

基胡蜂化学成分及其抗炎活性研究

刘海杨, 杨银河*, 杨大松*

(大理大学药学院云南省昆虫生物医药研发重点实验室, 云南 大理 671000)

摘要: 目的 研究基胡蜂 *Vespa basalis* (Smith) 化学成分及其抗炎活性成分。方法 采用 Sephadex LH-20 凝胶、硅胶柱色谱进行分离纯化, 根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。采用 RAW264.7 细胞模型评价其体外抗炎活性。结果 从中分离得到 11 个化合物, 分别鉴定为 2-吡咯甲酸 (1)、3-吡咯甲酸 (2)、对羟基苯甲酸 (3)、苯乙酸 (4)、5 α , 8 α -epidioxy-cholest-6-en-3 β -ol (5)、(2R, 3S)-2-(3', 4'-dihydroxyphenyl)-3-acetylamino-7-(N-acetyl-2'-aminethylene)-1, 4-benzodioxane (6)、(2R, 3S)-2-(3', 4'-dihydroxyphenyl)-3-acetylamino-6-(N-acetyl-2'-aminoethyl)-1, 4-benzodioxane (7)、N-乙酰多巴胺 (8)、对羟基苯乙酸 (9)、(R)-N-[2-(3, 4-dihydroxyphenyl)-2-methoxyethyl] acetamide (10)、(\pm)-cryptamide A (11)。化合物 3、5~6、10 对 RAW264.7 细胞释放 NO 具有抑制作用, 且呈剂量依赖性。结论 化合物 1、2、5 为首次从昆虫中分离得到, 6~7、10~11 为首次从胡蜂属昆虫中分离得到。化合物 3、5~6、10 具有抗炎活性。

关键词: 基胡蜂; 化学成分; 分离鉴定; 抗炎活性

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-1528(2025)08-2593-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2025.08.017

Chemical constituents from *Vespa basalis* and their anti-inflammatory activity

LIU Hai-yang, YANG Yin-he*, YANG Da-song*

(Yunnan Provincial Key Laboratory of Entomological Biopharmaceutical Research and Development, College of Pharmacy, Dali University, Dali 671000, China)

ABSTRACT: AIM To study the chemical constituents from *Vespa basalis* (Smith) and their anti-inflammatory activity. **METHODS** Sephadex LH-20 gel and silica gel column chromatography were used for separation and purification, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. The RAW264.7 cell model was utilized to assess its anti-inflammatory activity *in vitro*. **RESULTS** Eleven compounds were isolated and identified as pyrrole-2-carboxylic acid (1), 3-indolecarboxylic acid (2), *p*-hydroxybenzoic acid (3), phenylacetic acid (4), 5 α , 8 α -epidioxy-cholest-6-en-3 β -ol (5), (2R, 3S)-2-(3', 4'-dihydroxyphenyl)-3-acetylamino-7-(N-acetyl-2'-aminethylene)-1, 4-benzodioxane (6), (2R, 3S)-2-(3', 4'-dihydroxyphenyl)-3-acetylamino-6-(N-acetyl-2'-aminoethyl)-1, 4-benzodioxane (7), N-acetyldopamine (8), *p*-hydroxyphenylacetic acid (9), (R)-N-[2-(3, 4-dihydroxyphenyl)-2-methoxyethyl] acetamide (10), (\pm)-cryptamide A (11). Compounds 3, 5-6 and 10 inhibited the release of nitric oxide (NO) from RAW264.7 cell in a dose-dependent manner. **CONCLUSION** Compounds 1, 2, and 5 are isolated from insects for the first time, while 6, 7, 10, and 11 are first isolated from the insects of *Vespa* genus. Compounds 3, 5, 6 and 10 have anti-inflammatory activity.

