

# 地枇杷的化学成分及抗氧化活性研究

何芷芸<sup>†</sup>, 石松云<sup>†</sup>, 魏雪娇, 刘呈雄, 陈剑锋, 邹 坤, 程 凡<sup>\*</sup>

三峡大学生物与制药学院 天然产物研究与利用湖北省重点实验室, 宜昌 443002

**摘要:** 本文对土家族民间药材地枇杷进行化学成分及抗氧化活性研究。运用硅胶柱色谱、凝胶柱色谱、大孔树脂柱色谱结合半制备高效液相色谱等手段对其乙醇提取物进行分离纯化, 利用核磁共振波谱、质谱等方法对化合物进行结构鉴定, 分离得到 17 个化合物, 分别鉴定为高山金莲花素(1)、(+)-儿茶素(2)、异紫花前胡苷(3)、补骨脂素(4)、佛手柑内酯(5)、(+)-南烛木树脂酚-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-葡萄糖苷(6)、(+)-南烛木树脂酚-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-吡喃木糖苷(7)、异落叶松脂素-9-O- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷(8)、ssioriside(9)、华中冬青素(10)、异落叶松脂素(11)、(7R,8S)-3,5'-二甲氧基-4',7-环氧-8,3'-新木脂烷-5,9,9'-三醇(12)、6,7-二甲氧基-4-羟基-1-萘甲酸(13)、3,4-二羟基苯甲酸乙酯(14)、bluemenol A(15)、3,3',4,4'-四羟基联苯(16)、绿原酸乙酯(17)。化合物 1~4, 6~17 为首次从该植物中分离得到。使用 DPPH 自由基清除率、总抗氧化能力、超氧阴离子清除能力三个指标来测定 17 个化合物的抗氧化活性。结果显示木脂素类化合物 9, 10, 多酚类化合物 13, 14, 16 具有良好的 DPPH 自由基清除能力及总抗氧化能力, 表现出的抗氧化活性与同浓度抗坏血酸活性相当。

**关键词:** 地枇杷; 抗氧化; 木脂素; 多酚类

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2022)5-0810-08

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2022.5.009

## Chemical constituents from the aerial parts of *Ficus tikoua* Bur. and their antioxidant activity

HE Zhi-yun<sup>†</sup>, SHI Song-yun<sup>†</sup>, WEI Xue-jiao, LIU Cheng-xiong, CHEN Jian-feng, ZOU Kun, CHENG Fan<sup>\*</sup>

Key Laboratory of Natural Products Research and Development, College of Biological and Pharmaceutical Sciences, China Three Gorges University, Yichang 443002, China

**Abstract:** To study the chemical constituents and antioxidant activity of the aerial parts of *Ficus tikoua*, a folk medicine of Tujia nationality. Its ethanol extract was separated and purified using silica gel column chromatography, gel column chromatography, macroporous resin column chromatography combined with semi-preparative high performance liquid chromatography and other methods. The structure of the compounds was identified by nuclear magnetic resonance spectroscopy, mass spectrometry and other methods, and seventeen compounds were separated. These compounds were identified as alpinumisoflavone (1), (+)-catechin (2), nodakenin (3), psoralen (4), bergapten (5), (+)-lyoniresinol-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-glucopyranoside (6), (+)-lyoniresinol-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-xylopyranoside (7), (-)-isolariciresinol-9-O- $\beta$ -D-glucopyranoside (8), ssioriside (9), huazhongilexin (10), (+)-isolariciresinol (11), (7R,8S)-3,5'-dimethoxy-4',7-epoxy-8,3'-neolignane-5,9,9'-triol (12), 6,7-dimethoxy-4-hydroxy-1-naphthoic acid (13), ethyl-3,4-dihydroxybenzoate (14), bluemenol A (15), 3,3',4,4'-tetrahydroxy diphenyl (16), ethyl chlorogenate (17). Compounds 1,4,6-17 were isolated from this plant for the first time. Three indicators of DPPH radical scavenging rate, total antioxidant capacity, and superoxide anion scavenging capacity were used to determine the antioxidant activity of 17 compounds. The results show that lignans 9, 10, and polyphenols 13, 14, 16 have significant DPPH free radical scavenging ability and total antioxidant ability, and their antioxidant activity is equivalent to that of ascorbic acid at the same concentration.

**Key words:** *Ficus tikoua*; antioxidant; lignans; polyphenols

收稿日期: 2021-12-20

接受日期: 2022-03-22

基金项目: 国家自然科学基金(81773952, 81803383)

<sup>†</sup> 共同第一作者

<sup>\*</sup> 通信作者 E-mail: chengf@ctgu.edu.cn

地枇杷药材系桑科榕属植物地果 *Ficus tikoua* Bur. 的干燥地上部分<sup>[4]</sup>, 其植物名称地瓜藤、地石榴等, 且因其匍匐木质藤本, 茎贴地生长又称之为地

板藤,全株有白色乳液。在我国广泛分布于湖北、云南、贵州、广西、四川、西藏等地<sup>[1]</sup>,地枇杷是彝族、壮族、苗族、哈尼族等少数民族广泛使用的民族药,在贵州作为苗族习用药材,在云南则为彝族、哈尼族等少数民族的常用药,有着悠久的药用历史,是独具特色的地方中草药。该药材最初记录于明初兰茂所著的《滇南本草》(1977年)<sup>[2]</sup>,《全国中草药汇编》记载其功能主治为清热、利湿、活血、解毒<sup>[3]</sup>。在本课题组参与编撰的2018版《湖北省中药材质量标准》<sup>[4]</sup>中,详细记载了地枇杷性状及鉴别方法,同时也记载了其清热解毒、清肺止咳、润燥止泻的功能。

