

## 矮生胡枝子的化学成分研究

杜 锐<sup>1,2\*</sup>, 薛贵民<sup>1\*</sup>, 支燕乐<sup>1</sup>,  
赵珍珠<sup>1</sup>, 司盈盈<sup>1</sup>, 梁振豪<sup>1</sup>, 崔传豪<sup>1</sup>, 王彦志<sup>1</sup><sup>1</sup>河南中医药大学药学院, 郑州 450046; <sup>2</sup>河南中医药大学第一附属医院, 郑州 450000

**摘要:** 研究植物矮生胡枝子 (*Lespedeza forrestii*) 全株的化学成分。采用 Sephadex LH-20 和反相制备型 HPLC 等方法分离与纯化, 运用 NMR、MS 等波谱技术鉴定化合物结构。从矮生胡枝子的甲醇提取物中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为山柰酚-3-*O*- $\alpha$ -L-鼠李糖苷(1)、槲皮素-3-*O*- $\alpha$ -L-鼠李糖苷(2)、山柰酚-3-*O*-芸香糖苷(3)、槲皮素-3-*O*-芸香糖苷(4)、山柰酚-3-*O*-洋槐糖苷(5)、牡荆素(6)、荜草素(7)、维采宁-2(8)、染料木素(9)和 dalbergioidin(10), 均为首次从矮生胡枝子中分离得到。对化合物 1~10 在小鼠巨噬细胞 RAW 264.7 细胞株上进行抗炎活性的筛选显示, 在 20  $\mu$ mol/L 浓度下化合物 8 和 10 分别对 IL-6 和 IL-1 $\beta$  的 mRNA 表达水平具有抑制活性, 显示一定的抗炎作用。

**关键词:** 矮生胡枝子; 抗炎活性; 黄酮醇氧苷; 黄酮碳苷

中图分类号: R284.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2023)6-0981-06

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2023.6.007

Chemical constituents of *Lespedeza forrestii*DU Kun<sup>1,2\*</sup>, XUE Gui-min<sup>1\*</sup>, ZHI Yan-le<sup>1</sup>,  
ZHAO Zhen-zhu<sup>1</sup>, SI Ying-ying<sup>1</sup>, LIANG Zhen-hao<sup>1</sup>, CUI Chuan-hao<sup>1</sup>, WANG Yan-zhi<sup>1</sup><sup>1</sup>School of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China;<sup>2</sup>The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China

**Abstract:** To study the chemical constituents of the whole plant of *Lespedeza forrestii*. The compounds were isolated and purified by various modern chromatographic techniques, including Sephadex LH-20 column chromatography and preparative HPLC, and their structures were characterized predominantly on the basis of NMR and MS spectroscopic data. Ten compounds were isolated from the MeOH extract of *L. forrestii*. The isolated compounds were identified as kaempferol-3-*O*- $\alpha$ -L-rhamnoside (1), quercetin-3-*O*- $\alpha$ -L-rhamnoside (2), kaempferol-3-*O*-rutinoside (3), quercetin-3-*O*-rutinoside (4), kaempferol-3-*O*-rob-inobioside (5), vitexin (6), orientin (7), vicenin-2 (8), genistein (9), and dalbergioidin (10). Compounds 1-10 were isolated from *L. forrestii* for the first time. Compounds 1-10 were screened for anti-inflammatory activity in LPS-induced RAW264.7 cells. At a concentration of 20  $\mu$ mol/L, compounds 8 and 10 showed inhibitory effect on the mRNA expression of IL-6 and IL-1 $\beta$ , respectively.