收稿日期: 2025-04-02

基金项目: 云南省基础研究项目 (202201AT070007); 云南省中青年学术和技术带头人后备人才项目 (202105AC160062, 202305AC160035)

作者简介: 刘海杨 (1998—), 男, 硕士生, 研究方向为昆虫物质基础。Tel: 15284591991, E-mail: liuhaiyang202210@163.com

* 通信作者: 杨银河 (1986—), 女, 博士, 副研究员, 研究方向为昆虫内生菌活性次生代谢产物。Tel: 15905157485, E-mail: yyh8612@126.com

杨大松 (1987—), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为昆虫药效活性物质基础。Tel: 15905153880, E-mail: yangds@cpu.edu.cn

KEY WORDS: *Vespa basalis* (Smith); chemical constituents; isolation and identification; anti-inflammatory activity

胡蜂是膜翅目针尾部胡蜂总科 *Vespoidea* 昆虫的总称, 国内外已知胡蜂种类约有 6 000 种, 我国境内约 200 种^[1-2], 最早可追溯至《神农本草经》^[3]。云南景颇族长期饮用胡蜂酒以预防和治疗类风湿性关节炎, 该验方因其显著疗效而被 2020 年版《中国药典》收录^[4]。胡蜂含有多肽、聚乙酰多巴胺、酚酸、甾体等次生代谢产物^[5-7], 其中酚酸、甾体、多肽等具有抗炎活性^[6,8]。胡蜂毒液可能通过抑制 NO 合成及下调促炎介质、细胞因子的表达, 调控 NF- κ B 和 MAPK 信号通路, 从而发挥抗炎作用^[9-10]。药理研究表明, 在胶原诱导的类风湿性关节炎动物模型中, 胡蜂毒液可有效改善关节组织病理学改变, 包括缓解关节肿胀程度、减轻滑膜炎反应及延缓关节软骨退行性病变进程^[11]。

基胡蜂 *Vespa basalis* (Smith), 民间俗称“七里游”, 作为云南民间养殖的代表性蜂种, 是制作胡蜂酒和食用蜂蛹的主要胡蜂品种之一。课题组前期研究表明, 基胡蜂醇提取物能抑制 LPS 诱导的 RAW264.7 炎症细胞增殖^[12], 然而其药效物质基础尚未阐明, 导致其现代化开发受限。本研究对基胡蜂乙醇提取物的乙酸乙酯部位进行分离纯化, 并评价其体外抗炎活性, 以期为基础胡蜂抗炎作用的物质基础研究及开发利用提供参考。

1 材料

Bruker-800 核磁共振仪、Bruker Compact QTOF 质谱仪 (德国 Bruker 公司); RE-2000A 旋转蒸发器 (上海亚荣生化仪器厂); FA2004N 电子天平 (上海精密科学仪器有限公司); Thermo 3200 酶标仪 (新加坡 Life Technologies Holdings 公司)。Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶 (美国 GE HealthCare 公司); 80~100、200~300 目柱色谱硅胶 (青岛海洋化工有限公司)。RAW264.7 细胞 (批号 20241125, 广州源井生物科技有限公司); 胎牛血清 (批号 1618862, 美国 Gibco 公司); DMEM 培养基 (批号 WHB824U031, 武汉普诺赛生物科技有限公司); NO 检测试剂盒 (批号 S0021S, 上海碧云天生物技术有限公司); 地塞米松 (批号 O1012D, 纯度>99%, 大连美仑生物技术有限公司)。其他化学试剂均为分析纯或色谱纯 (云南杨林工业开发区汕滇药业有限公司)。

基胡蜂由云南省保山市腾冲市蒲川乡上勐来

(坐标 24°42'2.92"N, 98°30'51.06"E) 胡蜂养殖场提供, 经大理大学药学院杨自忠教授鉴定为有翅亚纲膜翅目细腰亚目胡蜂科胡蜂属基胡蜂 *Vespa basalis* (Smith)。

2 提取与分离

取基胡蜂新鲜虫体 10.5 kg, 粉碎, 加入 25.0 L 95% 乙醇, 循环浸提 3 次, 每次 7 d, 合并提取液, 减压浓缩, 最终获得 558.7 g 乙醇提取物总浸膏。将总浸膏用水混悬, 超声辅助溶解后, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇分别进行萃取, 减压浓缩得到各部位浸膏。

