

## 壮药多裂黄檀中2个新的黄檀酚类化合物

卢澄生<sup>1,3,4</sup>, 王维玉<sup>1,2,4</sup>, 朱敏<sup>1,2,4</sup>, 覃思思<sup>1,2,4</sup>, 黎肇辉<sup>1,2,4</sup>, 梁臣艳<sup>1,2,4</sup>,  
冯旭<sup>1,2,4\*</sup>, 韦建华<sup>1,2,4\*</sup>

(1. 广西中医药大学教学实验实训中心, 广西南宁 530200; 2. 广西中医药大学药学院, 广西南宁 530200; 3. 广西中医药大学附属瑞康医院, 广西南宁 530011; 4. 广西中医药大学中药学国家级实验教学示范中心, 广西南宁 530200)

**摘要:** 运用硅胶、MCI、Sephadex LH-20 等柱色谱, 结合半制备液相分离技术对多裂黄檀 80% 乙醇提取物的乙酸乙酯部位分离纯化得到 12 个化合物。通过 UV、IR、MS、1D/2D NMR 等波谱数据与结合文献确定化合物的结构, 分别鉴定为多裂黄檀酚 A (1)、多裂黄檀酚 B (2)、*R*-(-)-3'-hydroxy-2,4,5-trimethoxydalbergiquinol (3)、neokhriol A (4)、mucronulatol (5)、(3*R*)-7,2',3'-三羟基-4'-甲氧基异黄烷 (6)、异短尖剑豆酚 (7)、(3*S*)-violanone (8)、3'-*O*-methylviolanone (9)、eryvarin M (10)、(±)- $\alpha$ ,3,4,2',4'-pentahydroxydihydrochalcone (11) 和 (-)-butin (12)。其中, 化合物 1 和 2 为新化合物, 化合物 3~12 为首次从该植物中分离得到。化合物 1、2、4、6、8、11、12 对 DPPH 自由基有良好清除作用。

**关键词:** 多裂黄檀; 化学成分; 黄檀酚; 抗氧化

中图分类号: R284 文献标识码: A 文章编号: 0513-4870(2024)02-0418-06

## Two new dalbergiphenols from Zhuang medicine *Dalbergia rimosa* Roxb

LU Cheng-sheng<sup>1,3,4</sup>, WANG Wei-yu<sup>1,2,4</sup>, ZHU Min<sup>1,2,4</sup>, QIN Si-si<sup>1,2,4</sup>, LI Zhao-hui<sup>1,2,4</sup>,  
LIANG Chen-yan<sup>1,2,4</sup>, FENG Xu<sup>1,2,4\*</sup>, WEI Jian-hua<sup>1,2,4\*</sup>

(1. Teaching Center of Experiment and Practical Training, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China; 2. College of Pharmacy, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China; 3. Ruikang Hospital Affiliated to Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530011, China; 4. National Demonstration Center for Experimental Chinese Medicine Education, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530200, China)

**Abstract:** Twelve compounds were isolated from the ethyl acetate fraction of the 80% aqueous ethanol extract of the roots and stems of *Dalbergia rimosa* Roxb. by silica gel, MCI, Sephadex LH-20 column chromatography, and semi-preparative HPLC. Their structures were identified by spectral analysis such as UV, IR, MS, 1D/2D NMR and by comparison with literature information as dalbergiquinol A (1), dalbergiquinol B (2), *R*-(-)-3'-hydroxy-2,4,5-trimethoxydalbergiquinol (3), neokhriol A (4), mucronulatol (5), (3*R*)-7,2',3'-trihydroxy-4'-methoxy-isoflavane (6), isomucronulatol (7), (3*S*)-violanone (8), 3'-*O*-methylviolanone (9), eryvarin M (10), (±)- $\alpha$ ,3,4,2',4'-pentahydroxydihydrochalcone (11) and (-)-butin (12). Compound 1 and 2 are new compounds, and compounds 3–12 were isolated from this plant for the first time. Compounds 1, 2, 4, 6, 8, 11, 12 showed good scavenging effect on DPPH free radical.

**Key words:** *Dalbergia rimosa* Roxb.; chemical composition; dalbergiphenol; antioxidant

收稿日期: 2023-06-25; 修回日期: 2023-09-06.

