sub>18</sub> 半制备型色谱柱 (250 mm×10 mm, 5 μm, 日本 YMC 公司); ZF-20D 型暗箱式紫外分析仪 (上海宝山顾村电光仪器厂); BS224S 型电子天平 (北京赛多利斯仪器系统有限公司); AVANCE III HD 600 MHz 型核磁共振波谱仪 (瑞士布鲁克公司); EASY-Nlc1000 LTQ-Orbitrap Elite 线性离子阱-串联静电场轨道阱高分辨质谱仪 (美国赛默飞世尔公司); UV-2550 型紫外可见分光光度计 (日本 SHIMADZU 公司); J-1500 型圆二色光谱仪 CD (日本 JASCO 公司); Sephadex LH-20 凝胶 (美国法玛西亚公司); 国产三菱化学吸附树脂凝胶

(75~150 μm; 南京元宝丰制药技术有限公司); 薄层色谱硅胶 GF<sub>254</sub> 和柱色谱硅胶 (200~300 目, 青岛海洋化工有限公司)。试剂均为分析纯或色谱纯 (西陇科学股份有限公司); 水为双蒸水。

云南黄藤枝叶于 2024 年 5 月在中国云南省昆明市采集, 经江西中医药大学付小梅教授鉴定为云南黄藤 *G. yunnanensis* H. H. Hu。凭证标本 (SA20241001) 已存放在江西中医药大学中药现代制剂重点实验室。

## 2 方法

### 2.1 提取与分离

将云南藤黄自然阴干枝叶 (8 kg) 粗粉后, 采用 7 倍体积 95%乙醇回流提取 2 次, 每次 1 h。合并提取液, 减压浓缩, 得到总浸膏 1 105.6 g。将上

述浸膏加入 1 L 水捏溶制成悬浮液,依次用石油醚、醋酸乙酯进行萃取。合并所有醋酸乙酯萃取液,减压回收溶剂,得醋酸乙酯萃取部位 357.3 g。

取醋酸乙酯部位(约 357 g)经 MCI 柱色谱(1.5 kg, 75~150  $\mu\text{m}$ )分离,以乙醇-水(4:6→1:0)梯度洗脱,得 4 个组分 Fr. E1~E4。对各组分进行色谱分析,筛选分别在 220、260、300 nm 附近具联苯类衍生物特征吸收峰的组分,用于进一步分离纯化。结果显示,组分 Fr. E2 中含有较多联苯类成分。

取 Fr. E2 (108 g)进一步进行硅胶柱色谱,以二氯甲烷-甲醇(25:1→3:1)梯度洗脱,薄层色谱(TLC)检测并合并相似流分,共获得 60 个亚组分 Fr. E2.1~60。其中,Fr. E2.22 (1.0 g)经 Sephadex LH-20 柱色谱(二氯甲烷-甲醇 1:1)分离,TLC 检测后合并得到 30 个流分 Fr. E2.22.1~30。Fr. E2.22.11 (155 mg)经半制备 HPLC(甲醇-水 60:40)分离,得到化合物 **1** (6.4 mg,  $t_R=16.5$  min)。

Fr. E2.18 (2.3 g)经 Sephadex LH-20 柱色谱(二氯甲烷-甲醇 1:1)分离,TLC 检测合并得 15 个流份 Fr. E2.18.1~15。Fr. E2.18.3 (95 mg)经半制备 HPLC(甲醇-水 30:70)分离,得化合物 **2** (4.4 mg,  $t_R=17.8$  min)和 **3** (4.6 mg,  $t_R=21.5$  min)。Fr. E2.18.8 (81 mg)经半制备 HPLC(甲醇-水 40:60)分离,得化合物 **4** (7.7 mg,  $t_R=22.1$  min)和 **5** (7.3 mg,  $t_R=27.8$  min)。Fr. E2.18.13 (113 mg)经半制备 HPLC(甲醇-水 60:40)分离,得化合物 **6** (9.2 mg,  $t_R=14.7$  min)、**7** (11.1 mg,  $t_R=17.6$  min)和 **8** (13.2 mg,  $t_R=21.8$  min)。