乙酸乙酯部位浸膏 (105.3 g) 通过硅胶柱进行初步分离, 以石油醚-乙酸乙酯 (100:1~0:100) 梯度洗脱, 经薄层色谱检测合并得到 8 个组分 (Fr. 1~Fr. 8)。Fr. 6 经硅胶柱 (流动相氯仿-丙酮 100:1~20:1) 分离, 获得 3 个亚组分 (Fr. 6A~Fr. 6C)。Fr. 6B 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (流动相氯仿-甲醇 1:1) 纯化, 得化合物 **1** (7.2 mg)。Fr. 6C 通过 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (流动相氯仿-甲醇 1:1) 分离, 得到亚组分 Fr. 6C1、Fr. 6C3 和化合物 **2** (3.0 mg), Fr. 6C3 经硅胶柱 (流动相氯仿-乙酸乙酯 20:1~10:1) 纯化, 得化合物 **3** (5.2 mg)。Fr. 5 经硅胶柱 (流动相石油醚-丙酮 20:1~5:2) 分离, 得到亚组分 Fr. 5A~Fr. 5J, 其中亚组分 Fr. 5D 通过硅胶柱 (流动相氯仿-乙酸乙酯 20:1~10:1) 分离, 得化合物 **4** (2.3 mg); Fr. 5I 经硅胶柱 (流动相石油醚-丙酮 10:1~5:1) 分离, 得到亚组分 Fr. 5I1~Fr. 5I9, Fr. 5I8 通过 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (流动相氯仿-甲醇 1:1) 纯化, 得化合物 **5** (11.7 mg)。Fr. 7 经硅胶柱 (流动相氯仿-丙酮 20:1~4:1) 分离, 得到 Fr. 7A~Fr. 7E, Fr. 7C 经硅胶柱 (流动相氯仿-甲醇 100:1~25:1) 分离, 得化合物 **6** (14.2 mg); Fr. 7D 经硅胶柱 (流动相氯仿-乙酸乙酯 10:1~5:1) 分离, 得化合物 **7** (31.7 mg)。Fr. 8 经硅胶柱 (流动相氯仿-甲醇 20:1~2:1) 分离, 得到亚组分 Fr. 8A~Fr. 8G, Fr. 8A 经硅胶柱 (流动相氯仿-丙酮 10:1~5:1) 分离, 得化合物 **8** (5.2 mg); Fr. 8B 经硅胶柱分离, 以氯仿-丙酮 (100:15~4:1) 梯度洗脱, 得到亚组分 Fr. 8B1~Fr. 8B3, Fr. 8B2 通过 Sephadex LH-20 凝

胶柱色谱分离,以氯仿-甲醇1:1洗脱,得化合物**9**(2.1 mg);Fr.8D经Sephadex LH-20凝胶柱色谱(流动相甲醇)分离,得化合物**10**(1.9 mg);Fr.8G经硅胶柱(流动相氯仿-甲醇100:15~4:1)分离,得到亚组分Fr.8G1~Fr.8G4,Fr.8G4通过Sephadex LH-20凝胶柱色谱分离,以甲醇洗脱,得到化合物**11**(6.4 mg)。

3 结构鉴定

化合物**1**:淡黄色粉末,ESI-MS m/z : 112.1 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 6.89(1H, s, H-4), 6.80(1H, d, $J=2.6$ Hz, H-2), 6.15(1H, m, H-3);¹³C-NMR(150 MHz, CD₃OD) δ : 166.0(C-6), 125.5(C-5), 123.6(C-2), 115.8(C-4), 110.4(C-3)。以上数据与文献[13]报道基本一致,故鉴定为2-吡咯甲酸。

化合物**2**:白色粉末,ESI-MS m/z : 162.2 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR(800 MHz, CD₃OD) δ : 8.06(1H, d, $J=7.3$ Hz, H-4), 7.93(1H, s, H-2), 7.42(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-7), 7.17(2H, m, H-5, 6);¹³C-NMR(200 MHz, CD₃OD) δ : 169.5(C-10), 138.2(C-8), 133.3(C-2), 127.6(C-9), 123.6(C-5), 122.3(C-6), 122.1(C-4), 112.9(C-7), 108.9(C-3)。以上数据与文献[14]报道基本一致,故鉴定为3-吡啶甲酸。

化合物**3**:白色针晶,ESI-MS m/z : 161.1 $[M+Na]^+$ 。¹H-NMR(600 MHz, CD₃OD) δ : 7.85(2H, d, $J=9.0$ Hz, H-2, 6), 6.79(2H, d, $J=8.4$ Hz, H-3, 5);¹³C-NMR(150 MHz, CD₃OD) δ : 170.3(C-7), 163.2(C-4), 133.0(C-2, 6), 123.0(C-1), 116.0(C-3, 5)。以上数据与文献[15]报道基本一致,故鉴定为对羟基苯甲酸。