**Key words:** *Lespedeza forrestii*; anti-inflammatory activity; flavonol *O*-glycosides; flavone *C*-glycosides

胡枝子属植物(豆科)约有 60 种, 主要分布于东亚、澳大利亚东北部和北美<sup>[1]</sup>。种植胡枝子属植物通常可以用来防止土壤侵蚀<sup>[2,3]</sup>。中国有 25 种胡枝子属植物<sup>[1]</sup>。某些种类被用作传统药材, 例如, 截叶铁扫帚(俗名: 夜关门, *Lespedeza cuneata*) 长期以来一直被中医药用于治疗痢疾、肝炎, 和保护

肝、肾肺<sup>[4]</sup>。从胡枝子属植物中已发现多种类型化学成分, 主要为黄酮类化合物, 包括二氢黄酮、黄酮醇氧苷、黄酮碳苷、异黄酮、二氢异黄酮、pterocarpans、coumestan、homoisoflavanone、2-phenylbenzofurans、木脂素和其他酚类化合物<sup>[5]</sup>。矮生胡枝子 (*L. forrestii*) 主要分布在中国的云南和四川省<sup>[1]</sup>。目前该植物的化学成分未见报道, 为进一步揭示胡枝子属植物的化学成分, 首次对矮生胡枝子的全株化学成分进行了研究。同时, 本研究为继续从植物中寻找具有高效抗炎活性的化合物, 对矮生胡枝子

收稿日期: 2022-10-10 接受日期: 2023-05-17

基金项目: 河南中医药大学博士科研基金 (BSJJ2018-19)

\* 通信作者 Tel: 86-371-65801686; E-mail: qqminenine@hotmail.com, xueguimin123@126.com

中的化学成分进行了抗炎活性筛选。

## 1 材料与方法

### 1.1 植物材料

矮生胡枝子全株植物样品于2020年9月采集于云南省曲靖市,经昆明植物分类生物科技公司张君鉴定为豆科植物矮生胡枝子 *Lespedeza forrestii*, 样本(ID-20190930)存于河南中医药大学天然药物化学与中药化学研究室。

### 1.2 仪器与试剂

Bruker AVANCE III 500 型核磁共振仪、Bruker maxis HD 型飞行时间质谱(德国 Bruker 公司)、Autopol IV 全自动旋光仪(美国,鲁道夫公司);LC52 型高压制备液相色谱仪(赛谱锐思北京科技有限公司,SP-5030 型半制备型高压输液泵,UV200 型紫外检测器,检测波长:210 nm 和 254 nm;Easychrom 型色谱工作站;色谱柱为 YMC-Pack ODS-A, 250 mm × 20 mm, 5 μm);薄层色谱硅胶 GF<sub>254</sub> (200 ~ 300 目,青岛海洋化工厂);Sephadex LH-20 (Pharmacia Biotech 公司);甲醇(色谱纯,天津市四友精细化学有限公司);其他试剂均为分析级。小鼠巨噬细胞 RAW 264.7 细胞株(中国科学院上海生命科学院研究院细胞资源中心)。LPS 来源于大肠杆菌(L6529-1MG)(批号:123M4081V, Sigma 公司);二甲基亚砜(DMSO)(批号:D4540, Sigma 公司);PrimeScript II 1st Strand 逆转录试剂盒(批号:1175 2-050, Invitrogen);UltraSYBR Mixture 试剂盒(批号:CW0957, 康为世纪公司)。

### 1.3 化合物的提取分离方法

矮生胡枝子干燥全株植物 0.95 kg, 粉碎, 甲醇浸泡提取 3 次, 过滤, 合并提取液, 减压浓缩, 得到甲醇浸膏 320 g。甲醇浸膏(100 g)加水混悬, 依次用石油醚、二氯甲烷、乙酸乙酯、正丁醇萃取, 减压回收溶剂, 分别得石油醚部位、二氯甲烷部位、乙酸乙酯部位和正丁醇部位。乙酸乙酯部位(2.08 g)经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱纯化(甲醇), 并经硅胶薄层色谱检识, 合并相同流分得到 15 个组分(Fr. A1 ~ A15)。Fr. A8 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 30:70, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **1**(5.2 mg,  $t_R = 16.0$  min)。Fr. A13 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 50:50, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **10**(6.0 mg,  $t_R = 13.0$  min)、**9**(3.2 mg,  $t_R = 15.0$  min)。正丁醇部位(2.08 g)经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱纯化(甲醇), 并经硅胶薄层色谱检识, 合并相同流分得到 13 个组分

