

苗药血人参中黄酮类化学成分研究

张云封¹, 咎妮利¹, 朱枝祥¹, 王文萱¹, 刘莉², 张仕林², 宋月林¹, 霍会霞¹, 屠鹏飞¹, 赵云芳^{1*}, 李军^{1*}

1. 北京中医药大学中药学院 中药现代研究中心, 北京 100029

2. 贵州汉方药业有限公司, 贵州 贵阳 550081

摘要: 目的 研究苗药血人参(茸毛木蓝 *Indigofera stachyodes* 干燥根)中的化学成分。方法 采用硅胶、ODS、Sephadex LH-20 柱色谱和半制备高效液相色谱技术对血人参中的化学成分进行分离纯化, 通过其理化性质和 NMR、MS 等谱学数据进行结构鉴定。结果 从血人参乙醇提取物的醋酸乙酯萃取部位分离鉴定了 24 个黄酮类化合物, 分别鉴定为芒柄花素(1)、7-羟基-3',4'-二甲氧基异黄酮(2)、染料木素(3)、毛蕊异黄酮(4)、大豆素(5)、farnisin(6)、3',4',7-三羟基黄酮(7)、木犀草素(8)、漆黄素(9)、甘草素(10)、erycibenin D(11)、3',4',7-三羟基二氢黄酮(12)、二氢山柰酚(13)、黄颜色素(14)、6,4'-二羟基-3'-甲氧基橙酮(15)、硫黄菊素(16)、(-)-3',4',7-三羟基-3'-甲氧基黄烷(17)、儿茶素(18)、表儿茶素(19)、(-)-epicatechin-3-O-*p*-hydroxybenzoate(20)、美迪紫檀素-3-O- β -D-葡萄糖苷(21)、2',4'-二甲氧基-3'-羟基异黄烷-6-O- β -D-葡萄糖苷(22)、7-羟基色原酮(23)和 5,7-二羟基色原酮(24)。结论 化合物 2、5~7、11~15、17、20~24 为首次从木蓝属植物中分离得到, 化合物 1、10 和 16 为首次从血人参中分离得到。化合物 3、7、8、10、15 和 16 能够抑制 LPS 诱导巨噬细胞 RAW 264.7 释放 NO, 其半数抑制浓度(IC₅₀) 在 7.3~27.3 μ mol/L。

关键词: 血人参; 黄酮; 抗炎; 甘草素; 黄颜色素; 6,4'-二羟基-3'-甲氧基橙酮; 硫黄菊素; 美迪紫檀素-3-O- β -D-葡萄糖苷
中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2021)12-3485-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.12.003

Flavonoids from roots of Miao medicine *Indigofera stachyodes*

ZHANG Yun-feng¹, ZAN Ni-li¹, ZHU Zhi-xiang¹, WANG Wen-xuan¹, LIU Li², ZHANG Shi-li², SONG Yue-lin¹, HUO Hui-xia¹, TU Peng-fei¹, ZHAO Yun-fang¹, LI Jun¹

1. Modern Research Center for Traditional Chinese Medicine, School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

2. Guizhou Hanfang Pharmaceutical Co., Ltd., Guiyang 550081, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents from the roots of Miao medicine *Indigofera stachyodes*. **Methods** The compounds were isolated and purified by various column chromatographies and their structures were identified by physicochemical properties and spectroscopic data. **Results** Twenty-four compounds were isolated from the EtOAc extract from the roots of *I. stachyodes* and identified as formononetin (1), 7-hydroxy-3',4'-dimethoxyisoflavone (2), genistein (3), calycosin (4), daidzein (5), farnisin (6), 3',4',7-trihydroxyflavone (7), luteolin (8), fisetin (9), liquiritigenin (10), ercibenin D (11), 3,4',7-trihydroxyflavanone (12), dihydrokaempferol (13), fustin (14), 6,4'-dihydroxy-3'-methoxyaurone (15), sulfuretin (16), (-)-3,4',7-trihydroxy-3'-methoxyflavan (17), catechin (18), epicatechin (19), (-)-epicatechin-3-O-*p*-hydroxybenzoate (20), medicarpin-3-O- β -D-glucoside (21), 2',4'-dimethoxy-3'-hydroxy-isoflavan-6-O- β -D-glucoside (22), 7-hydroxychromone (23) and 5,7-dihydroxychromone (24). **Conclusion** Compounds 2, 5~7, 11~15, 17, and 20~24 are firstly isolated from the genus *Indigofera*, compounds 1, 10 and 16 are obtained from the roots of *I. stachyodes* for the first time. Compounds 3, 7, 8, 10, 15 and 16 exhibited significant inhibition of nitric oxide production in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells with IC₅₀ values in the

收稿日期: 2021-03-22

基金项目: 国家重点研发计划“中医药现代化研究”重点专项资助项目(2018YFC1706402); 国家重点研发计划“中医药现代化研究”重点专项资助项目(2018YFC1706804)

作者简介: 张云封(1993—), 男, 博士在读, 研究方向为中药药效物质。E-mail: zhangyunfeng2213@163.com

*通信作者: 赵云芳, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为中药药效物质与质量评价。E-mail: yunfang.zhao@163.com

李军, 研究员, 博士生导师, 研究方向为中药药效物质、作用机制和质量评价研究。E-mail: drlj666@163.com

range of 7.3—27.3 $\mu\text{mol/L}$.