## 2.2 抗炎活性测试

参照文献方法<sup>[21]</sup>,以小鼠巨噬细胞 RAW264.7 为模型,通过检测 NO 生成量评价新化合物的抗炎活性。使用含 10%胎牛血清培养液配制浓度约  $2 \times 10^5$  个/100  $\mu\text{L}$  的单个小鼠巨噬细胞悬液,取 100  $\mu\text{L}$  置于 96 孔板。培养 24 h 后,每孔分别加入 6.25、12.50、25.00、50.00、100.00  $\mu\text{mol/L}$  的化合物 **1** 和 1  $\mu\text{g/mL}$  的 LPS。37  $^\circ\text{C}$  培养 18 h 后,分别加 Griess A 和 B 溶液各 100  $\mu\text{L}$ 。继续孵育 5 min。在 570 nm 波长下,测定吸光度(A)值,并以浓度为横坐标(X),NO 抑制率为纵坐标(Y)绘制曲线,计算化合物的半数抑制浓度(median inhibition concentration,  $\text{IC}_{50}$ )值。

## 3 结构鉴定

化合物 **1**:淡黄色粉末(甲醇),高分辨质谱(HR-ESI-MS)  $m/z$  285.1144  $[\text{M}-\text{H}]^-$  (计算值 285.1132)

显示分子式为  $\text{C}_{17}\text{H}_{18}\text{O}_4$ ,紫外光谱在 206、270、290 nm 处出现最大吸收峰,提示化合物为联苯衍生物<sup>[20]</sup>。<sup>1</sup>H-NMR 谱(表 1)中显示 2 个芳香区宽单峰信号 [ $\delta_{\text{H}}$  6.80 (1H, s, H-2) 和 6.86 (1H, s, H-6)],表明化合物 **1** 含有苯环四取代结构单元(A 环);其余 4 个芳香质子呈现典型的 AA'BB'偶合系统,提示化合物 **1** 存在苯环对位取代结构单元(B 环)。通过对比已知化合物 garciasine C 的 NMR 数据<sup>[17]</sup>,发现化合物 **1** 与之较为相似,主要差异在于 2-(2-羟丙基)-2,3-二氢咪喃环与联苯骨架骈合位置:化合物 **1** 中该环通过氧原子连接在 A 环的 C-4 位,而 garciasine C 则连接于 A 环的 C-3 位。HMBC 相关信号(图 2)进一步证实这一点:H-1'' [ $\delta_{\text{H}}$  3.18 (dd,  $J=9.6, 15.9$  Hz) 和 3.20 (dd,  $J=8.7, 15.9$  Hz)] 与 C-3 ( $\delta_{\text{C}}$  130.1) 相关,H-2'' [ $\delta_{\text{H}}$  4.63 (dd,  $J=8.7, 9.6$  Hz)] 与 C-4 ( $\delta_{\text{C}}$  147.5) 存在相关,表明二氢咪喃环在 A 环上以 C-3 位碳取代和 C-4 位氧取代的方式骈合。另一处差异在于 B 环的取代形式:化合物 **1** 的 B 环为对位二取代,而 garciasine C 为单取代。HMBC 谱中,H-2',6' [ $\delta_{\text{H}}$  7.32 (d,  $J=8.5$  Hz)] 和 H-3',5' [ $\delta_{\text{H}}$  6.79 (d,  $J=8.5$  Hz)] 均与  $\delta_{\text{C}}$  157.4 (C-4') 存在相关,提示化合物的 C-4' 有羟基取代。此外,高分辨质谱(HR-ESI-MS)显示化合物 **1** 较 garciasine C 相对分子质量增加 16,对应多 1 个氧原子,进一步支持结构差异。关于化合物的立体构型确定:NOESY 谱(图 2)中显示 4''-甲基 [ $\delta_{\text{H}}$  1.28 (s)] 和 5''-甲基 [ $\delta_{\text{H}}$  1.28 (s)] 与 H-1''b [ $\delta_{\text{H}}$  3.20 (dd,  $J=8.7, 15.9$  Hz)] 相关,H-2'' [ $\delta_{\text{H}}$  4.63 (dd,  $J=8.7, 9.6$  Hz)] 与 H-1''a [ $\delta_{\text{H}}$  3.18 (dd,  $J=8.7, 15.9$  Hz)] 相关,表明化合物 C-2'' 位羟丙基为  $\beta$  构型。ECD 谱(图 3)显示化合物 **1** 在 275 nm 处呈现正 Cotton 效应,提示化合物 C-2'' 为 *R* 构型<sup>[17,22-23]</sup>。综合上述分析,化合物 **1** 鉴定为藤黄联苯 A。