(Fr. B1 ~ B13)。Fr. B6 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 40:60, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **8**(7.2 mg,  $t_R = 10.0$  min)。Fr. B7 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 55:45, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **4**(15.5 mg,  $t_R = 26.0$  min)、**5**(8.2 mg,  $t_R = 33.0$  min)和 **3**(6.8 mg,  $t_R = 36.0$  min)。Fr. B9 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 47:53, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **6**(3.2 mg,  $t_R = 21.5$  min)。Fr. B11 经 HPLC 制备(甲醇:水 = 50:50, V/V, 3 mL/min)得到化合物 **7**(7.2 mg,  $t_R = 15.0$  min)和 **2**(5.5 mg,  $t_R = 22.0$  min)。

### 1.4 活性试验

白细胞介素-1β(interleukin-1β, IL-1β)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)和肿瘤坏死因子(tumor necrosis factor-α, TNF-α)的 mRNA 的表达采用实时荧光定量 PCR(real-time qPCR)测定提取细胞总 mRNA, 进行样本 RNA 含量和纯度的检测, 提示 RNA 为纯品<sup>[6]</sup>。按试剂盒的说明进行逆转录和 PCR 扩增, 反应结束后, 由电脑自动生成荧光扩增曲线、标准曲线以及溶解曲线, 并进行数据分析, 取相对定量值(RQ)分析结果。地塞米松(10 μmol/L)作为阳性对照。

## 2 实验结果

### 2.1 化合物结构数据

化合物 **1** 黄色无定形粉末, 易溶于甲醇;  $[\alpha]_D^{20} -59.4$  ( $c$  0.08, MeOH);  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 7.73 (2H, d,  $J = 8.6$  Hz, H-2', H-6'), 6.90 (2H, d,  $J = 8.6$  Hz, H-3', H-5'), 6.30 (1H, s, H-6), 6.12 (1H, s, H-8), 5.29 (1H, br s, H-1''), 3.00 ~ 3.50 (4H, m, H-2'' ~ 5''), 0.79 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz, H-6'');  $^{13}\text{C NMR}$  (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 149.6 (C-2), 133.9 (C-3), 177.3 (C-4), 161.2 (C-5), 99.3 (C-6), 164.0 (C-7), 94.1 (C-8), 160.0 (C-9), 104.5 (C-10), 120.5 (C-1'), 130.5 (C-2', C-6'), 115.3 (C-3', C-5'), 156.7 (C-4'), 101.7 (C-1''), 70.3 (C-2''), 70.5 (C-3''), 70.0 (C-4''), 71.1 (C-5''), 17.4 (C-6'')。上述数据与文献<sup>[7]</sup>报道一致, 故鉴定化合物 **1** 为山柰酚-3-O- $\alpha$ -L-鼠李糖苷。

化合物 **2** 黄色无定形粉末, 易溶于甲醇;  $[\alpha]_D^{20} -99.5$  ( $c$  0.09, MeOH);  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 7.30 (1H, d,  $J = 2.1$  Hz, H-2'), 7.25 (1H, dd,  $J = 8.3, 2.1$  Hz, H-6'), 6.86 (1H, d,  $J = 8.3$  Hz, H-5'), 6.38 (1H, d,  $J = 1.2$  Hz, H-6), 6.20 (1H, d,  $J = 1.2$  Hz, H-8), 5.25 (1H, br s, H-1''),