化合物**4**:淡黄色粉末,ESI-MS m/z : 137.1 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR(800 MHz, CDCl₃) δ : 7.29(5H, overlapped, H-2~6), 3.64(2H, s, H-7);¹³C-NMR(200 MHz, CDCl₃) δ : 177.0(C-8), 133.5(C-1), 129.4(C-2, 6), 128.6(C-3, 5), 127.3(C-4), 41.1(C-7)。以上数据与文献[16]报道基本一致,故鉴定为苯乙酸。

化合物**5**:白色粉末,ESI-MS m/z : 415.3 $[M-H]^-$ 。¹H-NMR(400 MHz, CDCl₃) δ : 6.50(1H, d, $J=8.5$ Hz, H-7), 6.24(1H, d, $J=8.5$ Hz, H-6), 3.96(1H, m, H-3), 2.13(1H, m, H-4 α), 1.92(4H, m, H-1 α , 4 β , 12 α , 16 α), 1.88(1H, m, H-2 α), 1.68(1H, td, $J=12.0, 4.0$ Hz,

H-1 β), 1.62(1H, m, H-15 α), 1.56(1H, m, H-14), 1.48(5H, m, H-2 β , 9, 11 α , 14, 25), 1.32(4H, m, H-16 α , 20, 22~23), 1.20(1H, m, H-12 β), 1.18(2H, m, H-11 β , 17), 1.11(2H, m, H-23~24), 0.99(1H, d, $J=6.9$ Hz, H-22), 0.89(3H, d, $J=6.6$ Hz, H-21), 0.87(3H, s, H-19), 0.86(3H, d, $J=2.0$ Hz, H-27), 0.84(3H, d, $J=1.9$ Hz, H-26), 0.79(3H, s, H-18);¹³C-NMR(100 MHz, CDCl₃) δ : 135.5(C-6), 130.9(C-7), 82.3(C-5), 79.6(C-8), 66.6(C-3), 56.5(C-17), 51.7(C-14), 51.1(C-9), 44.8(C-13), 39.5(C-12), 39.5(C-24), 37.0(C-10), 37.0(C-4), 36.0(C-22), 35.3(C-20), 34.8(C-1), 30.2(C-2), 28.4(C-16), 28.1(C-25), 23.9(C-23), 23.5(C-11), 23.0(C-27), 22.7(C-26), 20.7(C-15), 18.7(C-21), 18.3(C-19), 12.7(C-18)。以上数据与文献[17]报道基本一致,故鉴定为5 α , 8 α -epidioxy-cholest-6-en-3 β -ol。

化合物**6**:黄色粉末,ESI-MS m/z : 387.1 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR(400 MHz, CD₃OD) δ : 6.78(6H, m, H-5, 7, 8, 2', 5', 6'), 5.66(1H, d, $J=7.2$ Hz, H-3), 4.68(1H, d, $J=7.2$ Hz, H-2), 3.34(2H, overlapped, H-2''), 2.69(2H, t, $J=7.3$ Hz, H-1''), 1.90(3H, s, H-4''), 1.86(3H, s, H-3b);¹³C-NMR(100 MHz, CD₃OD) δ : 173.3(C-3''), 173.2(C-3a), 147.1(C-4'), 146.5(C-3'), 144.3(C-8a), 142.2(C-4a), 134.1(C-7), 128.7(C-1'), 123.2(C-6), 120.6(C-6'), 118.1(C-8), 117.9(C-5), 116.1(C-5'), 115.5(C-2'), 78.3(C-3), 78.2(C-2), 42.2(C-2''), 35.8(C-1''), 22.6(C-4''), 22.5(C-3b)。以上数据与文献[18]报道基本一致,故鉴定为(2R, 3S)-2-(3', 4'-dihydroxyphenyl)-3-acetylamino-7-(N-acetyl-2''-aminethylene)-1, 4-benzodioxane。

化合物**7**:白色粉末,ESI-MS m/z : 387.2 $[M+H]^+$ 。¹H-NMR(400 MHz, CD₃OD) δ : 6.76(6H, m, H-5, 7, 8, 2', 5', 6'), 5.67(1H, d, $J=7.2$ Hz, H-3), 4.66(1H, d, $J=7.1$ Hz, H-2), 3.30(2H, overlapped, H-2''), 2.67(2H, t, $J=7.2$ Hz, H-1''), 1.89(3H, s, H-4''), 1.86(3H, s, H-3b);¹³C-NMR(100 MHz, CD₃OD) δ : 173.3(C-3''), 173.3(C-3a), 147.1(C-4'), 146.5(C-3'), 144.3(C-4a), 142.2(C-8a), 134.1(C-6), 128.7(C-1'), 123.2(C-7), 120.6(C-6'), 118.1(C-