根据国内外文献记载,地枇杷化学成分主要有黄酮、甾体、香豆素、三萜类等成分<sup>[5]</sup>,对于该药材的现代药理学研究较少,主要集中在抑菌、对酪氨酸酶活性的影响,此外, Yang 等<sup>[6]</sup>采用 DPPH 法对地枇杷提取物及不同溶剂萃取部位进行了抗氧化活性测定,发现其乙酸乙酯萃取部位及正丁醇萃取部位均具有良好的 DPPH 自由基清除能力,本课题在此基础上,综合 DPPH 自由基清除能力、总抗氧化能力测定,超氧阴离子清除能力这三种抗氧化活性评价方法,对从该药材中分离得到的化合物进行抗氧化活性评价,期望为天然抗氧化剂的开发提供一定参考价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

BrukerAV400 型核磁共振波谱仪(瑞士布鲁克公司);Dionex Ultimate 3000 型高效液相色谱仪(美国戴安公司);Waters UPLC-MS(QDa)超高效液相串联质谱仪(美国 Waters 公司);Venusil XBP C<sub>18</sub> 色谱柱(半制备型:250 mm × 10 mm, 10 μm;分析型:250 mm × 4.6 mm, 5 μm, 天津博纳艾杰尔科技有限公司);Waters 1525 EF 高效液相色谱仪(美国 Waters 公司);低温冷冻干燥机(美国 Labconco 公司);TECAN infinite F200PRO 酶标仪(瑞士帝肯公司);Smart-S15UVF 超纯水仪(上海和泰仪器有限公司);UV-1000 型紫外可见分光光度计(上海翱艺仪器有限公司);电子天平(上海民桥精密仪器有限公司);AB-8 大孔吸附树脂(东鸿化工有限公司);正相色谱硅胶(烟台化学工业研究所);反相色谱硅胶(日本 YMC 公司);DPPH(上海源叶生物科技有限公司);T-AOC 试剂盒(南京建成生物工程研究所);抗坏血酸(上海阿拉丁生化科技股份有限公司);邻苯三酚(上海麦克林生化科技有限公司);PBS(上海麦

克林生化科技有限公司);高效液相用乙腈、甲醇均为色谱纯(美国 Tedia 公司);水为超纯水;其他试剂均为分析纯(国药集团化学试剂有限公司)。

### 1.2 植物材料

植物材料于2020年8月采自湖北省宜昌市长阳土家族自治县,经三峡大学生物与制药学院王玉兵教授鉴定为桑科榕属植物地果 *Ficus tikoua* Bur.。植物标本现保存于天然产物研究与利用湖北省重点实验室(三峡大学)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 提取分离

将地果地上部分经干燥处理后进行粉碎(7.46 kg),95%乙醇回流提取3次(3 × 70 L),提取时间分别为4、3、2 h。将得到的乙醇提取液减压浓缩并干燥至无醇味,得到地枇杷醇提总浸膏812 g。向总浸膏中加入适量的纯水均匀混悬后,依次使用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇溶剂进行萃取,萃取三次合并萃取液,将萃取液减压浓缩,分别得到石油醚萃取部位(127.5 g),乙酸乙酯萃取部位(31.9 g),正丁醇萃取部位(102 g)。

取正丁醇部位80 g,用纯水溶解,少量不溶于水的样品干燥研磨后混悬于水中,使用 AB-8 型大孔树脂进行分离,依次用纯水、30%乙醇水(体积百分数,下同),60%乙醇水,90%乙醇水,100%乙醇洗脱,将洗脱液减压浓缩并干燥得到30%洗脱部位(17.1 g),60%洗脱部位(14.6 g),90%洗脱部位(10.3 g)。使用反向硅胶柱色谱分离30%乙醇水部位,乙腈-水梯度洗脱,经分析型高效液相色谱分析,得到27个组分 Fr. 1 ~ 27(12.5 g)。Fr. 11 经半制备型 HPLC 纯化(乙腈-水 30% ~ 50%)得到化合物 **6**(5.5 mg,  $t_R = 33.7$  min)、**7**(4.9 mg,  $t_R = 36.1$  min)、**8**(12.9 mg,  $t_R = 40.0$  min)、**9**(2.3 mg,  $t_R = 46.8$  min);Fr. 14 经半制备型 HPLC 纯化(乙腈-水 23:77)(体积比,下同)得到化合物 **3**(10.4 mg,  $t_R = 23.3$  min)。

取乙酸乙酯部位29 g,1:1正相硅胶拌样,使用正相硅胶填料 Flash 柱干法上样对乙酸乙酯部位样品进行快速分离洗脱,对洗脱液进行浓缩并使用高效液相色谱分析合并得到 Fr. A1 ~ Fr. A3。Fr. A1 经 200 ~ 300 目正相硅胶柱层析分离得到 Fr. A1a ~ Fr. A1c。Fr. A1a 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 55:45)得到化合物 **4**(2.7 mg,  $t_R = 10.6$  min)、**5**(3.5 mg,  $t_R = 13.1$  min)、**1**(2.5 mg,  $t_R = 22.2$  min);Fr.

A1b 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 30:70)得到化合物 **13**(25.7 mg,  $t_R = 12.3$  min)、**14**(7.9 mg,  $t_R = 14.6$  min)。Fr. A2 经 200~300 目正相硅胶柱层析分离 Fr. A2a~Fr. A2d, Fr. A2a 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 44:56)得到化合物 **15**(12.4 mg,  $t_R = 17.3$  min)、**10**(2.8 mg,  $t_R = 17.0$  min); Fr. A2b 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 44:56)得到化合物 **11**(8.5 mg,  $t_R = 25.9$  min)、**12**(7.1 mg,  $t_R = 30.9$  min); Fr. A2c 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 43:57)得到化合物 **16**(5.8 mg,  $t_R = 17.8$  min)、**17**(3.4 mg,  $t_R = 24.5$  min); Fr. A2d 经半制备型 HPLC 分离(乙腈-水 41:59)得到化合物 **2**(2.8 mg,  $t_R = 7.5$  min)。