Key words: *Indigofera stachyodes* Lindl.; flavonoid; anti-inflammatory activity; liquiritigenin; fustin; 6,4'-dihydroxy-3'-methoxyaurone; sulfuretin; medicarpin-3-O- β -D-glucoside

血人参为豆科蝶形花亚科 (Papilionoideae) 木蓝属植物茸毛木蓝 *Indigofera stachyodes* Lindl. 的干燥根, 主要分布于我国湖北、广西、贵州、云南等地, 其为贵州苗族常用药, 味甘、微苦, 性温, 具有滋阴补虚、调经摄血、活血舒筋等功效, 主治崩漏、体虚久痢、肠风下血、溃疡不敛、风湿痹痛、跌打损伤、疳积等症^[1]。文献报道, 血人参主要含有黄酮类和甾醇类等成分, 具有抗炎、抗菌和抗氧化等药理活性^[2-4]。课题组前期发现, 血人参乙醇提取物的醋酸乙酯萃取部位能够抑制脂多糖 (LPS) 诱导 RAW 264.7 巨噬细胞释放一氧化氮 (NO), 半数抑制浓度 (IC_{50}) 值为 58.9 $\mu\text{g/mL}$ 。为阐明其药效物质, 本研究对血人参乙醇提取物的醋酸乙酯萃取部位进行了系统的化学成分研究, 共分离鉴定了 24 个黄酮类成分, 分别鉴定为芒柄花素 (formononetin, **1**)、7-羟基-3',4'-二甲氧基异黄酮 (7-hydroxy-3',4'-dimethoxy-isoflavone, **2**)、染料木素 (genistein, **3**)、毛蕊异黄酮 (calycosin, **4**)、大豆素 (daidzein, **5**)、farnisin (**6**)、3',4',7-三羟基黄酮 (3',4',7-trihydroxyflavone, **7**)、木犀草素 (luteolin, **8**)、漆黄素 (fisetin, **9**)、甘草素 (liquiritigenin, **10**)、erycibenin D (**11**)、3,4',7-三羟基二氢黄酮 (3,4',7-trihydroxyflavanone, **12**)、二氢山柰酚 (dihydrokaempferol, **13**)、黄颜木素 (fustin, **14**)、6,4'-二羟基-3'-甲氧基橙酮 (6,4'-dihydroxy-3'-methoxyaurone, **15**)、硫黄菊素 (sulfuretin, **16**)、(-)-3,4',7-三羟基-3'-甲氧基黄烷 [(-)-3,4',7-trihydroxy-3'-methoxyflavan, **17**]、儿茶素 (catechin, **18**)、表儿茶素 (epicatechin, **19**)、(-)-epicatechin-3-O-p-hydroxybenzoate (**20**)、美迪紫檀素-3-O- β -D-葡萄糖苷 (medicarpin-3-O- β -D-glucoside, **21**)、2',4'-二甲氧基-3'-羟基异黄烷-6-O- β -D-葡萄糖苷 (2',4'-dimethoxy-3'-hydroxy-isoflavan-6-O- β -D-glucoside, **22**)、7-羟基色原酮 (7-hydroxychromone, **23**) 和 5,7-二羟基色原酮 (5,7-dihydroxychromone, **24**)。其中, 化合物 **2**、**5**~**7**、**11**~**15**、**17**、**20**~**24** 均为首次从木蓝属植物中分离得到, 化合物 **1**、**10** 和 **16** 为首次从血人参中分离得到。化合物 **3**、**7**、**8**、**10**、**15** 和 **16** 能够抑制 LPS 诱导巨噬细胞 RAW 264.7 释

放 NO, 其 IC_{50} 在 7.3~27.3 $\mu\text{mol/L}$ 。

1 仪器与材料

1.1 仪器与试剂

高效液相-离子阱-飞行时间质谱仪 (日本岛津公司); Varian Inova-500 型核磁共振仪 (美国 Varian 公司); 岛津 LC-20AT 半制备型高效液相 (日本岛津公司); 半制备 HPLC 色谱柱 (YMC-Pack ODS-A, 250 mm $\times$ 10 mm, 5 μm ; SPOLAR C₁₈ S5, 250 mm $\times$ 10 mm, 5 μm); 硅胶 GF₂₅₄ 预制薄层色谱板 (青岛海洋化工厂); 柱色谱硅胶 (200~300 目, 青岛海洋化工厂); ODS (40~63 μm , 德国 Merck 公司); Sephadex™ LH-20 (瑞典 GE Healthcare Bio-Sciences AB 公司); 色谱甲醇和乙腈 (美国 Fisher 公司); 提取分离所用石油醚、正己烷、醋酸乙酯、二氯甲烷和甲醇均为天津市致远化学试剂有限公司的分析纯试剂; 吲哚美辛和脂多糖 (Sigma-Aldrich 公司); NO 检测试剂盒 (北京普利莱基因技术有限公司)。

1.2 细胞株

小鼠巨噬细胞系 RAW 264.7 购自北京协和医学院基础医学研究所细胞中心。

1.3 药材

血人参于 2017 年 2 月采自贵州省六枝特区, 经北京大学药学院屠鹏飞教授鉴定为茸毛木蓝 *I. stachyodes* Lindl. 的干燥根。药材标本 (ZY17020807) 存放于北京中医药大学中药学院中药现代研究中心。

2 方法

2.1 提取与分离

血人参药材 (20 kg) 干燥、粉碎后, 依次用 95%、70%、50% 乙醇回流提取 (每次溶剂 120 L, 回流 2 h), 提取液减压回收溶剂, 得到总浸膏 (3.2 kg)。总浸膏用 50% 甲醇-水分散后, 依次用正己烷、醋酸乙酯萃取, 得到正己烷部位 (20.2 g)、醋酸乙酯部位 (945.4 g) 和水部位 (1628.0 g)。

醋酸乙酯部位 (418.4 g) 经硅胶 (200~300 目) 柱色谱分离, 正己烷-醋酸乙酯 (1:0 $\rightarrow$ 0:1) 梯度洗脱得到 10 个流分 (Fr. A~J)。Fr. B (8.57 g) 经硅胶柱色谱, 正己烷-醋酸乙酯 (1:0 $\rightarrow$ 0:1) 梯度洗脱得到 11 个流分 (Fr. B1~B11)。Fr. B9 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (1:1) 洗