5), 117.9 (C-8), 116.1 (C-5'), 115.5 (C-2'), 78.3 (C-3), 78.2 (C-2), 42.2 (C-2''), 35.8 (C-1''), 22.6 (C-4''), 22.5 (C-3b)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定为 (2*R*, 3*S*) -2-(3', 4'-dihydroxyphenyl) -3-acetylamino- 6-(*N*-acetyl-2''-aminoethyl) -1, 4-benzodioxane。

化合物 8: 棕色固体, ESI-MS *m/z*: 218.2 [M+Na]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ: 6.79 (1H, d, *J*=8.0 Hz, H-8), 6.73 (1H, d, *J*=1.9 Hz, H-5), 6.57 (1H, dd, *J*=8.0, 1.9 Hz, H-9), 3.45 (2H, m, H-2), 2.69 (2H, m, H-3), 1.95 (3H, s, H-2'); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ: 170.9 (C-1'), 144.1 (C-6), 142.8 (C-7), 130.9 (C-4), 120.7 (C-9), 115.4 (C-5), 115.2 (C-8), 40.9 (C-2), 34.8 (C-3), 23.3 (C-2')。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定为 *N*-乙酰多巴胺。

化合物 9: 无色针状结晶, ESI-MS *m/z*: 151.1 [M-H]⁻。¹H-NMR (800 MHz, CD₃OD) δ: 7.08 (2H, d, *J*=8.4 Hz, H-2, 6), 6.71 (2H, d, *J*=8.4 Hz, H-3, 5), 3.45 (2H, s, H-7); ¹³C-NMR (200 MHz, CD₃OD) δ: 177.1 (C-8), 157.3 (C-4), 131.3 (C-2, 6), 127.4 (C-1), 116.2 (C-3, 5), 41.9 (C-7)。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定为对羟基苯乙酸。

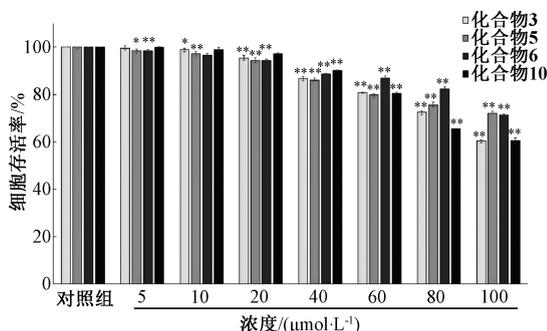
化合物 10: 棕色油状物, ESI-MS *m/z*: 224.1 [M-H]⁻。¹H-NMR (800 MHz, CDCl₃) δ: 6.83 (1H, d, *J*=8.1 Hz, H-5''), 6.79 (1H, s, H-2''), 6.68 (1H, d, *J*=8.0 Hz, H-6''), 4.12 (1H, dd, *J*=8.9, 3.8 Hz, H-2'), 3.64 (1H, m, H-1'), 3.21 (3H, s, H-1'''), 3.15 (ddd, *J*=13.4, 9.0, 4.2 Hz, H-1'); ¹³C-NMR (200 MHz, CDCl₃) δ: 171.0 (C-1), 144.2 (C-3''), 144.2 (C-4''), 131.0 (C-1''), 118.7 (C-5''), 115.1 (C-6''), 113.5 (C-2''), 81.8 (C-2'), 56.6 (C-1'''), 46.0 (C-1'), 23.3 (C-2)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定为 (*R*)-*N*-[2-(3, 4-dihydroxyphenyl) -2-methoxyethyl] acetamide。

化合物 11: 黄色固体, ESI-MS *m/z*: 578.1 [M+H]⁺。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ: 6.82 (1H, d, *J*=5.5 Hz, H-5), 6.80 (1H, dd, *J*=8.3, 2.2 Hz, H-6''), 5.69 (2H, m, H-3, 5'), 4.74 (2H, m, H-2, 4'), 3.30 (2H, t, *J*=1.5 Hz, H-7b), 2.69 (2H, t, *J*=7.1 Hz, H-7a), 1.88 (9H, m, H-3b, 7d, 5'b); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD)