化合物 **2**:淡黄色无定型粉末(甲醇)。高分辨质谱(HR-ESI-MS)  $m/z$  247.0962  $[\text{M}+\text{H}]^+$  (计算值 247.0965)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 7.39 (2H, d,  $J=8.6$  Hz, H-2', 6'), 6.82 (2H, d,  $J=8.6$  Hz, H-3', 5'), 6.78 (1H, s, H-2), 6.77 (1H, s, H-6), 3.89 (6H, s, 3, 5-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz,  $\text{CD}_3\text{OD}$ )  $\delta$ : 157.8 (C-4'), 149.6 (C-3, 5), 135.7 (C-4), 134.3 (C-1), 133.9 (C-1'), 128.8 (C-2', 6'), 116.5 (C-3', 5'), 105.0 (C-2, 6), 56.9 (3, 5-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献对照基本一致<sup>[24]</sup>,故鉴定化合物 **2** 为 garcibiphenyl C。

化合物 **3**:淡黄色无定型粉末(甲醇)。高分辨

表 1 化合物 1 的 <sup>1</sup>H-NMR(600 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)

Table 1 <sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD) and <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD) of compound 1

碳位	$\delta_H$	$\delta_C$
1		136.2
2	6.80 (s)	115.2
3		130.1
4		147.5
5		141.9
6	6.86 (s)	114.6
1'		134.3
2'	7.32 (like d, $J = 8.5$ Hz)	128.6
3'	6.79 (like d, $J = 8.5$ Hz)	116.4
4'		157.4
5'	6.79 (like d, $J = 8.5$ Hz)	116.4
6'	7.32 (like d, $J = 8.5$ Hz)	128.6
1''	3.20 (dd, $J = 8.7, 15.9$ Hz) 3.18 (dd, $J = 9.6, 15.9$ Hz)	32.3
2''	4.63 (dd, $J = 8.7, 9.6$ Hz)	90.9
3''		72.7
4''	1.28 (s)	25.2
5''	1.25 (s)	25.3

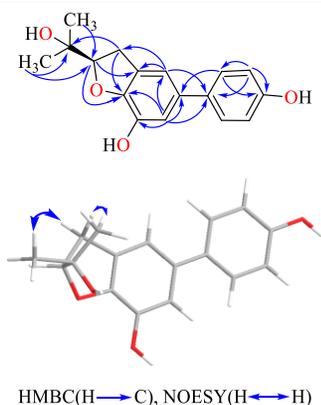


图 2 化合物 1 的关键 HMBC 和 NOESY 图  
Fig. 2 Key HMBC and NOESY of compound 1

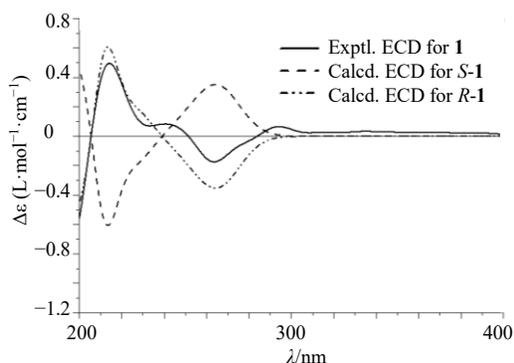


图 3 化合物 1 的 ECD 图  
Fig. 3 ECD of compound 1

质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  247.096 2  $[M+H]^+$  (计算值 247.096 5)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.38 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-2', 6'), 6.82 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-3', 5'), 6.66 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-2), 6.65 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-6), 3.89 (3H, s, 4-OCH<sub>3</sub>), 3.81 (3H, s, 5-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 158.1 (C-4'), 155.1 (C-5), 151.7 (C-3), 138.7 (C-1), 136.6 (C-4), 133.9 (C-1'), 127.4 (C-2', 6'), 114.8 (C-3', 5'), 108.3 (C-2), 103.3 (C-6), 61.1 (4-OCH<sub>3</sub>), 56.4 (5-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献对照基本一致<sup>[25]</sup>, 故鉴定化合物 3 为 cylindrobiphenyl B。