3.10 ~ 3.53 (4H, m, H-2'' ~ 5''), 0.81 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz, H-6'');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 156.4 (C-2), 134.2 (C-3), 177.7 (C-4), 161.3 (C-5), 98.7 (C-6), 164.3 (C-7), 93.6 (C-8), 157.2 (C-9), 104.0 (C-10), 121.1 (C-1'), 120.7 (C-2'), 145.2 (C-3'), 148.4 (C-4'), 115.4 (C-5'), 115.6 (C-6'), 101.8 (C-1''), 70.3 (C-2''), 70.6 (C-3''), 70.0 (C-4''), 71.1 (C-5''), 17.5 (C-6'')。上述数据与文献<sup>[7]</sup>报道一致,故鉴定化合物**2**为槲皮素-3-*O*- $\alpha$ -*L*-鼠李糖苷。

**化合物 3** 黄色无定形粉末,易溶于甲醇; $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -9.1 ( $c$  0.09, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 7.97 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-2', 6'), 6.87 (2H, d,  $J = 8.7$  Hz, H-3', 5'), 6.33 (1H, br s, H-8), 6.13 (1H, br s, H-6), 5.28 (1H, d,  $J = 7.5$  Hz, H-1''), 4.38 (1H, br s, H-1'''), 3.00 ~ 3.80 (10H, m, H-2'' ~ 6'', 2''' ~ 5'''), 0.99 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz, H-6''');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 156.6 (C-2), 133.1 (C-3), 177.0 (C-4), 161.1 (C-5), 99.3 (C-6), 164.1 (C-7), 94.0 (C-8), 156.4 (C-9), 103.3 (C-10), 120.8 (C-1'), 130.7 (C-2', 6'), 115.0 (C-3', 5'), 159.9 (C-4'), 101.5 (C-1''), 74.1 (C-2''), 76.4 (C-3''), 70.3 (C-4''), 75.7 (C-5''), 66.9 (C-6''), 100.7 (C-1'''), 69.9 (C-2'''), 70.6 (C-3'''), 71.8 (C-4'''), 68.2 (C-5'''), 17.7 (C-6''')。以上数据与文献<sup>[8]</sup>报道一致,故鉴定化合物**3**为山柰酚-3-*O*-芸香糖苷。

**化合物 4** 黄色无定形粉末,易溶于甲醇; $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 5.7$  ( $c$  0.09, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 7.54 (1H, d,  $J = 8.0, 2.1$  Hz, H-6'), 7.53 (1H, br s, H-2'), 6.84 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5'), 6.37 (1H, d,  $J = 1.4$  Hz, H-8), 6.18 (1H, d,  $J = 1.4$  Hz, H-6), 5.33 (1H, d,  $J = 7.4$  Hz, H-1''), 4.38 (1H, d,  $J = 0.9$  Hz, H-1'''), 3.00 ~ 3.70 (10H, m, H-2'' ~ 6'', 2''' ~ 5'''), 0.98 (3H, d,  $J = 6.0$  Hz, H-6''');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 156.5 (C-2), 133.3 (C-3), 177.3 (C-4), 161.2 (C-5), 98.8 (C-6), 164.5 (C-7), 93.6 (C-8), 156.5 (C-9), 103.8 (C-10), 121.1 (C-1'), 115.2 (C-2'), 144.8 (C-3'), 148.5 (C-4'), 116.2 (C-5'), 121.6 (C-6'), 101.2 (C-1''), 74.1 (C-2''), 76.4 (C-3''), 70.0 (C-4''), 75.9 (C-5''), 67.0 (C-6''), 100.7 (C-1'''), 70.3 (C-2'''), 70.5 (C-3'''), 71.8 (C-4'''), 68.2 (C-5'''),