δ: 173.3 (C-7c), 173.3 (C-3a), 173.2 (C-5'a), 147.2 (C-4''), 146.5 (C-3''), 145.0 (C-8a), 144.1 (C-3'), 143.7 (C-6'), 142.1 (C-4a), 134.5 (C-7), 131.0 (C-1'), 128.5 (C-1'), 123.4 (C-6), 123.2 (C-8'), 120.6 (C-6''), 118.2 (C-8), 118.1 (C-5), 118.0 (C-2'), 117.9 (C-7'), 116.1 (C-5''), 115.6 (C-2''), 78.3 (C-3), 78.2 (C-2), 78.2 (C-5'), 77.9 (C-4'), 42.1 (C-7b), 35.8 (C-7a), 22.6 (C-3b), 22.6 (C-5'b), 22.5 (C-7d)。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定为 (±)-cryptamide A。

4 抗炎活性研究

4.1 细胞毒性测定 采用 MTT 法^[23]。将处于对数生长期的 RAW264.7 细胞制成密度为 1×10⁵ 个/mL 的悬液, 将细胞分为空白组、对照组和给药组, 接种于 96 孔板, 每孔 100 μL (空白组为等体积完全培养基), 每组设置 3 个复孔。细胞在 37 °C、5% CO₂ 条件下培养 24 h 后, 给药组分别加入 100、80、60、40、20、10、5 μmol/L 化合物溶液, 空白组和对照组加入等体积细胞培养基。给药 24 h 后检测细胞活力, 选取细胞存活率不低于 80% 的浓度进行抗炎活性筛选^[6]。由图 1 可知, 化合物 3、5~6、10 浓度为 40 μmol/L 及以下时, 细胞存活率均大于 80%, 因此选择 40 μmol/L 及以下的浓度进行抗炎活性检测。



注: 与对照组比较, * *P*<0.05, ** *P*<0.01。

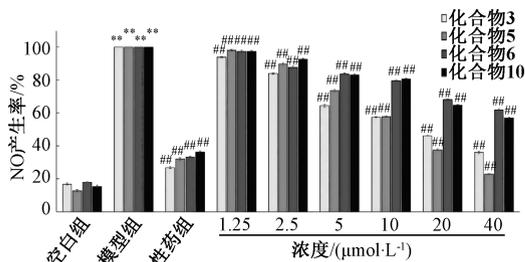
图 1 细胞毒性测定结果

Fig. 1 Determination results of cytotoxicity assay

4.2 抗炎活性检测 采用 Griess 试剂法^[24]。取生长状态良好的 RAW264.7 细胞, 制成密度为 1×10⁵ 个/mL 的细胞悬液, 接种于 96 孔板, 每孔 100 μL, 在 37 °C、5% CO₂ 条件下培养 24 h。设置空白组、模型组 (1 μg/mL LPS)、阳性药组 (1 μg/mL LPS)、样品组 (1 μg/mL LPS), 继续培养 24 h, 阳性药组加入 40 μmol/L 地塞米松溶液, 样品组加入各浓度化合物, 空白组和模型组加入等体积培养

基, 每组设置3个复孔, 继续培养24 h, 采用NO检测试剂盒对细胞培养上清液进行检测, 于540 nm波长处测定光密度(OD)值, 基于标准曲线完成NO释放浓度的定量测定。

由图2可知, 与空白组比较, 模型组上清液中NO含量升高($P < 0.01$), 表明RAW264.7细胞炎症模型构建成功; 与模型组比较, 阳性药组上清液中NO含量降低($P < 0.01$), 给药组NO含量呈剂量依赖性降低($P < 0.01$), 表明化合物3、5~6、10均具有一定的抗炎活性, 其中化合物5的抗炎活性与阳性药相当, 其他3个化合物抗炎活性均弱于阳性药。