### 1.3.2 抗氧化活性测定

#### 1.3.2.1 DPPH 清除能力测定

实验方法在参考 Ji 等<sup>[7]</sup>方法的基础上稍作修改:称取一定质量 DPPH 粉末,加无水乙醇配置得到 400  $\mu\text{mol/L}$  DPPH 工作液待用。取 100  $\mu\text{L}$  浓度为 60  $\mu\text{mol/L}$  的供试液分别与 100  $\mu\text{L}$  的 DPPH 溶液充分混匀,室温下避光反应 30 min,使用酶标仪在 517 nm 波长下测量其吸光度  $A_1$ ,与此同时,测定 100  $\mu\text{L}$  浓度为 60  $\mu\text{mol/L}$  的供试液和 100  $\mu\text{L}$  无水乙醇混合溶液吸光度  $A_2$ ,100  $\mu\text{L}$  无水乙醇和 100  $\mu\text{L}$  DPPH 工作液吸光度  $A_0$ ,根据以下公式计算 DPPH 自由基清除率,每个样品重复测定三次。

$$\text{清除率} = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100\%$$

#### 1.3.2.2 总抗氧化能力测定

按照总抗氧化能力测定试剂盒说明书分别配置不同测定管溶液和对照管溶液:1、测定管:3.5 mL 工作液和 0.2 mL 待测液混合,使用旋涡混匀器充分混匀,37  $^{\circ}\text{C}$  水浴 30 min,然后加入 0.1 mL 显色剂混匀,室温下放置 10 min,波长 520 nm,超纯水调零,测定吸光度值;2、对照管:将 3.5 mL 工作液使用旋涡混匀器充分混匀,37  $^{\circ}\text{C}$  水浴 30 min,然后加入 0.2 mL 待测液和 0.1 mL 显色剂混匀,室温下放置 10 min,波长 520 nm,超纯水调零,测定吸光度值,每个样品重复测定三次。

单位定义:在 37  $^{\circ}\text{C}$  时,每分钟每毫摩尔化合物,使反应体系的吸光度值,每增加 0.01 时,为一个总抗氧化能力单位(U)。

$$\text{总抗氧化能力} = \frac{A_{\text{测定}} - A_{\text{对照}}}{0.01} \div 30 \times \frac{V_{\text{反应}}}{V_{\text{样}}} \div C_{\text{样}}$$

式中,总抗氧化能力单位为 U/mmol;  $V_{\text{反应}}$ :反应液总体积, mL;  $V_{\text{样}}$ :取样量, mL;  $C_{\text{样}}$ :样品初始浓度, mmol/L; 30:反应时间为 30 min。

#### 1.3.2.3 超氧阴离子自由基清除能力

将 0.1 mL 初始浓度为 500  $\mu\text{mol/L}$  的待测溶液与 2.8 mL PBS 缓冲液(pH = 7.8)加入比色皿中,随后加入 0.1 mL 邻苯三酚(10 mmol/L),快速混匀,在 319 nm 下测定其吸光度值,每隔 30 s 测定一次,一共测定 300 s。30 s 的吸光度值为  $A_{30}$ ,300 s 的吸光度值为  $A_{300}$ ,  $\Delta A_{\text{样}} = A_{300} - A_{30}$ 。对照组以 0.1 mL PBS 缓冲液代替待测溶液,  $\Delta A_0 = A_{300} - A_{30}$ ,每个样品重复测定三次。

$$\text{超氧阴离子自由基清除率} = \left(\frac{\Delta A_0 - \Delta A_{\text{样}}}{\Delta A_0}\right) \times 100\%$$

### 1.3.3 数据处理

采用 Graphpad Prism 数据分析软件进行 one-way ANOVA 显著性分析,实验数据表示为平均数  $\pm$  标准差,当  $P < 0.05$  时,表示组间差异显著,有统计学意义。

## 2 实验结果

### 2.1 结构鉴定

化合物 **1** 淡黄色针状结晶;ESI-MS:  $m/z$  337  $[M + H]^+$ ,分子式为  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}\text{O}_5$ 。 $^1\text{H}$  NMR(400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) $\delta$ : 13.15 (1H, s, 5-OH), 7.82 (1H, s, H-3), 7.40 (2H, d,  $J = 8.6$  Hz, H-2', H-6'), 6.90 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-3', H-5'), 6.72 (1H, d,  $J = 10.1$  Hz, H-4''), 6.33 (1H, s, H-8), 5.62 (1H, d,  $J = 10.0$  Hz, H-3''), 1.47 (6H, s, 2''- $\text{CH}_3 \times 2$ ); $^{13}\text{C}$  NMR(100 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ) $\delta$ : 152.7 (C-2), 123.6 (C-3), 181.0 (C-4), 157.0 (C-5), 105.4 (C-6), 159.7 (C-7), 95.0 (C-8), 157.4 (C-9), 106.2 (C-10), 156.1 (C-4'), 123.3 (C-1'), 130.1 (C-2', C-6'), 115.7 (C-3', C-5'), 78.2 (C-2''), 128.4 (C-3''), 115.6 (C-4''), 28.4 (2''- $\text{CH}_3 \times 2$ )。以上数据与文献<sup>[8]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为高山金莲花素。

化合物 **2** 褐色粉末;ESI-MS:  $m/z$  291  $[M + H]^+$ ,分子式为  $\text{C}_{15}\text{H}_{14}\text{O}_6$ 。 $^1\text{H}$  NMR(400 MHz,  $\text{DM-SO}-d_6$ ) $\delta$ : 6.71 (1H, d,  $J = 2.1$  Hz, H-6'), 6.67 (1H, d,  $J = 8.1$  Hz, H-3'), 6.58 (1H, dd,  $J = 8.2, 2.1$  Hz, H-2'), 5.87 (1H, d,  $J = 2.3$  Hz, H-8), 5.69 (1H, d,  $J = 2.3$  Hz, H-6), 4.47 (1H, d,  $J = 7.4$  Hz, H-2), 3.82 (2H, m, H-3), 2.63 (1H, dd,  $J = 16.1, 5.4$  Hz, H-4b), 2.33 (1H, dd,  $J = 16.0, 8.0$  Hz, H-4a); $^{13}\text{C}$  NMR

(100 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 81.2 (C-2), 66.5 (C-3), 28.0 (C-4), 156.4 (C-5), 95.4 (C-6), 156.6 (C-7), 94.4 (C-8), 155.6 (C-9), 99.3 (C-10), 130.8 (C-1'), 118.7 (C-2'), 115.3 (C-3'), 145.1 (C-4', C-5'), 114.7 (C-6')。以上数据与文献报道一致<sup>[9]</sup>, 故鉴定该化合物为(+) -儿茶素。