脱得到 9 个流分 (Fr. B9a~B9i)。Fr. B9d 经半制备液相[乙腈-水 (35:65)]分离纯化得到化合物 **1** ($t_R=27.0$ min, 4.0 mg); Fr. B9g 经半制备液相[乙腈-水 (25:75)]分离纯化得到化合物 **10** ($t_R=23.0$ min, 43.2 mg); Fr. B9h 经半制备液相[甲醇-水 (65:35)]分离纯化得到化合物 **3** ($t_R=16.0$ min, 1.5 mg)。Fr. B10 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (1:1) 洗脱得到 9 个流分 (Fr. B10a~B10i)。Fr. B10d 经半制备液相[乙腈-水 (35:65)]分离纯化得到化合物 **2** ($t_R=20.0$ min, 2.5 mg); Fr. B10g 经半制备液相[乙腈-水 (5:95→55:45)]分离得到化合物 **23** ($t_R=15.0$ min, 26.5 mg) 和 4 个流分 (Fr. B10gb~B10ge), Fr. B10gb 经半制备液相[甲醇-水 (35:65)]分离纯化得到化合物 **17** ($t_R=17.0$ min, 5.2 mg) 和 **11** ($t_R=25.0$ min, 30.1 mg); Fr. B10gc 经半制备液相[乙腈-水 (27:73)]分离纯化得到化合物 **4** ($t_R=23.0$ min, 2.9 mg); Fr. B10gd 经半制备液相[乙腈-水 (35:65)]分离纯化得到化合物 **15** ($t_R=17.0$ min, 7.3 mg)。Fr. C (1.85 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (1:1) 洗脱得到 3 个流分 (Fr. C1~C3)。Fr. C2 (1.60 g) 经 ODS 分离, 甲醇-水 (20:80~100:0) 梯度洗脱, TLC 检测, 合并得 8 个流分 (Fr. C2a~C2h)。Fr. C2e 经半制备液相[乙腈-水 (38:62)]分离纯化得到化合物 **6** ($t_R=10.0$ min, 2.8 mg); Fr. C2e 再经半制备液相[甲醇-水 (66:34)]分离纯化得到化合物 **5** ($t_R=9.0$ min, 2.8 mg); Fr. C2c 经半制备液相[乙腈-水 (22:78)]分离纯化得到化合物 **12** ($t_R=19.0$ min, 9.0 mg)、**24** ($t_R=23.0$ min, 1.2 mg) 和 **13** ($t_R=27.0$ min, 2.7 mg)。Fr. G (7.25 g) 经 ODS 柱色谱, 甲醇-水 (10:90→100:0) 梯度洗脱得到 9 个流分 (Fr. G1~G9)。Fr. G6 出现白色沉淀, 经纯化后得到化合物 **21** (14.7 mg), 母液经 Sephadex LH-20 柱色谱, 二氯甲烷-甲醇 (1:1) 洗脱得到 5 个流分 (Fr. G6a~G6e)。Fr. G6c 经半制备液相[乙腈-水 (42:58)]分离纯化得到化合物 **7** ($t_R=9.0$ min, 4.3 mg) 和 **16** ($t_R=11.0$ min, 64.4 mg); Fr. G6c 再经半制备液相[甲醇-水 (50:50)]分离纯化得到化合物 **8** ($t_R=31.0$ min, 1.4 mg)。Fr. G7 (1.1 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 甲醇洗脱得到 5 个流分 (Fr. G7a~G7e), Fr. G7c 经半制备液相[甲醇-水 (65:35)]分离纯化得到化合物 **22** ($t_R=25.0$ min, 1.2 mg)。Fr. G5 (1.2 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 甲醇-水 (80:20)

洗脱得到 6 个流分 (Fr. G5a~G5f)。Fr. G5b 经半制备液相[甲醇-水 (33:67)]分离纯化得到化合物 **14** ($t_R=20.0$ min, 48.6 mg)。Fr. G5e 经半制备液相[乙腈-水 (30:70)]分离纯化得到化合物 **20** ($t_R=15.0$ min, 4.2 mg); Fr. G5e 再经半制备液相[乙腈-水 (35:65)]分离纯化得到化合物 **9** ($t_R=11.0$ min, 4.8 mg)。Fr. G4 (1.2 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱, 甲醇洗脱得到 5 个流分 (Fr. G4a~G4e), Fr. G4d 经半制备液相[甲醇-水 (22:78)]分离纯化得到化合物 **18** ($t_R=20.0$ min, 67.4 mg); Fr. G4d 再经半制备液相[乙腈-水 (27:73)]分离纯化得到化合物 **19** ($t_R=22.0$ min, 42.5 mg)。

2.2 细胞活力实验和抗炎活性实验^[5]

取对数期生长的 RAW 264.7 细胞制备细胞数量为 2×10^5 个/mL 细胞悬浮液, 加入 96 孔板, 每孔 100 μ L, 于 37 $^{\circ}$ C 在 5% CO_2 的培养箱中培养 24 h。吸出培养基, 加入浓度为 100 $\mu\text{mol/L}$ 的待测化合物或阳性对照药 (吲哚美辛), 孵育 24 h 后弃去培养基, 加入 0.5 mg/mL MTT, 37 $^{\circ}$ C 孵育 4 h, 弃去 MTT, 每孔加入 150 μ L DMSO, 置摇床上震荡 10 min, 待结晶充分溶解后测定 570 nm 吸光度 (A), 并计算化合物对 RAW 264.7 细胞生长的抑制率。

$$\text{细胞生长抑制率} = (A_{\text{空白}} - A_{\text{给药}}) / A_{\text{空白}}$$

抗炎活性采用抑制 NO 生成实验, 以 LPS 诱导的小鼠巨噬细胞 RAW 264.7 细胞为检测模型, 利用 Griess 法测定细胞培养上清中 NO 浓度。取对数期生长的 RAW 264.7 细胞以 2×10^5 个/mL 的浓度接种于 96 孔板, 于 37 $^{\circ}$ C、5% CO_2 的培养箱中培养 24 h。弃去培养基, 将待测化合物用培养基稀释成不同浓度的工作液, 每个浓度设 3 个复孔。作用于 RAW 264.7 细胞 1 h 后, 加入终质量浓度 0.5 mg/mL 的 LPS 刺激 RAW 264.7 细胞, 37 $^{\circ}$ C 孵育 4 h 后, 采用 Griess 试剂盒测定细胞上清液中的 NO 浓度。