基金项目: 国家重点研究计划项目 (2019YFC17123012); 广西科技基地和人才专项 (桂科 AD20238058); 广西中医药管理局科研课题 (GXZYA20220122); 广西一流学科建设开放课题自然科学项目 (2019XK129); 广西壮瑶药重点实验室开放课题 (GXZY22.2019-10).

\*通讯作者 Tel: 18169648837, E-mail: 301678@qq.com;

Tel: 13977166476, E-mail: 237619535@qq.com

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2023-0782

多裂黄檀 (*Dalbergia rimosa* Roxb.) 来源于豆科黄檀属植物多裂黄檀的干燥根茎, 分布于广西各地, 壮药名为 Gengpeng (更彭), Meikouwai (美扣外), 其性味辣, 热, 具有调龙路, 除湿毒, 消肿痛的作用, 可用于治疗巧尹 (头痛), 叶用于呷农 (痈疮), 呷叮 (疗疮)<sup>[1,2]</sup>。目前, 国内外对多裂黄檀在木材方面研究较多, 但对其化学成分和药理作用方面的研究鲜见报道。有研究发现多裂黄檀与降香黄檀具有很高的亲缘关系<sup>[3]</sup>, 二者挥发性成分相似度极高<sup>[4]</sup>, 且降香黄檀的有效成分主要为挥发油和酚性成分<sup>[5]</sup>。课题组前期研究发现, 多裂黄檀中含有黄酮类、三萜类和木脂素类等成分, 在活性筛选中, 发现乙酸乙酯部位具有很好的抗氧化作用, 为了阐明多裂黄檀的药效物质基础, 寻找具有生物活性的先导化合物, 本实验综合运用各种现代色谱和光谱技术, 从多裂黄檀乙酸乙酯部位中分离纯化得到 12 个化合物, 分别鉴定为: (7*S*)-4,3',4'-trihydroxy-2,5-dimethoxydalbergiquinol (**1**)、(7*S*)-5,3',4'-trihydroxy-2,4-dimethoxydalbergiquinol (**2**)、*R*-(-)-3'-hydroxy-2,4,5-trimethoxydalbergiquinol (**3**)、neokhrinol A (**4**)、mucronulatol (**5**)、(3*R*)-7,2',3'-三羟基-4'-甲氧基异黄烷 (**6**)、异短尖剑豆酚 (**7**)、(3*S*)-vialanone (**8**)、3'-*O*-methylvialanone (**9**)、eryvarin M (**10**)、(±)- $\alpha,3,4,2',4'$ -pentahydroxydihydrochalcone (**11**)、(-)-butin (**12**), 见图 1。其中化合物 **1** 和 **2** 为新化合物, 分别命名为多裂黄檀酚 A 和多裂黄檀酚 B, 化合物 **3**~**12** 为首次从该植物中分离得到。化合物 **1**、**2**、**4**、**6**、**8**、**11**、**12** 对 DPPH 自由基有良好清除作用。