**化合物 3** 无色片状结晶; ESI-MS:  $m/z$  409 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>9</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 7.86 (1H, d,  $J$  = 9.5 Hz, H-4), 7.40 (1H, s, H-5), 6.71 (1H, s, H-8), 6.20 (1H, d,  $J$  = 9.5 Hz, H-3), 4.88 (1H, overlap, H-2'), 4.59 (1H, overlap, H-1''), 3.50 (1H, dd,  $J$  = 16.0, 6.8 Hz, H-3'), 3.42 (1H, d,  $J$  = 2.3 Hz, H-6b''), 3.35 (1H, d,  $J$  = 2.3 Hz, H-6a''), 3.26 (1H, dd,  $J$  = 18.3, 9.1 Hz, H-3''), 3.23 (1H, m, H-4''), 3.04 (1H, m, H-5''), 3.00 (1H, dd,  $J$  = 9.2, 2.3 Hz, H-2''), 1.36 (6H, s, H-4', H-5'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CD<sub>3</sub>OD)  $\delta$ : 165.2 (C-2), 112.2 (C-3), 144.5 (C-4), 125.1 (C-5), 127.7 (C-6), 163.8 (C-7), 98.1 (C-8), 146.3 (C-9), 114.1 (C-10), 30.5 (C-1'), 91.9 (C-2'), 79.2 (C-3'), 22.4 (C-4'), 23.8 (C-5'), 98.9 (C-1''), 77.5 (C-2''), 78.1 (C-3''), 71.4 (C-4''), 75.2 (C-5''), 62.2 (C-6'')。以上数据与文献<sup>[10]</sup>报道一致, 故鉴定该化合物为异紫花前胡昔。

**化合物 4** 白色针状结晶; ESI-MS:  $m/z$  187 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>11</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 7.81 (1H, d,  $J$  = 9.5 Hz, H-4), 7.70 (1H, d,  $J$  = 2.3 Hz, H-2'), 7.69 (1H, s, H-8), 7.48 (1H, d,  $J$  = 0.9 Hz, H-5), 6.83 (1H, dd,  $J$  = 2.3, 1.0 Hz, H-3'), 6.38 (1H, d,  $J$  = 9.5 Hz, H-3); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 161.2 (C-2), 114.8 (C-3), 144.2 (C-4), 120.0 (C-5), 125.0 (C-6), 156.6 (C-7), 100.1 (C-8), 152.2 (C-9), 115.6 (C-10), 147.1 (C-2'), 106.5 (C-3')。以上数据与文献<sup>[11]</sup>报道一致, 故鉴定该化合物为补骨脂素。

**化合物 5** 白色晶体; ESI-MS:  $m/z$  217 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 8.16 (1H, dd,  $J$  = 9.8, 0.9 Hz, H-4), 7.59 (1H, d,  $J$  = 2.4 Hz, H-2'), 7.13 (1H, s, H-8), 7.02 (1H, dd,  $J$  = 2.4, 1.0 Hz, H-3'), 6.27 (1H, d,  $J$  = 9.8 Hz, H-3), 4.26 (3H, s, 5-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>)  $\delta$ : 161.4 (C-2), 112.7 (C-3), 139.4 (C-4), 149.7 (C-5), 60.2 (5-OCH<sub>3</sub>) 112.8 (C-6), 158.5 (C-

7), 94.0 (C-8), 152.8 (C-9), 106.5 (C-10), 144.9 (C-2'), 105.2 (C-3')。以上数据与文献<sup>[12]</sup>报道一致, 故鉴定该化合物为佛手柑内酯。

**化合物 6** 白色粉末; ESI-MS:  $m/z$  583 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>28</sub>H<sub>38</sub>O<sub>13</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 6.55 (1H, s, H-8), 6.29 (2H, s, H-2', H-6'), 4.19 (1H, d,  $J$  = 5.8 Hz, H-4), 4.08 (1H, d,  $J$  = 7.7 Hz, H-1''), 3.76 (3H, s, 7-OCH<sub>3</sub>), 3.63 (6H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>), 3.28 (3H, s, 5-OCH<sub>3</sub>), 2.99 ~ 3.69 (6H, m, H-2'', 3'', 4'', 5'', 6''), 3.12 (1H, t,  $J$  = 8.4 Hz, H-1a), 2.60 (1H, dd,  $J$  = 15.2, 4.4 Hz, H-1b), 2.01 (1H, m, H-3), 1.50 (1H, m, H-2); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 32.30 (C-1), 37.7 (C-2), 64.3 (C-2a), 70.1 (C-3a), 44.4 (C-3), 40.7 (C-4), 148.0 (C-5), 59.0 (5-OCH<sub>3</sub>), 137.3 (C-6), 146.4 (C-7), 55.7 (7-OCH<sub>3</sub>), 107.2 (C-8), 128.6 (C-9), 124.8 (C-10), 137.6 (C-1'), 106.0 (C-2', C-6'), 147.6 (C-3', C-5'), 56.1 (3'-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>), 133.6 (C-4'), 103.1 (C-1''), 73.5 (C-2''), 76.8 (C-3'', C-5''), 70.6 (C-4''), 61.3 (C-6'')。以上数据与文献<sup>[13]</sup>报道一致, 故鉴定该化合物为(+) -南烛木树脂酚-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-葡萄糖苷。