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 267 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。

$^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CD_3OD) δ : 3.82 (3H, s, 4'-OCH₃), 6.58 (1H, brs, H-8), 6.76 (1H, dd, $J = 8.9$, 2.3 Hz, H-6), 6.97 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-3', 5'), 7.45 (2H, d, $J = 8.9$ Hz, H-2', 6'), 7.91 (1H, d, $J = 8.9$ Hz, H-5), 8.03 (1H, s, H-2); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CD_3OD) δ : 55.7 (4'-OCH₃), 104.0 (C-8), 114.7 (C-6, 3', 5'), 120.5 (C-10), 125.1 (C-3), 126.2 (C-1'), 127.5

(C-5), 131.4 (C-2', 6'), 154.0 (C-2), 159.0 (C-9), 160.9 (C-4'), 161.0 (C-7), 178.1 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **1** 为芒柄花素。

化合物 **2**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 297 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, DMSO- d_6) δ : 3.78 (6H, s, 3', 4'-OCH₃), 6.87 (1H, d, J = 1.5 Hz, H-8), 6.94 (1H, dd, J = 9.0, 1.5 Hz, H-6), 6.99 (1H, d, J = 8.3 Hz, H-5'), 7.12 (1H, dd, J = 8.3, 2.0 Hz, H-6'), 7.19 (1H, brs, H-2'), 7.98 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-5), 8.36 (1H, s, H-2), 10.80 (1H, s, 7-OH); ¹³C-NMR (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 55.5 (3', 4'-OCH₃), 102.1 (C-8), 111.5 (C-5'), 112.8 (C-2'), 115.2 (C-6), 116.6 (C-10), 121.2 (C-6'), 123.3 (C-3), 124.6 (C-1'), 127.3 (C-5), 148.3 (C-3'), 148.6 (C-4'), 153.3 (C-2), 157.4 (C-9), 162.6 (C-7), 174.6 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **2** 为 7-羟基-3',4'-二甲氧基异黄酮。

化合物 **3**: 灰白色粉末, ESI-MS m/z : 269 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.22 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 6.34 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.84 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-3', 5'), 7.37 (2H, d, J = 8.1 Hz, H-2', 6'), 8.06 (1H, s, H-2); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 94.8 (C-8), 100.1 (C-6), 106.3 (C-10), 116.2 (C-3', 5'), 123.3 (C-3), 124.7 (C-1'), 131.0 (C-2', 6'), 154.8 (C-2), 158.8 (C-4'), 159.7 (C-9), 163.9 (C-5), 166.0 (C-7), 182.3 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **3** 为染料木素。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 283 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 3.89 (3H, s, 4'-OCH₃), 6.84 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 6.85 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-5'), 6.93 (1H, dd, J = 8.7, 2.2 Hz, H-6), 6.96 (1H, dd, J = 8.2, 1.9 Hz, H-6'), 7.16 (1H, d, J = 1.9 Hz, H-2'), 8.05 (1H, d, J = 8.7 Hz, H-5), 8.16 (1H, s, H-2); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 56.4 (4'-OCH₃), 103.3 (C-8), 114.0 (C-5'), 116.2 (C-6), 116.7 (C-2'), 118.0 (C-10), 122.9 (C-6'), 124.8 (C-3), 125.9 (C-1'), 128.5 (C-5), 147.8 (C-3'), 148.8 (C-4'), 154.8 (C-2), 159.8 (C-9), 165.1 (C-7), 178.1 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **4** 为毛蕊异黄酮。

化合物 **5**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 253 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.84 (1H, d, J = 2.4 Hz, H-8), 6.85 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-3', 5'), 6.93 (1H, dd, J = 8.8, 2.4 Hz, H-6), 7.37 (2H, d, J = 8.6 Hz,

H-2', 6'), 8.05 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-5), 8.13 (1H, s, H-2); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 103.2 (C-8), 116.2 (C-3', 5'), 116.6 (C-6), 118.1 (C-10), 124.3 (C-3), 125.9 (C-1'), 128.5 (C-5), 131.4 (C-2', 6'), 154.6 (C-2), 158.7 (C-9), 159.8 (C-4'), 164.9 (C-7), 178.2 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **5** 为大豆素。

化合物 **6**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 283 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 3.98 (3H, s, 4'-OCH₃), 6.71 (1H, s, H-3), 6.93 (1H, dd, J = 8.8, 2.2 Hz, H-6), 6.95 (1H, d, J = 8.3 Hz, H-5'), 6.99 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 7.51 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-2'), 7.54 (1H, dd, J = 8.3, 2.1 Hz, H-6'), 7.97 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-5); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 56.6 (4'-OCH₃), 103.5 (C-8), 105.5 (C-3), 110.6 (C-2'), 116.3 (C-6), 116.8 (C-5'), 117.2 (C-10), 121.6 (C-6'), 124.0 (C-1'), 127.7 (C-5), 149.5 (C-3'), 151.9 (C-4'), 159.7 (C-9), 165.1 (C-7), 165.9 (C-2), 180.3 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **6** 为 farnisin。