## 结果与讨论

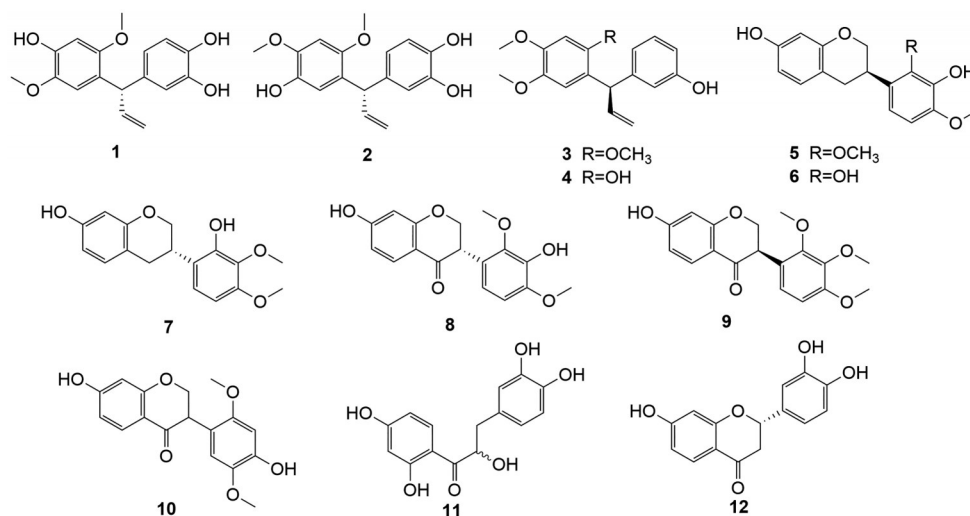
### 1 结构鉴定

化合物 **1** 黄色油状物, 易溶于甲醇, 丙酮。HR-ESI-

MS 给出准分子离子峰  $m/z$ : 301.107 6 [ $M-H$ ]<sup>-</sup> (Calcd for  $C_{17}H_{17}O_5$  301.107 6), 推测该化合物的分子式为  $C_{17}H_{18}O_5$ , 计算其不饱和度为 9。化合物 **1** <sup>1</sup>H NMR 谱 (表 1) 中, 芳香区出现 5 个氢质子信号:  $\delta_H$  6.65 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz), 6.57 (1H, d,  $J = 2.1$  Hz), 6.46 (1H, dd,  $J = 8.1, 2.1$  Hz), 6.63 (1H, s) 和 6.48 (1H, s), 提示结构中存在于一个 1,3,4-三取代苯环和一个 1,2,4,5-四取代苯环, 通过 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_C$  115.4, 116.9, 120.9, 115.2 和 101.7;  $\delta_H$  6.19 (1H, ddd,  $J = 17.0, 10.2, 6.7$  Hz), 5.09 (1H, dt,  $J = 10.2, 1.7$  Hz),

**Table 1** <sup>1</sup>H NMR (500 MHz) and <sup>13</sup>C NMR (125 MHz) data of compound **1** and **2** in CD<sub>3</sub>OD

No.	<b>1</b>		<b>2</b>	
	$\delta_H$	$\delta_C$	$\delta_H$	$\delta_C$
1	-	124.1	-	123.0
2	-	153.1	-	149.7
3	6.48 (1H, s)	101.7	6.45 (1H, s)	102.1
4	-	144.3	-	143.4
5	-	142.6	-	150.2
6	6.63 (1H, s)	115.2	6.59 (1H, s)	116.0
7	4.87 (1H, d, $J = 6.7$ Hz)	47.8	4.91 (1H, d, $J = 6.5$ Hz)	47.7
8	6.19 (1H, ddd, $J = 17.0, 10.2, 6.7$ Hz)	142.7	6.20 (1H, ddd, $J = 16.9, 10.2, 6.5$ Hz)	142.5
9	5.09 (1H, dt, $J = 10.2, 1.7$ Hz)	115.9	5.10 (1H, dt, $J = 10.2, 1.7$ Hz)	115.5
	4.84-4.80 (1H, m)		4.87-4.83 (1H, m)	
1'	-	136.6	-	136.5
2'	6.65 (1H, d, $J = 8.1$ Hz)	115.4	6.67 (1H, d, $J = 8.1$ Hz)	116.0
3'	-	146.8	-	144.4
4'	-	145.9	-	145.9
5'	6.57 (1H, d, $J = 2.1$ Hz)	116.9	6.61 (1H, d, $J = 2.0$ Hz)	116.9
6'	6.46 (1H, dd, $J = 8.1, 2.1$ Hz)	120.9	6.49 (1H, dd, $J = 8.1, 2.0$ Hz)	121.0
2-OCH <sub>3</sub>	3.65 (3H, s)	56.7	3.75 (3H, s)	56.5
4-OCH <sub>3</sub>	-	-	3.66 (3H, s)	57.7
5-OCH <sub>3</sub>	3.70 (3H, s)	57.4	-	-



**Figure 1** Chemical structures of compounds **1**-**12**

4.84~4.80 (1H, m) 和 4.87 (1H, d,  $J = 6.7$  Hz) 提示分子中存在一个烯丙基片段, 利用 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_c$  142.7, 115.9 和 47.8, 通过  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSY 谱确定 H-8/H-9 相关进一步证实了烯丙基片段的的存在。高场区出现 2 个甲氧基氢质子信号:  $\delta_H$  3.70 (3H, s) 和 3.65 (3H, s), 利用 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_c$  57.4 和 56.7。化合物 **1**  $^{13}\text{C}$  NMR 谱 (表 1) 中显示了 17 个碳信号, 其中包含 7 个季碳信号、7 个次甲基信号、1 个亚甲基碳信号和 2 个甲氧基碳信号。HMBC 谱 (图 2) 中  $\delta_H$  4.87 和  $\delta_c$  124.1、153.1、115.9、142.7、136.6、120.9 相关, 确定两个苯环通过烯丙基连接;  $\delta_H$  3.65 和  $\delta_c$  153.1、 $\delta_H$  3.70 和  $\delta_c$  142.6 相关, 确定 C-2、C-5 分别有甲氧基取代。测得比旋光度为  $[\alpha]_D^{20} +22.4$  ( $c$  0.05, MeOH), 通过 TDDFT ECD 计算与实验 ECD 对比 (图 3) 确定的其绝对构型为 7*S*。综合以上信息, 确定化合物 **1** 的结构为 (7*S*)-4,3',4'-trihydroxy-2,5-dimethoxydalbergiquinol, 命名为多裂黄檀酚 A (dalbergiquinol A)。