**化合物 7** 白色无定形粉末; ESI-MS:  $m/z$  553 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>27</sub>H<sub>36</sub>O<sub>12</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 6.54 (1H, s, H-8), 6.33 (2H, s, H-2', H-6'), 4.29 (1H, d,  $J$  = 5.8 Hz, H-4), 4.16 (1H, d,  $J$  = 7.7 Hz, H-1''), 3.76 (3H, s, 7-OCH<sub>3</sub>), 3.63 (6H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>), 3.27 (3H, s, 5-OCH<sub>3</sub>), 2.99 ~ 3.69 (4H, m, H-2'', 3'', 4'', 5''), 3.03 (1H, t,  $J$  = 8.4 Hz, H-1a), 2.63 (1H, dd,  $J$  = 15.2, 4.4 Hz, H-1b), 1.96 (1H, m, H-3), 1.51 (1H, m, H-2); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 32.4 (C-1), 38.1 (C-2), 61.2 (C-2a), 44.4 (C-3), 64.0 (C-3a), 40.7 (C-4), 146.9 (C-5), 58.0 (5-OCH<sub>3</sub>), 137.3 (C-6), 146.5 (C-7), 55.7 (7-OCH<sub>3</sub>), 106.8 (C-8), 128.5 (C-9), 124.9 (C-10), 137.5 (C-1'), 106.0 (C-2', C-6'), 147.5 (C-3', C-5'), 56.1 (3'-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>), 133.3 (C-4'), 103.4 (C-1''), 73.6 (C-2''), 77.0 (C-3'', C-5''), 70.1 (C-4'')。以上数据与文献<sup>[14]</sup>报道一致, 故鉴定该化合物为(+) -南烛木树脂酚-3 $\alpha$ -O- $\beta$ -D-吡喃木糖苷。

**化合物 8** 白色粉末; ESI-MS:  $m/z$  523 [M + H]<sup>+</sup>, 分子式为 C<sub>26</sub>H<sub>34</sub>O<sub>11</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DM-

*SO-d<sub>6</sub>*) $\delta$ : 6.80 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-2), 6.68 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5), 6.60 (1H, s, H-2'), 6.48 (1H, dd,  $J = 8.0, 1.9$  Hz, H-6), 6.07 (1H, s, H-5'), 4.03 (1H, d,  $J = 10.7$  Hz, H-7), 3.94 (1H, d,  $J = 7.6$  Hz, H-1''), 3.91 (1H, dd,  $J = 10.0, 2.6$  Hz, H-9'a), 3.72 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 3.70 (3H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>), 3.64 (1H, d,  $J = 2.0$  Hz, H-9a), 3.60 (1H, dd,  $J = 10.6, 3.4$  Hz, H-9'b), 3.41 ~ 3.49 (2H, m, H-6''), 3.11 ~ 3.18 (1H, m, H-9b), 2.95 ~ 3.05 (4H, m, H-2'' ~ 5''), 2.71 (2H, d,  $J = 7.9$  Hz, H-7'), 1.90 (1H, m, H-8'), 1.71 (1H, m, H-8); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 137.0 (C-1), 113.9 (C-2), 147.2 (C-3), 55.6 (3-OCH<sub>3</sub>), 144.1 (C-4), 115.5 (C-5), 121.2 (C-6), 45.6 (C-7), 44.2 (C-8), 67.7 (C-9), 127.1 (C-1'), 111.8 (C-2'), 145.5 (C-3'), 55.5 (3'-OCH<sub>3</sub>), 144.5 (C-4'), 116.3 (C-5'), 132.8 (C-6'), 32.6 (C-7'), 37.53 (C-8'), 62.8 (C-9'), 104.2 (C-1''), 73.6 (C-2''), 76.7 (C-3''), 70.1 (C-4''), 76.9 (C-5''), 61.1 (C-6''). 以上数据与文献<sup>[15]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为异落叶松脂素-9-*O*- $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷。

**化合物 9** 白色粉末;ESI-MS:  $m/z$  555 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>27</sub>H<sub>38</sub>O<sub>12</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 6.33 (2H, s, H-2', H-6'), 6.32 (2H, s, H-2, H-6), 4.10 (4H, d,  $J = 7.8$  Hz, H-9', H-9), 3.67 (6H, s, OCH<sub>3</sub> × 2), 3.66 (6H, s, -OCH<sub>3</sub> × 2), 3.95 ~ 2.93 (overlap, xylosylprotons), 2.60 ~ 2.42 (4H, overlap, H-9, H-9'), 1.05 (2H, br s, H-8, H-8'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 131.5 (C-1), 106.3 (C-2, C-6), 147.7 (C-3, C-5), 55.9 (3-OCH<sub>3</sub>, 5-OCH<sub>3</sub>), 133.3 (C-4), 34.5 (C-7, C-7'), 40.5 (C-8), 70.2 (C-9), 131.0 (C-1'), 106.3 (C-2', C-6'), 147.7 (C-3', C-5'), 55.8 (3'-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>), 133.4 (C-4'), 42.2 (C-8'), 56.1 (C-9'), 103.3 (xyl-1), 76.8 (xyl-2), 76.9 (xyl-3), 73.7 (xyl-4), 69.1 (xyl-5)。以上数据与文献<sup>[13]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为 *ssioriside*。

**化合物 10** 淡黄色结晶;ESI-MS:  $m/z$  437 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>22</sub>H<sub>28</sub>O<sub>9</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 6.64 (4H, s, H-2, H-2', H-6, H-6'), 4.83 (2H, d,  $J = 7.2$  Hz, H-7), 3.75 (12H, s, 3, 3', 5, 5'-OCH<sub>3</sub>), 3.50 (4H, m, H-9, H-9'), 2.12 (2H, m, H-8'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 133.3 (C-1, 1'), 103.7 (C-2, C-2'), 147.9 (C-3, C-3', C-5, C-5'), 134.7 (C-4, C-4'), 82.1 (C-7, C-7'), 53.51 (C-8, C-

8'), 60.40 (C-9, C-9'), 56.0 (3-OCH<sub>3</sub>, 3'-OCH<sub>3</sub>, 5-OCH<sub>3</sub>, 5'-OCH<sub>3</sub>)。以上数据与文献<sup>[16]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为华中冬青素。