化合物 **7**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 269 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.63 (1H, s, H-3), 6.91~6.97 (3H, m, H-6, 8, 5'), 7.39~7.42 (2H, m, H-2', 6'), 7.96 (1H, d, J = 8.6 Hz, H-5); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 103.4 (C-8), 105.1 (C-3), 114.1 (C-2'), 116.2 (C-6), 116.8 (C-5'), 117.2 (C-10), 120.2 (C-6'), 124.0 (C-1'), 127.7 (C-5), 147.0 (C-3'), 150.8 (C-4'), 159.6 (C-9), 164.9 (C-7), 166.0 (C-2), 180.3 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **7** 为 3',4',7-三羟基黄酮。

化合物 **8**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 285 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.21 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-6), 6.44 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.55 (1H, s, H-3), 6.90 (1H, d, J = 8.2 Hz, H-5'), 7.37~7.40 (2H, m, H-2', 6'); ¹³C-NMR (125 MHz, CD₃OD) δ : 95.0 (C-8), 100.1 (C-6), 103.8 (C-3), 105.3 (C-10), 114.1 (C-2'), 116.8 (C-5'), 120.3 (C-1'), 123.7 (C-6'), 147.1 (C-3'), 151.0 (C-4'), 159.4 (C-9), 163.2 (C-5), 166.1 (C-2), 166.3 (C-7), 183.9 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **8** 为木犀草素。

化合物 **9**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 285 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR (500 MHz, CD₃OD) δ : 6.89 (1H, d, J = 8.0 Hz, H-5'), 6.90 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-8), 6.91 (1H, dd,

$J = 9.5, 2.0$ Hz, H-6), 7.67 (1H, dd, $J = 8.0, 1.5$ Hz, H-6'), 7.77 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2'), 7.98 (1H, d, $J = 9.5$ Hz, H-5); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 103.0 (C-8), 115.4 (C-10), 115.9 (C-2'), 116.0 (C-6), 116.2 (C-5'), 121.6 (C-6'), 124.4 (C-1'), 127.5 (C-5), 138.7 (C-3), 146.2 (C-2), 147.5 (C-3'), 148.6 (C-4'), 158.5 (C-9), 164.4 (C-7), 174.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **9** 为漆黄素。

化合物 **10**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 255 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.64 (1H, dd, $J = 16.9, 2.9$ Hz, H-3b), 2.99 (1H, dd, $J = 16.9, 13.2$ Hz, H-3a), 5.30 (1H, dd, $J = 13.2, 2.9$ Hz, H-2), 6.33 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-8), 6.47 (1H, dd, $J = 8.7, 2.3$ Hz, H-6), 6.81 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-3', 5'), 7.28 (2H, d, $J = 8.6$ Hz, H-2', 6'), 7.70 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 44.8 (C-3), 80.9 (C-2), 103.8 (C-8), 111.8 (C-6), 114.8 (C-10), 116.3 (C-3', 5'), 129.0 (C-2', 6'), 129.8 (C-5), 131.2 (C-1'), 158.8 (C-4'), 165.5 (C-9), 166.8 (C-7), 193.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **10** 为甘草素。

化合物 **11**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 301 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 3.87 (3H, s, 3'-OCH₃), 4.54 (1H, d, $J = 11.9$ Hz, H-3), 4.98 (1H, d, $J = 11.9$ Hz, H-2), 6.33 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.52 (1H, dd, $J = 8.7, 2.2$ Hz, H-6), 6.84 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.98 (1H, dd, $J = 8.2, 1.9$ Hz, H-6'), 7.12 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2'), 7.71 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 56.4 (3'-OCH₃), 74.5 (C-3), 85.6 (C-2), 103.7 (C-8), 112.1 (C-6), 112.4 (C-2'), 113.4 (C-10), 115.9 (C-5'), 122.2 (C-6'), 130.0 (C-5), 130.1 (C-1'), 148.2 (C-4'), 148.8 (C-3'), 165.0 (C-9), 166.9 (C-7), 194.4 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **11** 为 erycibenin D。

化合物 **12**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 273 $[\text{M}+\text{H}]^+$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 4.52 (1H, d, $J = 12.0$ Hz, H-3), 5.00 (1H, d, $J = 12.0$ Hz, H-2), 6.33 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-8), 6.53 (1H, dd, $J = 8.7, 2.2$ Hz, H-6), 6.84 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-3', 5'), 7.37 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-2', 6'), 7.73 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 74.5 (C-3), 85.5 (C-2), 103.7 (C-8), 112.1 (C-6), 113.4 (C-10), 116.1 (C-3', 5'), 129.5 (C-1'), 130.1 (C-5), 130.4 (C-2', 6'),

159.2 (C-4'), 165.1 (C-9), 166.8 (C-7), 194.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **12** 为 3,4',7-三羟基二氢黄酮。

化合物 **13**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 287 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 4.55 (1H, d, $J = 11.6$ Hz, H-3), 4.98 (1H, d, $J = 11.6$ Hz, H-2), 5.88 (1H, brs, H-6), 5.93 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-8), 6.83 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-3', 5'), 7.35 (2H, d, $J = 8.2$ Hz, H-2', 6'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 73.6 (C-3), 85.0 (C-2), 96.3 (C-8), 97.3 (C-6), 101.8 (C-10), 116.1 (C-3', 5'), 129.3 (C-1'), 130.4 (C-2', 6'), 159.2 (C-4'), 164.5 (C-9), 165.3 (C-7), 168.7 (C-5), 198.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **13** 为二氢山柰酚。