化合物 4: 淡黄色胶状固体 (甲醇)。高分辨质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  301.142 3  $[M+H]^+$  (计算值 301.143 4)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.10 (2H, d,  $J = 8.6$  Hz, H-2', 6'), 6.80 (2H, d,  $J = 8.6$  Hz, H-3', 5'), 6.39 (1H, s, H-6), 3.82 (3H, s, 5-OCH<sub>3</sub>), 2.57 (2H, t,  $J = 6.7$  Hz, H-1''), 1.71 (2H, t,  $J = 6.7$  Hz, H-2''), 1.37 (6H, s, H-4'', 5''); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 156.6 (C-4'), 146.9 (C-5), 143.5 (C-3), 134.9 (C-4), 134.2 (C-1'), 133.4 (C-1), 131.4 (C-2', 6'), 115.8 (C-3', 5'), 113.9 (C-2), 107.0 (C-6), 75.3 (C-3''), 56.8 (3-OCH<sub>3</sub>), 34.7 (C-2''), 27.0 (C-4'', 5''), 22.4 (C-1'')。以上数据与文献对照基本一致<sup>[26]</sup>, 故鉴定化合物 4 为 multibiphenyl C。

化合物 5: 黄色胶状固体 (甲醇)。高分辨质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  315.159 3  $[M+H]^+$  (计算值 315.159 1)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.00 (2H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-2', 6'), 6.73 (2H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-3', 5'), 6.39 (1H, s, H-6), 4.98 (1H, t,  $J = 6.7$  Hz, H-8), 3.82 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 3.81 (3H, s, 4-OCH<sub>3</sub>), 3.10 (2H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-7), 1.57 (3H, s, H-11), 1.40 (3H, s, H-10); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 157.4 (C-4'), 153.8 (C-3), 149.9 (C-5), 141.2 (C-4), 139.5 (C-9), 134.4 (C-1'), 131.4 (C-2', 6'), 130.3 (C-1), 126.0 (C-2), 125.7 (C-8), 117.1 (C-3', 5'), 114.3 (C-6), 61.0 (3-OCH<sub>3</sub>), 60.9 (4-OCH<sub>3</sub>), 27.3 (C-7), 25.9 (C-11), 17.8 (C-10)。以上数据与文献对照基本一致<sup>[27]</sup>, 故鉴定化合物 5 为 doitungbiphenyls B。

化合物 6: 无色无定型粉末 (甲醇)。高分辨质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  283.134 4  $[M-H]^-$  (计算值 283.134 0)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.29 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-2', 6'), 6.83 (1H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-6), 6.77 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-3', 5'), 6.75 (1H, d,  $J = 2.2$

Hz, H-2), 5.25 (1H, t,  $J = 7.3$  Hz, H-8), 3.72 (3H, s, 4-OCH<sub>3</sub>), 3.30 (2H, d,  $J = 7.3$  Hz, H-7), 1.70 (1H, s, H-11), 1.69 (1H, s, H-10); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 157.8 (C-4'), 151.2 (C-3), 145.9 (C-4), 138.7 (C-1), 136.6 (C-5), 133.8 (C-1'), 132.9 (C-9), 128.7 (C-2',6'), 124.5 (C-8), 119.7 (C-6), 116.4 (C-3,5'), 113.4 (C-2), 60.9 (4-OCH<sub>3</sub>), 29.6 (C-7), 26.0 (C-11), 17.9 (C-10)。以上数据与文献对照基本一致<sup>[28]</sup>, 故鉴定化合物 **6** 为 multiflorabiphenyl B。