17.7 (C-6''')。以上数据与文献<sup>[9]</sup>报道一致,故鉴定化合物**4**为槲皮素-3-*O*-芸香糖苷。

**化合物 5** 黄色无定形粉末,易溶于甲醇; $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -18.2 ( $c$  0.09, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 8.04 (2H, d,  $J = 8.9$  Hz, H-2', 6'), 6.86 (2H, d,  $J = 8.9$  Hz, H-3', 5'), 6.38 (1H, br s, H-8), 6.16 (1H, br s, H-6), 5.30 (1H, d,  $J = 7.6$  Hz, H-1''), 4.40 (1H, d,  $J = 1.1$  Hz, H-1'''), 3.01 ~ 3.69 (10H, H-2'' ~ 6'', 2''' ~ 5'''), 1.06 (3H, d,  $J = 6.1$  Hz, H-6''');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 156.4 (C-2), 133.2 (C-3), 177.2 (C-4), 161.1 (C-5), 99.1 (C-6), 164.8 (C-7), 93.9 (C-8), 156.5 (C-9), 103.5 (C-10), 120.8 (C-1'), 130.9 (C-2', 6'), 115.0 (C-3', 5'), 160.0 (C-4'), 102.1 (C-1''), 70.4 (C-2''), 73.0 (C-3''), 68.3 (C-4''), 73.5 (C-5''), 65.3 (C-6''), 100.0 (C-1'''), 70.6 (C-2'''), 71.1 (C-3'''), 71.9 (C-4'''), 68.0 (C-5'''), 17.9 (C-6''')。以上数据与文献<sup>[10]</sup>报道一致,故鉴定化合物**5**为山柰酚-3-*O*-洋槐糖苷。

**化合物 6** 黄色无定形粉末,易溶于甲醇; $[\alpha]_{\text{D}}^{20}$ -8.6 ( $c$  0.05, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 8.04 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-2', 6'), 6.91 (2H, d,  $J = 8.4$  Hz, H-3', 5'), 6.78 (1H, s, H-3), 6.29 (1H, s, H-6), 4.72 (1H, d,  $J = 9.8$  Hz, H-1''), 3.20 ~ 3.94 (6H, H-2'' ~ 6'');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 164.0 (C-2), 102.5 (C-3), 182.2 (C-4), 156.1 (C-5), 98.3 (C-6), 162.8 (C-7), 104.1 (C-8), 161.2 (C-9), 104.7 (C-10), 121.7 (C-1'), 129.0 (C-2', 6'), 115.9 (C-3', 5'), 160.5 (C-4'), 78.7 (C-1''), 73.5 (C-2''), 70.9 (C-3''), 70.6 (C-4''), 81.9 (C-5''), 61.4 (C-6'')。以上数据与文献<sup>[11]</sup>报道一致,故鉴定化合物**6**为牡荆素。

**化合物 7** 黄色无定形粉末,易溶于甲醇; $[\alpha]_{\text{D}}^{20} + 1.3$  ( $c$  0.08, MeOH);  $^1\text{H}$  NMR (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 7.53 (1H, dd,  $J = 8.0, 2.0$  Hz, H-6'), 7.47 (1H, br s, H-2'), 6.85 (1H, d,  $J = 8.0$  Hz, H-5'), 6.63 (1H, s, H-3), 6.25 (1H, s, H-6), 4.70 (1H, d,  $J = 9.4$  Hz, H-1''), 3.13 ~ 3.90 (6H, H-2'' ~ 6'');  $^{13}\text{C}$  NMR (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 163.0 (C-2), 102.2 (C-3), 181.9 (C-4), 160.3 (C-5), 104.6 (C-6), 164.0 (C-7), 98.2 (C-8), 156.0 (C-9), 103.8 (C-10), 121.8 (C-1'), 113.9 (C-2'), 145.9 (C-3'), 149.9 (C-4'), 115.6 (C-5'), 119.4 (C-6'), 73.4 (C-

1''), 70.7 (C-2''), 78.7 (C-3''), 70.8 (C-4''), 82.0 (C-5''), 61.6 (C-6'')。以上数据与文献报道一致<sup>[12]</sup>, 故鉴定化合物 **7** 为荳草素。