化合物 **14**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 287 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 4.49 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-3), 4.93 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-2), 6.32 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.52 (1H, dd, $J = 8.7, 2.0$ Hz, H-6), 6.81 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.86 (1H, dd, $J = 8.2, 1.5$ Hz, H-6'), 7.00 (1H, brs, H-2'), 7.70 (1H, d, $J = 8.7$ Hz, H-5); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 74.5 (C-3), 85.5 (C-2), 103.6 (C-8), 112.1 (C-6), 113.3 (C-10), 115.8 (C-2'), 116.0 (C-5'), 120.9 (C-6'), 130.0 (C-5), 130.1 (C-1'), 146.1 (C-4'), 147.0 (C-3'), 165.0 (C-9), 166.7 (C-7), 194.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **14** 为黄颜木素。

化合物 **15**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 283 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 3.94 (3H, s, 3'-OCH₃), 6.70 (1H, dd, $J = 8.4, 2.0$ Hz, H-5), 6.71 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-7), 6.74 (1H, s, H-10), 6.88 (1H, d, $J = 8.3$ Hz, H-5'), 7.42 (1H, dd, $J = 8.3, 1.5$ Hz, H-6'), 7.52 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-2'), 7.60 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-4); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 56.4 (3'-OCH₃), 99.4 (C-7), 114.1 (C-9), 114.5 (C-5'), 114.8 (C-10), 115.5 (C-2'), 116.7 (C-5), 125.5 (C-1'), 126.8 (C-6'), 127.4 (C-4), 147.8 (C-2), 149.2 (C-3'), 150.4 (C-4'), 168.3 (C-8), 169.8 (C-6), 184.4 (C-3)。以上数据与文献报道基本一致^[19], 故鉴定化合物 **15** 为 6,4'-二羟基-3'-甲氧基橙酮。

化合物 **16**: 橙色粉末, ESI-MS m/z : 269 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.65~6.69 (3H, m, H-5, 7, 10), 6.82 (1H, dd, $J = 8.2, 2.0$ Hz, H-5'), 7.20 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6'), 7.50 (1H, d, $J = 2.0$ Hz,

H-2'), 7.57 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-4); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 99.3 (C-7), 114.1 (C-2'), 114.7 (C-9), 114.8 (C-10), 116.6 (C-5), 118.9 (C-5'), 125.5 (C-1'), 126.4 (C-6'), 126.8 (C-4), 146.6 (C-3'), 147.6 (C-2), 149.3 (C-4'), 168.3 (C-8), 169.7 (C-6), 184.4 (C-3)。以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **16** 为硫黄菊素。

化合物 **17**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 287 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.72 (1H, dd, $J = 15.6, 5.5$ Hz, H-4b), 2.90 (1H, dd, $J = 15.6, 8.5$ Hz, H-4a), 3.84 (3H, s, 3'- OCH_3), 4.03 (1H, m, H-3), 4.66 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-2), 6.29 (1H, d, $J = 2.4$ Hz, H-8), 6.35 (1H, dd, $J = 8.2, 2.4$ Hz, H-6), 6.80 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.85 (1H, dd, $J = 8.2, 2.0$ Hz, H-6'), 6.87 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.96 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 33.6 (C-4), 56.4 (3'- OCH_3), 68.8 (C-3), 83.2 (C-2), 103.6 (C-8), 109.6 (C-6), 111.8 (C-2'), 112.7 (C-10), 116.0 (C-5'), 121.2 (C-6'), 131.3 (C-1'), 132.1 (C-5), 147.5 (C-4'), 148.9 (C-3'), 156.2 (C-9), 157.9 (C-7)。以上数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **17** 为 (-)-3,4',7-三羟基-3'-甲氧基黄烷。

化合物 **18**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 289 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.53 (1H, dd, $J = 16.2, 8.1$ Hz, H-4b), 2.86 (1H, dd, $J = 16.2, 5.4$ Hz, H-4a), 4.01 (1H, m, H-3), 4.59 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-2), 5.88 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 5.95 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.72 (1H, dd, $J = 8.1, 1.6$ Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5'), 6.85 (1H, d, $J = 1.6$ Hz, H-2'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 28.3 (C-4), 68.6 (C-3), 82.6 (C-2), 95.4 (C-8), 96.2 (C-6), 100.7 (C-10), 115.1 (C-2'), 116.1 (C-5'), 120.0 (C-6'), 132.0 (C-1'), 146.0 (C-3'), 146.1 (C-4'), 156.7 (C-9), 157.4 (C-7), 157.6 (C-5)。以上数据与文献报道基本一致^[22], 故鉴定化合物 **18** 为儿茶素。

化合物 **19**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 289 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.75 (1H, dd, $J = 16.8, 1.5$ Hz, H-4b), 2.87 (1H, dd, $J = 16.8, 4.3$ Hz, H-4a), 4.16 (1H, m, H-3), 4.80 (1H, s, H-2), 5.94 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-6), 5.97 (1H, d, $J = 1.5$ Hz, H-8), 6.77 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.80 (1H, dd, $J = 8.2, 1.0$ Hz, H-6'), 6.99 (1H, brs, H-2'); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 29.2 (C-4), 67.3 (C-3), 79.7 (C-2),

95.8 (C-6), 96.3 (C-8), 100.0 (C-10), 115.2 (C-2'), 115.9 (C-5'), 119.4 (C-6'), 132.1 (C-1'), 145.6 (C-4'), 145.7 (C-3'), 157.2 (C-9), 157.4 (C-7), 157.8 (C-5)。以上数据与文献报道基本一致^[23], 故鉴定化合物 **19** 为表儿茶素。