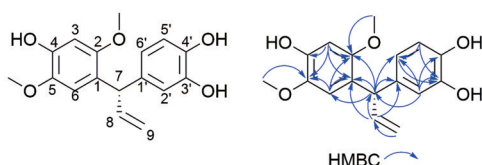


Figure 2 Structure and key HMBC correlations of compound 1

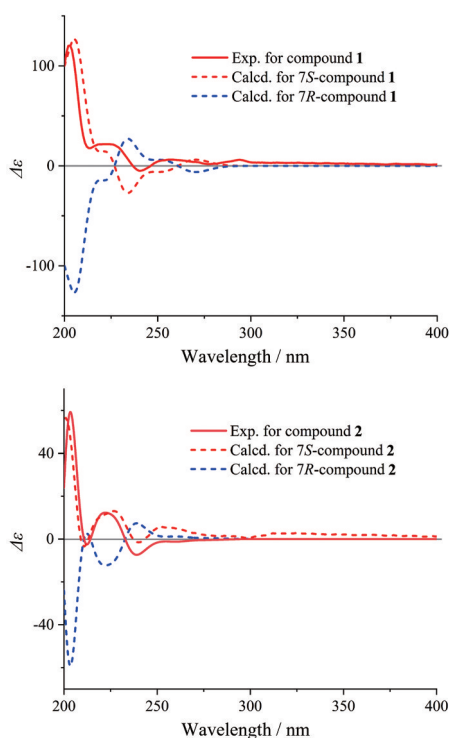


Figure 3 Experimental and calculated ECD curves of compound 1 and 2

化合物 **2** 黄色油状物, 易溶于甲醇, 丙酮。HR-ESI-MS 给出准分子离子峰  $m/z$  301.108 1  $[\text{M}-\text{H}]^-$  (Calcd for  $\text{C}_{17}\text{H}_{17}\text{O}_5$  301.107 6), 推测该化合物分子式为  $\text{C}_{17}\text{H}_{18}\text{O}_5$ , 计算其不饱和度为 9。化合物 **2**  $^1\text{H}$  NMR 谱 (表 1) 中, 芳香区出现 5 个氢质子信号:  $\delta_H$  6.67 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz), 6.61 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz), 6.59 (1H, s), 6.49 (1H, dd,  $J = 8.1, 2.0$  Hz), 6.45 (1H, s), 提示结构中存在一个 1,3,4-三取代苯环和一个 1,2,4,5-四取代苯环, 利用 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_c$  116.0, 116.9, 121.0, 116.0 和 102.1;  $\delta_H$  6.20 (1H, ddd,  $J = 16.9, 10.2, 6.5$  Hz), 5.10 (1H, dt,  $J = 10.2, 1.6$  Hz), 4.87~4.83 (1H, m) 和 4.91 (1H, d,  $J = 6.5$  Hz) 提示分子中存在一个烯丙基片段, 利用 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_c$  142.5, 115.5, 47.7。高场区出现 2 个甲氧基氢质子信号:  $\delta_H$  3.75 (3H, s) 和 3.66 (3H, s), 利用 HSQC 谱找到它们相应的碳信号分别出现在:  $\delta_c$  56.5 和 57.7。化合物 **2**  $^{13}\text{C}$  NMR 谱 (表 1) 中显示了 17 个碳信号, 其中包含 7 个季碳信号、7 个次甲基碳信号、1 个亚甲基碳信号和 2 个甲氧基碳信号。通过 HMBC 谱 (图 4) 可知,  $\delta_H$  4.91 和  $\delta_c$  123.0、149.7、116.0、136.5、121.0 相关, 确定两个苯环通过烯丙基连接,  $\delta_H$  3.75 和  $\delta_c$  149.7 相关、 $\delta_H$  3.66 和  $\delta_c$  143.4 相关, 确定甲氧基取代在 C-2、C-4 位置上。测得比旋光度为  $[\alpha]_D^{20} -26.8$  ( $c$  0.05, MeOH), 通过 TDDFT ECD 计算与实验 ECD 对比 (图 3) 确定的其绝对构型为 7*S*。综合以上信息, 确定化合物 **2** 的结构为 (7*S*)-5,3',4'-trihydroxy-2,4-dimethoxydalbergiquinol, 命名为多裂黄檀酚 B (dalbergiquinol B)。