**化合物 8** 黄色无定形粉末, 易溶于甲醇;  $[\alpha]_D^{20} + 16.0$  (*c* 0.06, MeOH);  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 8.02 (2H, d,  $J = 8.3$  Hz, H-2', 6'), 6.89 (2H, d,  $J = 8.3$  Hz, H-3', 5'), 6.80 (1H, s, H-3), 4.80 (1H, d,  $J = 9.5$  Hz, 8-Glc H-1'''), 4.76 (1H, d,  $J = 9.7$  Hz, 6-Glc H-1''), 3.11-3.93 (12H, H-2'' ~ 6'', 2''' ~ 6''');  $^{13}\text{C NMR}$  (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 164.0 (C-2), 102.5 (C-3), 182.2 (C-4), 161.4 (C-5), 107.5 (C-6), 155.1 (C-7), 105.3 (C-8), 158.6 (C-9), 103.7 (C-10), 121.5 (C-1'), 129.0 (C-2', C-6'), 115.8 (C-3', C-5'), 161.2 (C-4'), 73.3 (C-1''), 70.9 (C-2''), 77.9 (C-3''), 69.0 (C-4''), 80.9 (C-5''), 61.3 (C-6''), 74.0 (C-1'''), 71.9 (C-2'''), 78.8 (C-3'''), 70.5 (C-4'''), 81.9 (C-5'''), 61.3 (C-6''')。以上数据与文献<sup>[13]</sup>报道一致, 故鉴定化合物 **8** 为维采宁-2。

**化合物 9** 白色无定形粉末, 易溶于甲醇;  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 8.26 (1H, s, H-2), 7.36 (2H, d,  $J = 8.5$  Hz, H-2', 6'), 6.81 (2H, d,  $J = 8.5$

Hz, H-3', 5'), 6.34 (1H, d,  $J = 1.8$  Hz, H-8), 6.18 (1H, d,  $J = 1.8$  Hz, H-6);  $^{13}\text{C NMR}$  (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 153.9 (C-2), 121.2 (C-3), 180.1 (C-4), 161.9 (C-5), 99.1 (C-6), 164.6 (C-7), 93.7 (C-8), 157.4 (C-9), 104.2 (C-10), 122.2 (C-1'), 130.1 (C-2', 6'), 115.0 (C-3', 5'), 157.6 (C-4')。以上数据与文献<sup>[14]</sup>报道一致, 故鉴定化合物 **9** 为染料木素。

**化合物 10** 白色无定形粉末, 易溶于甲醇;  $[\alpha]_D^{20} - 1.5$  (*c* 0.06, MeOH);  $^1\text{H NMR}$  (500 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 6.79 (1H, d,  $J = 8.3$  Hz, H-6'), 6.30 (1H, d,  $J = 2.3$  Hz, H-3'), 6.17 (1H, dd,  $J = 8.2, 2.4$  Hz, H-5'), 5.86 (1H, br s, H-6), 5.86 (1H, br s, H-8), 4.47 (1H, t,  $J = 10.9$ , H-3), 4.35 (1H, dd,  $J = 10.9, 5.5$  Hz, H-2a), 4.16 (1H, dd,  $J = 10.9, 5.5$  Hz, H-2b);  $^{13}\text{C NMR}$  (125 MHz, DMSO- $d_6$ )  $\delta$ : 69.7 (C-2), 46.0 (C-3), 197.3 (C-4), 163.8 (C-5), 95.9 (C-6), 166.7 (C-7), 94.8 (C-8), 163.0 (C-9), 102.0 (C-10), 112.0 (C-1'), 157.7 (C-2'), 102.6 (C-3'), 156.0 (C-4'), 106.3 (C-5'), 130.8 (C-6')。以上数据与文献<sup>[15]</sup>报道基本一致, 故鉴定化合物 **10** 为 dalbergioidin。