化合物 **7**: 无色粒状晶体 (甲醇)。高分辨质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  265.123 2 [M - H]<sup>-</sup> (计算值 265.123 4)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.23 (1H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-6'), 7.21 (1H, dd,  $J = 8.2, 2.2$  Hz, H-2'), 6.99 (1H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-6), 6.91 (1H, dd,  $J = 7.8, 2.2$  Hz, H-4), 6.79 (1H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-3), 6.78 (1H, d,  $J = 8.2$  Hz, H-3'), 6.00 (2H, m, H-8, 8'), 5.04 (4H, m, H-9, 9'), 3.39 (2H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-7), 3.31 (2H, d,  $J = 6.7$  Hz, H-7'); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 155.1 (C-4'), 153.4 (C-2), 139.6 (C-8), 138.5 (C-8'), 132.5 (C-5), 132.0 (C-6), 131.6 (C-2'), 131.5 (C-3'), 130.0 (C-4), 129.2 (C-6'), 128.7 (C-1), 127.3 (C-1'), 116.9 (C-3), 115.5 (C-5'), 115.4 (C-9), 115.4 (C-9'), 40.5 (C-7), 35.3 (C-7')。以上数据与文献对照基本一致<sup>[29]</sup>, 故鉴定化合物 **7** 为和厚朴酚。

化合物 **8**: 无色针状晶体 (甲醇)。高分辨质谱 (HR-ESI-MS)  $m/z$  265.123 5 [M - H]<sup>-</sup> (计算值 265.123 4)。<sup>1</sup>H-NMR (600 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.04 (2H, d,  $J = 2.2$  Hz, H-6, 6'), 7.00 (2H, dd,  $J = 8.2, 2.2$  Hz, H-4, 4'), 6.82 (2H, d,  $J = 8.2$  Hz, H-3, 3'), 5.97 (2H, m, H-8, 8'), 5.05 (2H, dd,  $J = 17.0, 1.9$  Hz, H-9, 9'), 5.00 (2H, dd,  $J = 10.1, 2.1$  Hz, H-9, 9'), 3.33 (4H, d,  $J = 7.3$  Hz, H-7, 7'); <sup>13</sup>C-NMR (150 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 154.3 (C-2'), 139.6 (C-8, 8'), 132.6 (C-5, 5'), 132.5 (C-6, 6'), 129.6 (C-4, 4'), 128.2 (C-1, 1'), 117.9 (C-3, 3'), 115.4 (C-9, 9'), 40.5 (C-7, 7')。以上数据与文献对照基本一致<sup>[29]</sup>, 故鉴定化合物 **8** 为厚朴酚。

#### 4 活性评价结果

化合物 **1** 通过体外 NO 生成实验评估其抗炎活性。为排除细胞毒性对实验结果的干扰, 首先 MTT 法检测 100  $\mu\text{mol/L}$  浓度下细胞存活率, 结果显示, 化合物 **1** 在此浓度下未表现出明显的细胞毒性。化合物 **1** 抗 NO 生成抑制实验结果显示, 其 IC<sub>50</sub> 值为 21.5  $\mu\text{mol/L}$ , 阳性药为 *N*-monomethyl-larginine, IC<sub>50</sub>

值为 9.8  $\mu\text{mol/L}$ , 提示化合物 **1** 显示一定的抗炎活性。

#### 5 讨论

本研究从云南藤黄的干燥地上部分醋酸乙酯部位中共分离鉴定出 8 个联苯类化合物, 包括 1 个新化合物 (化合物 **1**) 和 7 个均属首次从该植物中分离得到的已知化合物 (**2~8**)。该结果进一步丰富了云南藤黄的化学成分库。

已有文献表明, 联苯类成分具有抗炎、抗肿瘤和抗菌等多种生物活性<sup>[30-33]</sup>。云南藤黄提取物亦表现与之相似的药理作用, 因此联苯类成分可能为该植物抗炎、抗肿瘤和抗菌活性的物质基础之一。本研究中, 新化合物 **1** 的抗炎活性测定显示其具备一定的抗炎活性 (IC<sub>50</sub> = 21.5  $\mu\text{mol/L}$ ), 进一步支持了这一推论。