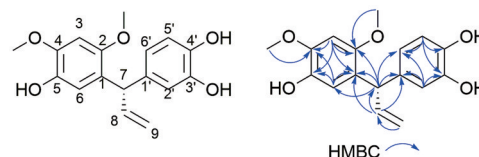


Figure 4 Structure and key HMBC correlations of compound 2

## 2 抗氧化活性

以化合物 **1**~**12** 对 DPPH 自由基的清除能力对其抗氧化活性进行评价。结果显示, 部分化合物显示出良好的抗氧化活性 (表 2), 可为多裂黄檀的进一步开发利用提供参考依据。

## 实验部分

Agilent G6230 型飞行时间质谱仪 (美国 Agilent 公司); 布鲁克 AVANCE III 500 MHz 型核磁共振波谱仪 (德国 Bruker 公司); 赛默飞世尔 NICOLET iS10 型中红外光谱仪、Hypersil GOLD™  $\text{C}_{18}$  柱 (250 mm × 10 mm,

**Table 2** Antioxidant activity of compounds 1–12 ( $n = 3$ ). "–" indicates no activity. Vitc: Vitamin C

Compd.	IC <sub>50</sub> /μg·mL <sup>-1</sup>	Compd.	IC <sub>50</sub> /μg·mL <sup>-1</sup>
1	11.03 ± 0.08	8	117.50 ± 0.19
2	42.17 ± 0.28	9	–
3	–	10	>500
4	75.15 ± 0.20	11	64.03 ± 0.78
5	>500	12	18.37 ± 0.01
6	29.24 ± 0.21	Vitc	11.99 ± 0.17
7	–	–	–

5 μm) (美国赛默飞世尔公司); 岛津 LC-20AR、岛津 LC-2030 PLUS 型高效液相色谱仪、岛津 UV2401PC 型紫外可见分光光度仪 (日本岛津公司); Autopol VI 旋光仪 (美国鲁道夫公司); V100 圆二色光谱仪 (英国应用光物理公司); BP211D 型电子分析天平 (德国赛多利斯公司); Multiskan Sky 1530 型全波长酶标仪 (美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 旋转蒸发仪 (EYELA OSB-2100、OSB-2200, 上海爱朗仪器有限公司); ZF-6 型三用紫外分析仪 (上海嘉鹏科技有限公司); CHP P20 小孔树脂 (日本三菱化学公司); LH-20 羟丙基葡聚糖凝胶 (Sephadex LH-20, 美国 Pharmacia 公司); 柱色谱硅胶 (100~200 目, 硅胶 H, 国药集团化学试剂有限公司); 硅胶薄层板 (50 mm × 100 mm 等, 青岛海洋化工有限公司); 甲醇、乙腈 (色谱纯, Fisher 科技有限公司); L-抗坏血酸 (Vitc) (纯度 > 99%, 上海麦克林生化科技有限公司); 1,1-二苯基-2-三硝基苯 (DPPH, 纯度 > 98%, 美国 Sigma 公司); 所用常规试剂均为分析纯 (四川西陇科学有限公司)。

### 1 提取与分离

多裂黄檀 38.0 kg, 以 10 倍量 80% 乙醇回流 3 次 (2、1.5、1 h), 减压回收溶剂得总浸膏 (1.84 kg)。取总浸膏 (1.64 kg), 加适量温水悬浮后, 依次用石油醚 (60~90 °C)、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 减压回收溶剂后得到石油醚部位浸膏 (36.0 g), 乙酸乙酯部位浸膏 (179.4 g), 正丁醇部位浸膏 (504.9 g) 和水部位浸膏 (873.0 g)。