**化合物 11** 淡红色粉末;ESI-MS:  $m/z$  361 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>6</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 6.68 (1H, d,  $J = 8$  Hz, H-5), 6.63 (1H, d,  $J = 1.9$  Hz, H-2), 6.60 (1H, s, H-2'), 6.48 (dd,  $J = 8.1, 1.9$  Hz, 1H, H-6), 6.08 (1H, s, H-5'), 3.72 (1H, d,  $J = 9.5$  Hz, H-7), 3.70 (3H, s, 3'-OCH<sub>3</sub>), 3.69 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 2.67 (2H, m, H-7'), 1.84 (1H, m, H-8), 1.62 (1H, m, H-8'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 132.0 (C-1), 113.3 (C-2), 145.5 (C-3), 55.7 (3-OCH<sub>3</sub>), 144.1 (C-4), 115.3 (C-5), 121.5 (C-6), 45.9 (C-7, C-8), 59.9 (C-9), 127.2 (C-1'), 111.9 (C-2'), 147.3 (C-3'), 55.6 (3'-OCH<sub>3</sub>), 144.6 (C-4'), 116.3 (C-5'), 137.2 (C-6'), 32.3 (C-7'), 38.1 (C-8'), 63.6 (C-9')。以上数据与文献<sup>[17]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为异落叶松脂素。

**化合物 12** 黄色无定型固体;ESI-MS:  $m/z$  361 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>20</sub>H<sub>24</sub>O<sub>6</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 6.90 (1H, s, H-2), 6.75 (1H, s, H-6), 6.74 (1H, s, H-4), 6.69 (1H, s, H-2'), 6.68 (1H, s, H-6'), 5.40 (1H, d,  $J = 6.8$  Hz, H-7), 3.76 (3H, s, 5'-OCH<sub>3</sub>), 3.74 (3H, s, 3-OCH<sub>3</sub>), 3.68 ~ 3.60 (2H, m, H-9), 3.42 (2H, m, H-9'), 3.41 (1H, m, H-8), 2.53 (2H, t,  $J = 6.8$  Hz, H-7'), 1.69 (2H, m, H-8'); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 132.0 (C-1), 110.4 (C-2), 147.6 (C-3), 55.7 (3-OCH<sub>3</sub>), 115.3 (C-4), 146.3 (C-5), 118.5 (C-6), 86.9 (C-7), 53.3 (C-8), 63.1 (C-9), 135.0 (C-1'), 116.5 (C-2'), 129.1 (C-3'), 145.6 (C-4'), 143.3 (C-5'), 55.7 (5'-OCH<sub>3</sub>), 112.5 (C-6'), 31.6 (C-7'), 34.7 (C-8'), 60.2 (C-9')。以上数据与文献<sup>[18]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为 (7*R*, 8*S*)-3,5'-二甲氧基-4',7-环氧-8,3'-新木脂烷-5,9,9'-三醇。

**化合物 13** 白色针晶;ESI-MS:  $m/z$  249 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为 C<sub>13</sub>H<sub>12</sub>O<sub>5</sub>。<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 7.46 (1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-2), 7.45 (1H, s, H-5), 7.20 (1H, s, H-8), 6.84 (1H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-3), 3.80 (6H, s, 6-OCH<sub>3</sub>, 7-OCH<sub>3</sub>); <sup>13</sup>C NMR (100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ : 140.2 (C-1), 167.4 (1-COOH), 123.5 (C-2), 115.1 (C-3), 151.1 (C-4), 107.0 (C-5), 147.3 (C-6), 56.0 (6-OCH<sub>3</sub>), 147.2 (C-7), 55.6

(7-OCH<sub>3</sub>), 112.8 (C-8), 121.8 (C-9), 121.8 (C-10)。以上数据与文献<sup>[19]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为6,7-二甲氧基-4-羟基-1-萘甲酸。

**化合物 14** 白色晶体;ESI-MS: $m/z$  183 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为C<sub>9</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H NMR(400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :7.34(1H, d,  $J$  = 2 Hz, H-2), 7.29(1H, dd,  $J$  = 8.2, 2.0 Hz, H-6), 6.78(1H, d,  $J$  = 8.2 Hz, H-5), 4.22(2H, q,  $J$  = 7.1 Hz, H-8), 1.28(3H, t,  $J$  = 7.1 Hz, H-9);<sup>13</sup>C NMR(100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :121.8(C-1), 116.2(C-2), 145.2(C-3), 150.7(C-4), 115.3(C-5), 120.6(C-6), 165.8(C-7), 60.1(C-8), 14.3(C-9)。以上数据与文献<sup>[20]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为3,4-二羟基苯甲酸乙酯。

**化合物 15** 无色油状物无色油状物;ESI-MS: $m/z$  225 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为C<sub>13</sub>H<sub>20</sub>O<sub>3</sub>。<sup>1</sup>H NMR(400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :5.78(1H, s, H-4), 5.68(1H, dd,  $J$  = 15.6, 5.4 Hz, H-8), 5.67(1H, d,  $J$  = 15.6 Hz, H-7), 4.18(1H, m, H-9), 2.36(1H, d,  $J$  = 17.0 Hz, H-2a), 2.05(1H, d,  $J$  = 17.0 Hz, H-2b), 1.80(3H, s, H-13), 1.11(3H, d,  $J$  = 6.4 Hz, H-10), 0.93(3H, s, H-11), 0.91(3H, s, H-12);<sup>13</sup>C NMR(100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :40.9(C-1), 49.4(C-2), 197.4(C-3), 125.5(C-4), 164.4(C-5), 77.9(C-6), 127.9(C-7), 135.9(C-8), 66.1(C-9), 24.1(C-10), 24.0(C-11), 23.1(C-12), 19.0(C-13)。以上数据与文献<sup>[21]</sup>报道基本一致,故鉴定该化合物为bluemenol A。

**化合物 16** 褐色粉末;ESI-MS: $m/z$  219 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为C<sub>12</sub>H<sub>10</sub>O<sub>4</sub>。<sup>1</sup>H NMR(400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :9.02(2H, s, 2 × Ar-OH), 8.91(2H, s, 2 × Ar-OH), 6.88(2H, d,  $J$  = 2.1 Hz, H-2, H-2'), 6.76(2H, dd,  $J$  = 8.1, 2.1 Hz, H-6, H-6'), 6.74(2H, s, H-5, H-5');<sup>13</sup>C NMR(100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :132.1(C-1, C-1'), 113.5(C-2, C-2'), 144.2(C-3, C-3'), 145.4(C-4, C-4'), 116.0(C-5, C-5'), 116.9(C-6, C-6')。以上数据与文献<sup>[22]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为3,3',4,4'-四羟基联苯。