化合物 **1** ~ **10** 结构见图 1。

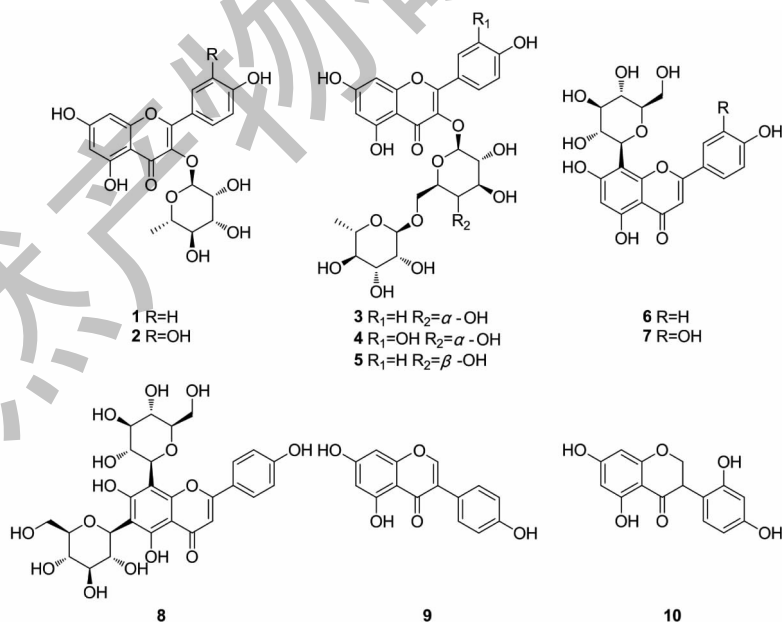


图 1 化合物 **1** ~ **10** 的结构

Fig. 1 The structures of compounds **1-10**

## 2.2 抗炎活性筛选

在 20  $\mu\text{mol/L}$  浓度下, 评价了化合物 **1** ~ **10** 对

LPS 刺激下 RAW 264.7 细胞中炎症因子 IL-1 $\beta$ 、IL-6 和 TNF- $\alpha$  的 mRNA 表达的影响。化合物 **8** 和 **10** 分

别对 IL-6 和 IL-1 $\beta$  的 mRNA 表达水平具有一定的抑制活性(见图 2),抑制率分别为 17.5% 和 26.4%,

显示一定的抗炎活性。

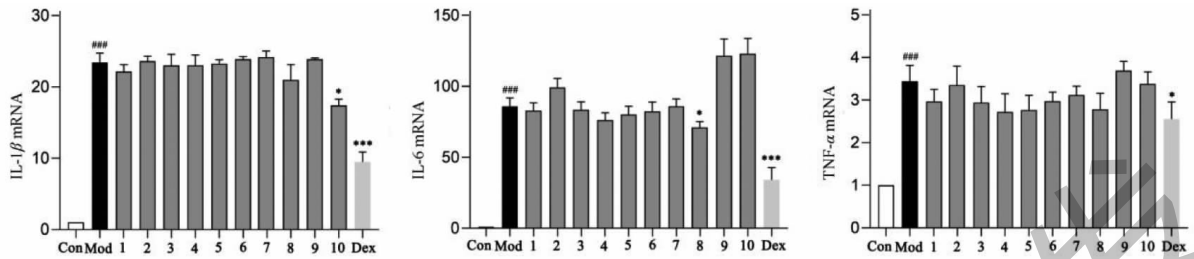


图 2 化合物 1~10 对 IL-1 $\beta$ 、IL-6 和 TNF- $\alpha$  的 mRNA 表达的影响

Fig. 2 Effect of compounds 1-10 on the mRNA expression of IL-1 $\beta$ , IL-6 and TNF- $\alpha$

注: Con: 空白组; Mod: LPS 诱导的模型组; Dex: 地塞米松。与 Con 组比较,  $^{###}P < 0.001$ ; 与 Mod 组比较,  $^*P < 0.05$ ,  $^{***}P < 0.001$ 。Note:

Con: Control group; Mod: LPS-treated model group; Dex: Dexamethasone. Compared with Con,  $^{###}P < 0.001$ ; Compared with Mod,

$^*P < 0.05$ ,  $^{***}P < 0.001$ .