乙酸乙酯部位浸膏 145.0 g, 经硅胶柱色谱分离, 以石油醚-乙酸乙酯 (100:0、20:1、10:1、5:1、2:1、0:1) 梯度洗脱, 得 7 个组分 (Fr.1~Fr.7)。Fr.4 (7.5 g) 经 MCI 柱色谱 (甲醇-水, 30:70~100:0) 梯度洗脱, 得 9 个组分 Fr.4-1~Fr.4-9。Fr.4-4 (2.8 g) 以硅胶 H 柱色谱 (氯仿-丙酮, 100:0~5:1) 梯度洗脱得 5 个组分 Fr.4-4-1~Fr.4-4-5。Fr.4-4-1 (0.3 g) 经半制备高效液相 (甲醇-水, 50:50) 纯化得化合物 3 ( $t_R = 50.5$  min; 29.2 mg); Fr.4-4-3 (1.0 g) 经半制备高效液相 (甲醇-水, 48:52) 纯化得化合物 7 ( $t_R = 28.3$  min; 8.8 mg)。Fr.5 (21.0 g) 经 MCI 柱 (甲醇-水, 50:50~100:0) 梯度洗脱, 合并得 15 个组分

Fr.5-1~Fr.5-15。Fr.5-6 (0.6 g) 经硅胶 H 柱色谱 (氯仿-丙酮, 50:1~4:1) 梯度洗脱得 5 个组分 Fr.5-6-1~Fr.5-6-5。Fr.5-6-4 经 Sephadex LH-20 (氯仿-甲醇, 1:1) 柱色谱分别得 6 个组分 Fr.5-6-4-1~Fr.5-7-4-6。其中 Fr.5-6-4-3 经半制备高效液相 (甲醇-0.1% 乙酸, 42:58) 分离纯化得化合物 4 ( $t_R = 40.7$  min; 8.6 mg) 及半制备高效液相 (乙腈-0.1% 乙酸, 23:77) 二次纯化得化合物 10 ( $t_R = 38.8$  min; 2.0 mg), 化合物 8 ( $t_R = 42.7$  min; 12.4 mg); Fr.5-6-4-4 经半制备高效液相 (乙腈-水, 25:75) 纯化得化合物 1 ( $t_R = 48.4$  min; 20.2 mg); Fr.5-6-4-5 经半制备高效液相 (甲醇-0.1% 乙酸, 42:58) 分离纯化得化合物 6 ( $t_R = 31.2$  min; 18.6 mg)。Fr.5-7 (1.0 g) 析出白色针状结晶, 经半制备高效液相 (甲醇-水, 53:47) 纯化得化合物 5 ( $t_R = 15.3$  min; 25.6 mg)。Fr.5-8 (2.0 g) 经硅胶 H 柱色谱 (石油醚-乙酸乙酯, 3:1~2:3) 梯度洗脱, 依次合并得 7 个组分 Fr.5-8-1~Fr.5-8-7。Fr.5-8-1 经半制备高效液相 (甲醇-水, 48:52) 纯化得化合物 9 ( $t_R = 33.6$  min; 26.0 mg)。Fr.6 (28.5 g) 经 MCI 柱色谱 (甲醇-水, 30:70~100:0) 梯度洗脱, 合并得 12 个组分 Fr.6-1~Fr.6-12。Fr.6-6 经硅胶 H 柱色谱 (氯仿-甲醇, 50:1~15:1) 梯度洗脱得 9 个组分 Fr.6-6-1~Fr.6-6-9。Fr.6-6-5 (0.05 g) 经半制备高效液相 (乙腈-水, 24:76) 分离纯化得化合物 2 ( $t_R = 31.6$  min; 16.7 mg)。Fr.6-6-9 (0.3 g) 经 Sephadex LH-20 (氯仿-甲醇, 1:1) 以及半制备高效液相 (甲醇-0.1% 乙酸, 30:70) 分离纯化得化合物 11 ( $t_R = 19.8$  min; 1.0 mg), 化合物 12 ( $t_R = 30.3$  min; 14.6 mg)。