**化合物 17** 白色晶体;ESI-MS: $m/z$  383 [M + H]<sup>+</sup>,分子式为C<sub>18</sub>H<sub>22</sub>O<sub>9</sub>。<sup>1</sup>H NMR(400 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :7.39(1H, d,  $J$  = 15.8 Hz, H-7'), 7.01(1H, d,  $J$  = 2.3 Hz, H-2'), 6.95(1H, dd,  $J$  = 8.2, 2.3 Hz, H-6'), 6.75(1H, d,  $J$  = 8.2 Hz, H-5'), 6.11(1H, d,  $J$  = 15.9 Hz, H-8'), 5.01(1H, m, H-3), 3.99(2H, q,  $J$

= 7.1 Hz, H-8), 3.88(1H, m, H-5), 3.58(1H, dd,  $J$  = 4.9, 3.2 Hz, H-4), 2.12(1H, m, H-2a), 2.07(1H, m, H-6a), 1.92(1H, dd,  $J$  = 13.7, 3.6 Hz, H-2b), 1.77(1H, dd,  $J$  = 12.7, 9.3 Hz, H-6b), 1.11(3H, t,  $J$  = 7.1 Hz, H-9);<sup>13</sup>C NMR(100 MHz, DMSO-*d*<sub>6</sub>) $\delta$ :73.1(C-1), 35.3(C-2), 71.1(C-3), 69.6(C-4), 67.2(C-5), 37.2(C-6), 173.1(C-7), 60.3(C-8), 13.8(C-9), 125.3(C-1'), 114.5(C-2'), 145.2(C-3'), 148.8(C-4'), 115.9(C-5'), 121.6(C-6'), 146.6(C-7'), 113.9(C-8'), 165.5(C-9')。以上数据与文献<sup>[23]</sup>报道一致,故鉴定该化合物为绿原酸乙酯。

## 2.2 抗氧化活性结果

### 2.2.1 DPPH 清除率结果

单体化合物的DPPH清除能力实验结果显示,黄酮(1~2)及香豆素类(3~5)化合物有一定的DPPH清除作用,木脂素类(6~12)化合物普遍具有较强的DPPH清除作用,其中化合物10的DPPH清除率为(52.44 ± 1.87)%,与同浓度阳性对照效果相当(56.3 ± 2.54)%。此外,多酚化合物14、16具有较高的DPPH清除率,分别为(60.37 ± 2.83)%、(60.50 ± 2.97)%,均高于同浓度下阳性对照药物的DPPH清除率值,结果见图1。

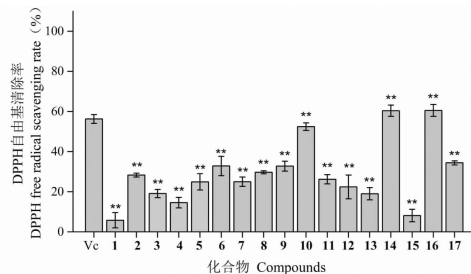


图1 化合物1~17的DPPH清除率( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

Fig. 1 DPPH clearance rate of compounds 1-17( $\bar{x} \pm s, n = 3$ )

注:与Vc比较, \*\*  $P < 0.01$ ; Vc为阳性对照,下同。Note: Compared with Vc group, \*\*  $P < 0.01$ ; Vc is a positive control group, the same below.

### 2.2.2 总抗氧化能力测定结果

单体化合物的总抗氧化能力结果显示,黄酮及香豆素类化合物仅有较弱的总抗氧化能力,木脂素类化合物抗氧化活性较为明显。其中木脂素类化合物9的总抗氧化能力为(65.44 ± 3.11) U/mmol,酚酸化合物13总抗氧化能力为(79.58 ± 3.31) U/mmol,多酚类化合物16总抗氧化能力为(85.39 ± 6.31) U/mmol,均显著大于同浓度下阳性药物Vc

的总抗氧化能力( $59.74 \pm 4.67$ ) U/mmol, 实验结果见图 2。

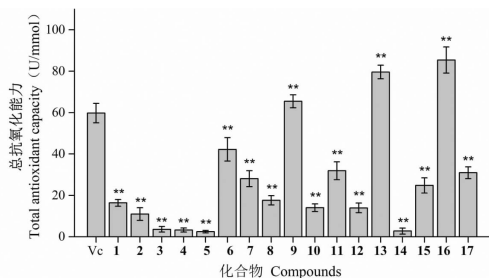


图 2 化合物 1~17 的总抗氧化能力 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Fig. 2 Total antioxidant capacity of compounds 1-17 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

### 2.2.3 超氧阴离子清除能力

结果显示木脂素类化合物及多酚类化合物具有一定的超氧阴离子清除能力, 其中化合物 9 的清除率为 ( $35.50 \pm 4.1$ )%, 化合物 13 的清除率为 ( $40.66 \pm 2.5$ )%, 化合物 16 的清除率为 ( $46.31 \pm 5.5$ )%, 实验结果见图 3。

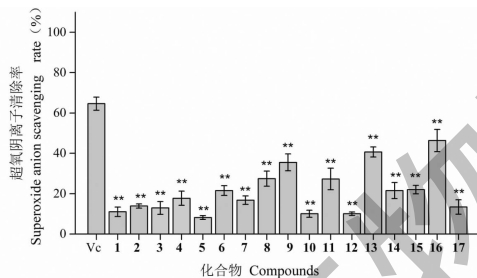


图 3 化合物 1~17 的超氧阴离子清除率 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

Fig. 3 Superoxide anion scavenging rate of compounds 1-17 ( $\bar{x} \pm s, n=3$ )

## 3 讨论与结论

人体内产生的过量自由基会攻击体内脂质、蛋白质、DNA 等生物大分子, 破坏细胞正常结构, 干扰人体的正常代谢活动, 从而引起疾病并加速人体衰老。因此寻找外源性抗氧化剂对于维持人体正常代谢是非常有必要的, 天然抗氧化剂由于其低毒、高效的特点, 已经逐渐进入了研究者的视野<sup>[24]</sup>。