### 3 讨论与结论

从矮生胡枝子全株的甲醇提取物中分离鉴定了 10 个化合物,其中化合物 1~5 是黄酮醇氧苷,6~8 是黄酮碳苷,9 是异黄酮,10 是二氢异黄酮,均为从矮生胡枝子中首次发现。化合物 1~4 和 6~9 从同属药用植物截叶铁扫帚 (*L. cuneata*) 中发现过,提示矮生胡枝子和截叶铁扫帚 (*L. cuneata*) 具有较近的亲缘关系。另外,对化合物 1~10 进行了抗炎活性筛选,其中 8 和 10 可以分别抑制炎症因子 IL-6 和 IL-1 $\beta$  的 mRNA 表达,显示出一定的抗炎活性。黄酮是一类重要的抗炎化合物<sup>[16]</sup>,相关研究发现,化合物 1~4 和 6~9 可通过不同的信号通路发挥抗炎作用<sup>[17-23]</sup>,本文显示了化合物 8 可通过抑制炎症因子 IL-6 的 mRNA 表达而发挥一定的抗炎活性,而 1~4、6、7 和 9 对炎症因子 IL-1 $\beta$ 、IL-6 和 TNF- $\alpha$  的 mRNA 表达影响较弱。本文中化合物 5 和 10 的抗炎活性为首次报道。本研究首次揭示了胡枝子属植物矮生胡枝子的化学成分,可为该植物的化学鉴定和开发利用提供参考。

### 参考文献

- 1 Editorial Committee of Flora of China. Flora of China(中国植物志) [M]. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2010:302-311.
- 2 Kwon DJ, Bae YS. Flavonoids from the aerial parts of *Lespedeza cuneata* [J]. Biochem Syst Ecol, 2009, 37: 46-48.
- 3 Min JY, Shim SH. Chemical constituents from *Lespedeza cuneata* G. Don (Leguminosae) [J]. Biochem Syst Ecol, 2016, 66: 293-296.

- 4 Jiang W, Ye J, Xie YG, et al. A new phenyldilactone from *Lespedeza cuneata* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2015, 18: 200-205.
- 5 Cao P, Zhang LS. Research progress of *Lespedeza Michx.* Plants. [J]. Hubei Agric Sci (湖北农业科学), 2017, 56: 2406-2409.
- 6 Li RJ, Gao CY, Guo C, et al. The anti-inflammatory activities of two major withanolides from *Physalis minima* via acting on NF- $\kappa$ B, STAT3, and HO-1 in LPS-stimulated RAW 264. 7 cells [J]. Inflammation, 2017, 40: 401-413.
- 7 Wang PH, Zhou J. Phenolic constituents of *Pumbago zeylanica* and their anti-oxidative effects [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2019, 50: 5419-5423.
- 8 Sun CL, Tang XL, Zhou JF, et al. Study on chemical constituents of *Cinnamomum camphora* leaves [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2014, 26: 1793-1796.
- 9 Wei XX, Li YT, Jin YQ. Studies on chemical constituents from husks of Tatar buckwheat [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2013, 25: 44-46.
- 10 Liang D, Liu YF, Hao ZY, et al. Flavonol glycosides from *Lysimachia clethroides* [J]. Chin J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2015, 40: 103-107.
- 11 Xiao CR, Huang WM, Chen FY, et al. Chemical constituents from the fruits of *Vitex trifolia* var. *simplicifolia* [J]. J Chin Med Mater (中药材), 2022, 45: 96-100.
- 12 Han XY, Zeng ZP, He XJ, et al. A new phloroglucinol glycoside from *Dryopteris fragrans* [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2022, 53: 14-17.
- 13 Wei ZF, Bao WY, Fu YJ, et al. Chemical constituents from the aerial parts of *Equisetum palustre* [J]. J Chin Med Mater (中药材), 2021, 44: 334-338.