### 2 抗氧化活性—清除 DPPH 自由基

参考文献<sup>[6]</sup>的方法并稍作修改, 以甲醇溶解 DPPH, 配制成 0.1 mmol·L<sup>-1</sup> DPPH 贮备液, 避光冷藏备用。准确称取化合物溶解于 DMSO 中, 稀释成系列质量浓度备用。移取 50 μL 一系列浓度化合物溶液和阳性对照溶液加至 96 孔板中, 再向各孔中加入 150 μL DPPH 贮备液, 混匀, 室温黑暗中放置 30 min, 反应完全后在波长 517 nm 处测定其吸光度  $A_1$ 。以不加样品的相同溶剂为空白对照  $A_0$ , L-抗坏血酸作为阳性对照, 每个浓度平行测定 3 次后取平均值, 按清除率 % =  $(A_0 - A_1) / A_0 \times 100\%$  计算样品对 DPPH 自由基清除率, 用半数抑制浓度 (IC<sub>50</sub>) 表示化合物对 DPPH 自由基的清除能力。

### 3 结构鉴定

化合物 1 黄色油状 (甲醇),  $[\alpha]_D^{20} + 22.4$  ( $c$  0.05, MeOH); UV (MeOH)  $\lambda_{max}$  (log  $\epsilon$ ): 203 nm (4.75), 225.5 nm (4.19), 289 nm (3.88); IR (KBr)  $\nu_{max}$ : 3 397, 2 936, 2 838, 1 603, 1 510, 1 449, 763 cm<sup>-1</sup>。ESI-MS  $m/z$  301 [M-H]<sup>-</sup>; HR-ESI-MS  $m/z$  301.107 6 [M-H]<sup>-</sup> (Calcd for C<sub>17</sub>H<sub>17</sub>O<sub>5</sub> 301.107 6); <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR

(125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据见表 1。

**化合物 2** 黄色油状 (甲醇),  $[\alpha]_D^{20} -26.8$  ( $c$  0.05, MeOH); UV (MeOH)  $\lambda_{\max}$  (log  $\epsilon$ ): 203 nm (4.74)、220.5 nm (4.29)、287.5 nm (3.84); IR (KBr)  $\nu_{\max}$ : 3 424、2 937、2 837、1 610、1 515、1 448、763 cm<sup>-1</sup>; ESI-MS  $m/z$  301 [M-H]<sup>-</sup>; HR-ESI-MS  $m/z$  301.108 1 [M-H]<sup>-</sup> (Calcd for C<sub>17</sub>H<sub>17</sub>O<sub>5</sub> 301.107 6); <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据见表 1。

**化合物 3** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$  299 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>O<sub>4</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 数据与文献<sup>[7]</sup>的 *R*-(-)-3'-hydroxy-2,4,5-trimethoxydalbergiquinol 基本一致。

**化合物 4** 黄色油状 (甲醇), ESI-MS  $m/z$  285 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>17</sub>H<sub>18</sub>O<sub>4</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[8]</sup>的 neokhriol A 基本一致。

**化合物 5** 白色针状结晶 (丙酮), ESI-MS  $m/z$  301 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>17</sub>H<sub>18</sub>O<sub>5</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 数据与文献<sup>[9]</sup>的 mucronulatol 基本一致。

**化合物 6** 黄色油状 (甲醇), ESI-MS  $m/z$  287 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>16</sub>H<sub>16</sub>O<sub>5</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[8,10]</sup>的 (3*R*)-7,2',3'-三羟基-4'-甲氧基异黄烷基本一致。

**化合物 7** 淡黄色粉末, ESI-MS  $m/z$  301 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>17</sub>H<sub>18</sub>O<sub>5</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[11]</sup>的异短尖剑豆酚基本一致。

**化合物 8** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$  315 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>17</sub>H<sub>16</sub>O<sub>6</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[12]</sup>的 (3*S*)-violanone 基本一致。

**化合物 9** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$  329 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>18</sub>H<sub>18</sub>O<sub>6</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, acetone-*d*<sub>6</sub>) 数据与文献<sup>[13]</sup>的 3'-*O*-methylviolanone 基本一致。

**化合物 10** 白色粉末, ESI-MS  $m/z$  315 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>17</sub>H<sub>16</sub>O<sub>6</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[14]</sup>的 eryvarin M 基本一致。

**化合物 11** 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$  289 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>15</sub>H<sub>14</sub>O<sub>6</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[15]</sup>的 (±)- $\alpha,3,4,2',4'$ -pentahydroxydihydrochalcone 基