此外, 文献报道指出, 藤黄属植物中的联苯类成分结构特征较为明显, 其取代多在 A 环的 C-3、C-4、C-5 以及 B 环的 C-4 位, 其中 B 环 C-4 位多为羟基取代。同时, A 环常引入异戊烯基, 易于在 A 环的 C-3/C-4 位或 C-4/C-5 位形成五元呋喃环或六元吡喃环, 这可能是导致该属植物联苯类化合物的骨架多样、结构丰富的原因。随着多个异戊烯基的引入, 还可进一步形成更为复杂、具有立体构型变化的多环多异戊烯基间苯三酚类化合物。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志-第六十九卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 94.
- [2] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编 (卷三) [M]. 第 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 675.
- [3] Boonyong C, Pattamadilok C, Suttisri R, et al. Benzophenones and xanthone derivatives from *Garcinia schomburgkiana*-induced P-glycoprotein overexpression in human colorectal Caco-2 cells via oxidative stress-mediated mechanisms [J]. *Phytomedicine*, 2017, 27: 8-14.
- [4] Shahid M, Law D, Azfaralariff A, et al. Phytochemicals and biological activities of *Garcinia atroviridis*: A critical review [J]. *Toxics*, 2022, 10(11): 656.
- [5] Rizaldy D, Hartati R, Nadhifa TFI. Chemical compounds and pharmacological activities of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.)-updated review[J]. *Biointerface Res App*, 2022, 12(2): 2503-2516.
- [6] Fu Y G, Huang Y Q, Xu Z H, et al. Polyphenylated acylphloroglucinols from *Garcinia* species and structural revision of seven analogues [J]. *Nat Prod Bioprospect*, 2025, 15(1): 34.
- [7] Lim S H, Lee H S, Lee C H, et al. Pharmacological activity