化合物 **20**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 409 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.87 (1H, dd, $J = 17.4, 2.6$ Hz, H-4b), 3.01 (1H, dd, $J = 17.4, 4.6$ Hz, H-4a), 5.05 (1H, s, H-2), 5.52 (1H, m, H-3), 5.96 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6), 5.98 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 6.68 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.75 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-3'', 5''), 6.78 (1H, dd, $J = 8.2, 1.7$ Hz, H-6'), 6.95 (1H, d, $J = 1.7$ Hz, H-2'), 7.74 (2H, d, $J = 8.7$ Hz, H-2'', 6''); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 26.7 (C-4), 70.2 (C-3), 78.6 (C-2), 95.9 (C-6), 96.6 (C-8), 99.4 (C-10), 115.1 (C-2'), 116.0 (C-5'), 116.1 (C-3'', 5''), 119.2 (C-6'), 122.3 (C-1''), 131.5 (C-1'), 132.9 (C-2'', 6''), 146.0 (C-3', 4'), 157.9 (C-5, 7, 9), 163.4 (C-4''), 167.4 (-COO-)。以上数据与文献报道基本一致^[24], 故鉴定化合物 **20** 为 (-)-epicatechin-3-O-*p*-hydroxybenzoate。

化合物 **21**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 477 $[\text{M}+\text{HCOO}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 3.12~3.32 (4H, m, H-2'~5'), 3.44 (1H, m, H-6' α), 3.64~3.66 (3H, m, H-6 β , 6a, 6' β), 3.69 (3H, s, 9- OCH_3), 4.28 (1H, m, H-6 α), 4.84 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'), 5.60 (1H, d, $J = 6.5$ Hz, H-11a), 6.42 (1H, d, $J = 2.2$ Hz, H-4), 6.46 (1H, dd, $J = 8.2, 2.6$ Hz, H-8), 6.55 (1H, d, $J = 2.6$ Hz, H-10), 6.71 (1H, dd, $J = 8.5, 2.2$ Hz, H-2), 7.25 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-7), 7.39 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-1); ^{13}C -NMR (125 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) δ : 38.9 (C-6a), 55.3 (9- OCH_3), 60.7 (C-6'), 66.0 (C-6), 69.7 (C-4'), 73.2 (C-2'), 76.5 (C-3'), 77.1 (C-5'), 77.8 (C-11a), 96.4 (C-4), 100.3 (C-1'), 104.0 (C-10), 106.1 (C-8), 110.4 (C-2), 114.2 (C-11b), 119.2 (C-6b), 125.3 (C-7), 132.0 (C-1), 156.2 (C-4a), 158.5 (C-10a), 160.3 (C-9), 160.6 (C-3)。以上数据与文献报道基本一致^[25], 故鉴定化合物 **21** 为美迪紫檀素-3-O- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **22**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 463 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 2.86 (1H, dd, $J = 15.6, 4.4$ Hz, H-4b), 2.97 (1H, dd, $J = 15.6, 10.8$ Hz, H-4a), 3.73 (3H, s, 2'- OCH_3), 3.76 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-3), 3.82 (3H, s, 4'- OCH_3), 4.01 (1H, t, $J = 10.0$

Hz, H-2b), 4.27 (1H, m, H-2a), 4.65 (1H, d, $J = 7.5$ Hz, H-1'), 6.34 (1H, d, $J = 2.5$ Hz, H-5), 6.44 (1H, dd, $J = 8.5, 2.5$ Hz, H-7), 6.52 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.87 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6'), 6.96 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 31.3 (C-4), 33.4 (C-3), 55.6 (4'-OCH₃), 56.6 (2'-OCH₃), 62.0 (C-6'), 70.8 (C-2), 70.9 (C-4'), 75.3 (C-2'), 77.7 (C-5'), 78.3 (C-3'), 102.3 (C-1'), 104.5 (C-5'), 107.2 (C-5), 107.9 (C-7), 115.7 (C-10), 122.8 (C-1'), 124.2 (C-6'), 131.2 (C-8), 135.3 (C-3'), 150.0 (C-2'), 152.8 (C-4'), 156.5 (C-9), 160.5 (C-6)。以上数据与文献报道基本一致^[26], 故鉴定化合物 **22** 为 2', 4'-二甲氧基-3'-羟基异黄烷-6-O- β -D-葡萄糖苷。

化合物 **23**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 161 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.18 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-3), 6.75 (1H, d, $J = 2.3$ Hz, H-8), 6.85 (1H, dd, $J = 8.9, 2.3$ Hz, H-6), 7.89 (1H, d, $J = 8.9$ Hz, H-5), 7.96 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-2); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 103.5 (C-8), 112.7 (C-3), 116.6 (C-6), 118.2 (C-10), 127.9 (C-5), 157.7 (C-2), 160.1 (C-9), 165.2 (C-7), 179.5 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[27], 故鉴定化合物 **23** 为 7-羟基色原酮。

化合物 **24**: 灰白色粉末, ESI-MS m/z : 177 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H -NMR (500 MHz, CD_3OD) δ : 6.19 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-3), 6.21 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-6), 6.34 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-8), 7.97 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-2); ^{13}C -NMR (125 MHz, CD_3OD) δ : 95.1 (C-8), 100.2 (C-6), 106.6 (C-10), 111.6 (C-3), 158.1 (C-2), 159.9 (C-9), 163.5 (C-5), 166.2 (C-7), 183.4 (C-4)。以上数据与文献报道基本一致^[28], 故鉴定化合物 **24** 为 5,7-二羟基色原酮。