本一致。

**化合物 12** 黄色粉末, ESI-MS  $m/z$  271 [M-H]<sup>-</sup>, 分子式为 C<sub>15</sub>H<sub>12</sub>O<sub>5</sub>。该化合物的 <sup>1</sup>H NMR (500 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 和 <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CD<sub>3</sub>OD) 数据与文献<sup>[16]</sup>的 (-)-butin 基本一致。

**作者贡献:** 卢澄生和王维玉负责进行实验、结构鉴定和撰写论文; 朱敏、覃思思和黎肇辉协助进行实验; 梁臣艳负责实验的设计、课题的指导和论文框架的构建; 冯旭为本文的共同通讯作者, 负责实验的整体设计把关和文章审阅; 韦建华是本文的共同通讯作者, 全程指导实验设计、结构解析和稿件修改, 并最终定稿。

**利益冲突:** 所有作者均声明不存在利益冲突。

## References

- [1] Huang XC. Compendium of Guangxi National Medicine (广西民族药简编) [M]. Nanning: Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Bureau Drug Inspection Institute, 1980: 126.
- [2] Teng HL, Mei ZN. Resource List of Chinese Zhuang Medicine (中国壮药资源名录) [M]. Beijing: Traditional Chinese Medicine Ancient Books Publishing House, 2014: 1314.
- [3] Zhang H. Study on Wood Identification Between *Dalbergia odorifera* T. Chen and *Dalbergia rimosa* Roxb Based on DNA Barcoding (基于 DNA 条形码技术的降香黄檀与多裂黄檀木材识别研究) [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2013.
- [4] Dong XN, Chen FF, Lin L, et al. Research progress on identification techniques of *Dalbergia odorifera* wood [J]. J Zhejiang For Sci Technol (浙江林业科技), 2022, 42: 112-118.
- [5] Liu RX, Wang Q, Bi KS, et al. Chromatographic fingerprint of *Dalbergia odorifera* and its application in the identification of the crude drugs of different origins [J]. Acta Pharm Sin (药理学学报), 2005, 40: 1008-1012.
- [6] Zheng L, Hu JG, Zhang JZ, et al. To investigate the *in vivo* and *in vitro* antioxidant effects of extract from *Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Mazz [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2020, 32: 742-748.
- [7] Cuong NM, Son NT, Nhan NT, et al. Vasorelaxing activity of *R*-(-)-3'-Hydroxy-2,4,5-trimethoxydalbergiquinol from *Dalbergia tonkinensis*: involvement of smooth muscle Ca<sub>v</sub>1.2 channels [J]. Planta Med, 2020, 86: 284-293.
- [8] Wang H, Mei WL, Guo ZK, et al. Chemical constituents of *Dalbergia odorifera* [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2014, 39: 1625-1629.
- [9] Zhong Y, Chen J, Mo X, et al. A new isoflavan from the heartwood of *Dalbergia cochinchinensis* [J]. Nat Prod Commun, 2021, 16: 1-4.
- [10] Song CQ, Zheng ZR, Liu D, et al. Antimicrobial isoflavans from *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bunge [J]. Acta Bot Sin (植物学报), 1997, 39: 486-488.

- [11] Sun JW, Zhao MB, Liang H, et al. Isolation and identification of flavonoids from Baoyuan Decoction [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2010, 41: 696-700.
- [12] Sribuham T, Thongsri Y, Yenjai C. Potential antifungal activity against *Pythium insidiosum* of isoflavonoids from the stems of *Dalbergia cultrata* [J]. Asian J Chem, 2020, 32: 1788-1792.
- [13] Lee JW, Lee C, Jin Q, et al. Chemical constituents from *Belamcanda chinensis* and their inhibitory effects on nitric oxide production in RAW 264.7 macrophage cells [J]. Arch Pharm Res, 2015, 38: 991-997.
- [14] Tanaka H, Hirata M, Etoh H, et al. Six new constituents from the roots of *Erythrina variegata* [J]. Chem Biodivers, 2004, 1: 1101-1108.
- [15] Gao C, Zhang Y, Tian YX, et al. Isolation and identification of the flavonoids from *Buxus microphylla* Sieb. et Zucc. Var. *sinica* Rehd. et Wils. [J]. Chin J Med Chem (中国药物化学杂志), 2022, 32: 111-116.
- [16] Junior GMV, Sousa CMM, Cavalheiro AJ, et al. Phenolic derivatives from fruits of *Dipteryx lacunifera* Ducke and evaluation of their antiradical activities [J]. Helv Chim Acta, 2008, 91: 2159-2167.