- of *Garcinia indica* (kokum): An updated review [J]. *Pharmaceuticals*, 2021, 14(12): 1338.
- [8] Hu X Y, Luo H J, Wei X, *et al.* Anti-inflammatory bicyclic polyprenylated acylphloroglucinols with diverse architectures including an unprecedented 6/6/6 tricyclic core from *Garcinia yunnanensis* [J]. *Bioorg Chem*, 2024, 153: 107864.
- [9] Nan M M, Yang Y Y, Ying P, *et al.* Garcinyunnanones A-R: Caged polycyclic polyprenylated acylphloroglucinols decorated with a lavandulyl substituent from *Garcinia yunnanensis* [J]. *Phytochemistry*, 2024, 224: 114167.
- [10] Wang S, Liu S Y, Wang S, *et al.* Garciyndiphenyls a and B, two biphenyl dimers with a caged skeleton from *Garcinia yunnanensis* [J]. *Org Lett*, 2025, 27(14): 3800-3805.
- [11] Chen J J, Peng C F, Huang H Y, *et al.* Benzopyrans, biphenyls and xanthenes from the root of *Garcinia linii* and their activity against *Mycobacterium tuberculosis* [J]. *Planta Med*, 2006, 72(5): 473-477.
- [12] Mungmee C, Sithigool S, Buakeaw A, *et al.* A new biphenyl and other constituents from the wood of *Garcinia schomburgkiana* [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(21): 1949-1955.
- [13] Li Y K, Wang Z Y, Wu X X, *et al.* Biphenyl derivatives from the twigs of *Garcinia bracteata* and their biological activities [J]. *Phytochem Lett*, 2015, 11: 24-27.
- [14] Kim C S, Subedi L, Kwon O K, *et al.* Isolation of bioactive biphenyl compounds from the twigs of *Chaenomeles sinensis* [J]. *Bioorg Med Chem Lett*, 2016, 26(2): 351-354.
- [15] Zheng D, Zhang H, Jiang J M, *et al.* Prenylated xanthenes and biphenyls from *Garcinia esculenta* with antistaphylococcal activity [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(13): 2137-2144.
- [16] Gao X M, Cui D, Wang S S, *et al.* New biphenyls from *Garcinia lancilimba* [J]. *Phytochem Lett*, 2018, 27: 219-222.
- [17] Pailee P, Kuhakarn C, Sangsuwan C, *et al.* Anti-HIV and cytotoxic biphenyls, benzophenones and xanthenes from stems, leaves and twigs of *Garcinia speciosa* [J]. *Phytochemistry*, 2018, 147: 68-79.
- [18] Tian D S, Gu W, Wang L P, *et al.* Cytotoxic and anti-oxidant biphenyl derivatives from the leaves and twigs of *Garcinia multiflora* [J]. *Phytochem Lett*, 2017, 19: 132-135.
- [19] Auranwiwat C, Limtharakul T, Pyne S G, *et al.* A new xanthone and a biphenyl from the flower and twig extracts of *Garcinia mckeaniana* [J]. *Nat Prod Res*, 2021, 35(20): 3404-3409.
- [20] Chaturonrutsamee S, Kuhakarn C, Surawatanawong P, *et al.* Polycyclic polyprenylated acylphloroglucinols and biphenyl derivatives from the roots of *Garcinia nuntasaenii* Ngerns. & Suddee [J]. *Phytochemistry*, 2018, 146: 63-74.
- [21] 李圆圆, 卢炜仁, 黄慧莲, 等. 欧洲蕨中 8-2'连接的木脂素类成分研究 [J]. *中草药*, 2025, 56(21): 7675-7679.
- [22] Asai T, Luo D, Obara Y, *et al.* Dihydrobenzofurans as cannabinoid receptor ligands from *Cordyceps annullata*, an entomopathogenic fungus cultivated in the presence of an HDAC inhibitor [J]. *Tetrahedron Lett*, 2012, 53(17): 2239-2243.
- [23] Antus S, Kurtán T, Juhász L, *et al.* Chiroptical properties of 2, 3-dihydrobenzo [b] furan and chromane chromophores in naturally occurring O-heterocycles [J]. *Chirality*, 2001, 13(8): 493-506.
- [24] Chen J J, Peng C F, Huang H Y, *et al.* Benzopyrans, biphenyls and xanthenes from the root of *Garcinia linii* and their activity against *Mycobacterium tuberculosis* [J]. *Planta Med*, 2006, 72(5): 473-477.
- [25] Sukandar E R, Kaennakam S, Rassamee K, *et al.* Xanthenes and biphenyls from the stems of *Garcinia cylindrocarpa* and their cytotoxicity [J]. *Fitoterapia*, 2018, 130: 112-117.
- [26] Gao X M, Ji B K, Li Y K, *et al.* New biphenyls from *Garcinia multiflora* [J]. *J Braz Chem Soc*, 2015: 27(1): 10-14.
- [27] Siridechakorn I, Maneerat W, Sripisut T, *et al.* Biphenyl and xanthone derivatives from the twigs of a *Garcinia* sp. (Clusiaceae) [J]. *Phytochem Lett*, 2014, 8: 77-80.
- [28] Fu W W, Wu M, Zhu L L, *et al.* Prenylated benzoylphloroglucinols and biphenyl derivatives from the leaves of *Garcinia multiflora* Champ [J]. *RSC Adv*, 2015, 5(95): 78259-78267.
- [29] 邓世明, 程永现, 周俊, 等. 长缘厚朴中的新苯醌及新木脂素类化合物 [J]. *云南植物研究*, 2001, 23(1): 121-125.
- [30] Suh W S, Park K J, Kim D H, *et al.* A biphenyl derivative from the twigs of *Chaenomeles speciosa* [J]. *Bioorg Chem*, 2017, 72: 156-160.
- [31] Phukhatmuen P, Raksat A, Laphookhieo S, *et al.* Bioassay-guided isolation and identification of antidiabetic compounds from *Garcinia cowa* leaf extract [J]. *Heliyon*, 2020, 6(4): e03625.
- [32] Takaoka S, Nakade K, Fukuyama Y. The first total synthesis and neurotrophic activity of clusiparalicoline A, a prenylated and geranylated biaryl from *Clusia paralicola* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2002, 43(39): 6919-6923.
- [33] Zhang X C, Gao R R, Liu Y, *et al.* Anti-virulence activities of biflavonoids from *Mesua ferrea* L. flower [J]. *Drug Discov Ther*, 2019, 13(4): 222-227.

[责任编辑 王文倩]