3.2 体外抗炎活性结果

利用 LPS 诱导的 RAW 264.7 巨噬细胞活化模型, 对分离得到的 24 个化合物进行了体外抗炎活性筛选, 使用 Griess 法测定 NO 的含量, 并计算 IC₅₀。结果显示化合物 **3**、**7**、**8**、**10**、**15**、**16** 能够抑制 LPS 诱导 RAW 264.7 巨噬细胞释放 NO, 其 IC₅₀ 值分别为 (27.3 $\pm$ 0.1)、(18.1 $\pm$ 0.3)、(9.5 $\pm$ 2.3)、(22.1 $\pm$ 3.6)、(22.8 $\pm$ 2.3)、(7.3 $\pm$ 1.6) $\mu\text{mol/L}$ [阳性对照药吲哚美辛 IC₅₀ 值 (41.2 $\pm$ 1.4) $\mu\text{mol/L}$]。这些结果表明, 血人参治疗炎症性疾病可能与其中所含黄酮类化合物有关, 其抗炎作用机制有待进一步研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 533.
- [2] 雷钟, 朱新宇, 杨宇莎, 等. 血人参乙酸乙酯部位保肝活性化学成分分离鉴定 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(7): 56-63.
- [3] 但成丽, 张艳焱, 张永萍, 等. 基于转基因斑马鱼炎症模型的血人参提取物抗炎活性筛选研究 [J]. 时珍国医国药, 2016, 27(11): 2617-2620.
- [4] Li Y Y. Antioxidant, α -glucosidase inhibitory activities in vitro and alloxan-induced diabetic rats protective effect of *Indigofera stachyodes* Lindl. root [J]. *J Med Plants Res*, 2012, doi: 10.5897/jmpr11.550.
- [5] 李月婷, 庞道然, 朱枝祥, 等. 牡荆子的化学成分与生物活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41(22): 4197-4203.
- [6] 何国浓, 王邦才, 王辉, 等. 藤梨根化学成分的研究 II [J]. 中华中医药杂志, 2016, 31(6): 2353-2355.
- [7] 余弯弯, 金晨, 双鹏程, 等. 丰城鸡血藤异黄酮及黄烷类化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40(12): 2363-2366.
- [8] 范超君, 陈湛娟, 鲍长余, 等. 白千层叶的化学成分研究 [J]. 林产化学与工业, 2012, 32(5): 97-100.
- [9] 陈君, 韦建华, 蔡少芳, 等. 倒地铃有效部位化学成分研究 [J]. 中药材, 2013, 36(2): 228-230.
- [10] 索志新, 斯建勇, 沈连钢, 等. 红车轴草的化学成分研究 [J]. 中草药, 2007, 38(1): 32-34.
- [11] Wang S Y, Sun Z L, Liu T, et al. Flavonoids from *Sophora moorcroftiana* and their synergistic antibacterial effects on MRSA [J]. *Phytother Res*, 2014, 28(7): 1071-1076.
- [12] Júnior G, de M Sousa C, Cavalheiro A, et al. Phenolic derivatives from fruits of *Dipteryx lacunifera* ducke and evaluation of their antiradical activities [J]. *Helv Chim Acta*, 2008, 91(11): 2159-2167.
- [13] da Costa M P, Bozinis M C, Andrade W M, et al. Antifungal and cytotoxicity activities of the fresh xylem Sap of *Hymenaea courbaril* L. and its major constituent fisetin [J]. *BMC Complement Altern Med*, 2014, 14: 245.
- [14] Lee E J, Yean M H, Jun H S, et al. Phytochemical studies on *Astragalus* roots (2)-flavonoids and a lignan [J]. *Nat Prod Sci*, 2008, 14(2): 131-137.
- [15] Morikawa T, Xu F M, Matsuda H, et al. Structures of new flavonoids, ercibenins D, E, and F, and NO production inhibitors from *Erycibe expansa* originating in Thailand [J]. *ChemInform*, 2007, doi: 10.1002/chin.200717199.
- [16] 陈虹霞, 王成章, 周昊, 等. 漆树木粉醇提取物中多酚化合物的分离及结构表征 [J]. 林产化学与工业, 2016, 36(6): 1-8.

- [17] 梁文娟, 马青云, 蒋合众, 等. 红毛丹果壳的化学成分研究 [J]. 中草药, 2011, 42(7): 1271-1275.
- [18] Shrestha S, Lee D Y, Park J H, *et al.* Flavonoids from the fruits of Nepalese sumac (*Rhus parviflora*) attenuate glutamate-induced neurotoxicity in HT22 cells [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2013, 22(4): 895-902.
- [19] Jang D S, Park E J, Hawthorne M E, *et al.* Potential cancer chemopreventive constituents of the seeds of *Dipteryx odorata* (tonka bean) [J]. *J Nat Prod*, 2003, 66(5): 583-587.
- [20] 巢剑非, 殷志琦, 叶文才, 等. 构树的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 2006, 31(13): 1078-1080.
- [21] Al-Mekhlafi N A, Shaari K, Abas F, *et al.* New flavan and alkyl α , β -lactones from the stem bark of *Horsfieldia superba* [J]. *Nat Prod Commun*, 2013, 8(4): 447-451.
- [22] Badr J M, Shaala L A, Youssef D T A. Loranthin: A new polyhydroxylated flavanocoumarin from *Plicosepalus acacia* with significant free radical scavenging and antimicrobial activity [J]. *Phytochem Lett*, 2013, 6(1): 113-117.
- [23] Li L, Tang H, Wu T, *et al.* Chemical composition of *Sorbus tianschanica* leaves [J]. *Chem Nat Compd*, 2010, 46(5): 811-812.
- [24] Hashimoto F, Nonaka G I, Nishioka I. Tannins and related compounds. LVI Isolation of four new acylated flavan-3-ols from oolong tea [J]. *Chem Pharm Bull*, 1987, 35(2): 611-616.
- [25] Abdel-Kader M. Two isoflavonoid glucoside derivatives from *Ononis serrata* growing in Egypt [J]. *Nat Prod Sci*, 2004, 10(6): 321.
- [26] 赵明, 段金殿, 黄文哲, 等. 贺兰山黄芪的化学成分研究 [J]. 中国药科大学学报, 2002, 33(4): 274-276.
- [27] 季霄, 吴士龙, 贾天柱, 等. 肉豆蔻的化学成分研究 [J]. 中草药, 2014, 45(23): 3367-3372.
- [28] 宋楷, 郑晓珂, 张靖柯, 等. 一年蓬的化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2016, 51(17): 1462-1466.

[责任编辑 王文倩]