本研究从土家族民间药物地枇杷中分离并鉴定得到 17 个化合物, 包括黄酮、香豆素、木脂素、多酚等化合物结构类型。由于抗氧化实验的多样性及复杂性, 通常要求抗氧化活性采用 2 种以上的抗氧化活性方法进行测定。本实验通过测定化合物的 DPPH 清除率、总抗氧化能力、超氧阴离子清除能力, 来

对地枇杷中分离得到的化合物进行一个简单的活性测定。发现木脂素类化合物及多酚、酚酸类化合物具有较强的抗氧化活性, 甚至超过同浓度阳性对照的抗氧化能力。表明地枇杷中木脂素及多酚类化合物可能为其抗氧化活性药效物质基础。本研究进一步丰富了地枇杷的化学成分及药理活性, 提示地枇杷可能具有较大的被开发为天然抗氧化剂的潜能, 为土家族民间用药地枇杷的开发与利用奠定基础。

### 参考文献

- 1 Chinese Flora Editing Committee. Flora of China (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1998: 156-158.
- 2 Lan M. Southern Yunnan Materia Medica (滇南本草) [M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 1977: 231-233.
- 3 "National Compilation of Chinese Herbal Medicine" Compilation Group. National Compilation of Chinese Herbal Medicine (全国中草药汇编) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1996: 345.
- 4 Hubei Provincial Drug Administration. Quality standard of traditional Chinese medicine in Hubei Province (湖北省中药材质量标准) [M]. Beijing: Chinese Medicine Science and Technology Publishing House, 2018: 80-81.
- 5 Zhang WP, Zhang XP, Liu N, et al. A review on ethnic medicine *Ficus tikoua* Bur. [J]. Mod Chin Med (中国现代中药), 2016, 18: 531-534.
- 6 Yang SB, Wang W, Zhang RZ, et al. Antioxidant and antibacterial activity of *Ficus tikoua* Bur. roots [J]. J Yunnan Minzu Univ: Nat Sci (云南民族大学学报: 自然科学版), 2013, 22: 235-238.
- 7 Ji LL, Wang X, Zhong JX, et al. Chemical composition and antioxidant activity of *Cornus officinalis* [J]. Mod Food Sci Technol (现代食品科技), 2019, 35(5): 137-143.
- 8 Uddin GM, Lee HJ, Jeon JS, et al. Isolation of prenylated isoflavonoids from *Cudrania tricuspidata* fruits that inhibit A2E photooxidation [J]. Nat Prod Sci, 2011, 17: 206-211.
- 9 Zhang S, Liu X, Zhang ZL, et al. Isolation and identification of the phenolic compounds from the roots of *Sanguisorba officinalis* L. and their antioxidant activities [J]. Molecules, 2012, 17: 13917-13922.
- 10 Nur KK, Lim PC, Amin I, et al. Isolation of antioxidative compounds from *Micromelum minutum* guided by preparative thin layer chromatography-2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (PTLC-DPPH) bioautography method [J]. Food Chem, 2018, 272: 185-191.
- 11 Liu H, Bai YJ, Chen YY, et al. Studies on chemical constitu-

- ents from seed of *Psoralea corylifolia* [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2008, 33:1410-1412.
- 12 Saeed MA, Sabir AW. Irritant and cytotoxic coumarins from *Angelica glauca* Edgew roots [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(1):49-51.
- 13 Jin HL, Wan JJ, Eun SY, et al. The chemical constituent and their antioxidant activity of the stem of *Rhododendrom mucronulatum* [J]. *Nat Prod Sci*, 2005, 11(2):97-102.
- 14 Oh MH, Park KH, Kim MH, et al. Anti-oxidative and anti-inflammatory effects of phenolic compounds from the Stems of *Quercus acuta* Thunberg [J]. *Asian J Chem*, 2014, 26:4582-4586.
- 15 Xiong Y, Du CX, Duan YS, et al. Chemical constituents and pharmacological activities of *Sedum aizoon* form Guizhou province [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2019, 50:5404-5410.
- 16 Zhang YH, Zhang JM, Tang LJ, et al. Studies on the chemical constituents of *Lysimachia paridiformis* Franch. var. *stenophylla* Franch [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2010, 21:584-585.
- 17 Cao X, Li CJ, Yang JZ, et al. Study on chemical constituents from leaves of *Tripterygium wilfordii* [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2011, 36:1028-1031.
- 18 Li X, Luo JG, Wang XB, et al. Phenolics from *Leontopodium leontopodioides* inhibiting nitric oxide production [J]. *Fitoterapia*, 2012, 83:883-887.
- 19 Zhang YW, Sun WX, Li X, et al. Two new compounds from *Helichrysum arenarium* (L.) [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2009, 11:289-293.
- 20 Bruno R, Marta M, Barbara B, et al. Structure-property-activity relationship of phenolic acids and derivatives. Protocatechuic acid alkyl esters [J]. *J Agr Food Chem*, 2010, 58:6986-6993.
- 21 Yang BJ, Zeng ZQ, Song Y, et al. Terpenes from *Carpesium abrotanoides* L. and their anti-tumor activity [J]. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2021, 33:951-955.
- 22 Qin YM, Wu YP, Ou DH, et al. Chemical constituents from *Euphorbia helioscopia* [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 2018, 49:1520-1524.
- 23 Li Y, Li KJ, Duan JY, et al. A novel heterodimer of coumaric acid glucosides from the Chinese fern *Polypodium hastatum* [J]. *Chem Nat Compd*, 2018, 54:1041-1043.
- 24 Wang ZL, Yang LY, Zhang XH, et al. Research progress on active anti-oxidative components from natural products [J]. *Drug Eval Res* (药物评价研究), 2012, 35:386-390.

致谢:对以下合作单位参与本刊的学术建设表示由衷的感谢!

昆明医科大学药学院

西南交通大学生命科学与工程学院

西南交通大学期刊社