注: 与空白组比较, ** $P < 0.01$; 与模型组比较, ### $P < 0.01$ 。

图2 抗炎活性测定结果

Fig. 2 Determination results of anti-inflammatory activity

5 讨论

本研究通过系统分离纯化, 从基胡蜂乙醇浸膏的乙酸乙酯部位中获得11个单体化合物, 并鉴定其结构, 其中化合物1~2、5为首次从昆虫中分离得到, 化合物6~7、10~11为首次从胡蜂属昆虫中分离得到。随后通过LPS诱导的RAW264.7巨噬细胞体外炎症模型, 系统评价了目标化学成分的抗炎活性。结果表明, 化合物3、5~6、10具有抗炎活性且呈现剂量依赖性, 其中化合物5的抗炎活性与阳性药相当。

本研究结果显示基胡蜂主要次生代谢产物为酚酸、甾体和乙酰多巴胺及其聚合物, 尤以酚酸和乙酰多巴胺最为典型。现代研究表明, 乙酰多巴胺和多酚类化合物广泛存在于昆虫中, 表现出较好的抗炎活性^[6]。本研究不仅丰富了对基胡蜂活性成分, 同时为胡蜂酒的现代开发和抗炎药物发现提供理论指导。

参考文献:

[1] 李铁生. 中国农区胡蜂[M]. 北京: 中国农业出版社, 1982: 1-252.
[2] 董大志, 王云珍. 云南胡蜂志[M]. 河南: 科学技术出版社, 2017: 1-241.
[3] 佚名. 神农本草经[M]. 黄爽, 辑. 北京: 中医古籍出版

社, 1982: 127-128.

[4] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 1250.
[5] 黄艳敏, 庞秀琴, 许静蕾, 等. 药用昆虫凹纹胡蜂三氯甲烷部位化学成分研究[J]. 大理大学学报, 2022, 7(8): 1-5.
[6] 刘超贺, 庞秀琴, 李成功, 等. 药用昆虫凹纹胡蜂化学成分及抗炎活性研究[J]. 中草药, 2023, 54(22): 7351-7357.
[7] 常雅萍. 黄腰胡蜂中抗炎活性成分的挖掘[D]. 大理: 大理大学, 2023.
[8] Yan Y, Yu L, Chen B, et al. Mastoparan M suppressed NLRP3 inflammasome activation by inhibiting MAPK/NF- κ B and oxidative stress in gouty arthritis[J]. *J Inflamm Res*, 2023, 16: 6179-6193.
[9] Saba E, Shafeeq T, Irfan M, et al. Anti-inflammatory activity of crude venom isolated from parasitoid wasp *Bracon hebetor* Say[J]. *Mediators Inflamm*, 2017, 2017: 6978194.
[10] Yun H S, Oh J, Lim J S, et al. Anti-inflammatory effect of wasp venom in BV-2 microglial cells in comparison with bee venom[J]. *Insects*, 2021, 12(4): 297.
[11] Gao Y, Yu W X, Duan X M, et al. Wasp venom possesses potential therapeutic effect in experimental models of rheumatoid arthritis[J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2020, 2020: 6394625.
[12] 袁仕梦, 车逸豪, 杨志斌, 等. 基胡蜂蜂毒的组成分析及生物活性评价[J]. 中国药理学杂志, 2021, 56(7): 531-538.
[13] Yu Z Y, Han C Y, Yu B, et al. Taxonomic characterization, and secondary metabolite analysis of *Streptomyces triticiradicis* sp. Nov.: a novel actinomycete with antifungal activity[J]. *Microorganisms*, 2020, 8(1): 77.
[14] 石静亚, 李孟, 张靖柯, 等. 怀菊花茎叶化学成分的研究[J]. 中成药, 2022, 44(2): 439-445.
[15] 王鹏程, 周先丽, 罗琴, 等. 青钱柳叶乙酸乙酯部位化学成分的研究[J]. 中国药理学杂志, 2018, 53(6): 418-420.
[16] 司金光, 张涛, 李凌宇, 等. 美洲大蠊的化学成分研究[J]. 中国药理学杂志, 2018, 53(3): 178-181.
[17] Ioannou E, Abdel-Razik A F, Zervou M, et al. 5 α , 8 α -epidioxysterols from the gorgonian *Eunicella cavolini* and the ascidian *Trididemnum inarmatum*: isolation and evaluation of their antiproliferative activity[J]. *Steroids*, 2009, 74(1): 73-80.
[18] Lee W, Lee H, Kim M A, et al. Evaluation of novel factor Xa inhibitors from *Oxya chinensis sinuosa* with anti-platelet aggregation activity[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 7934.
[19] 巨风, 郭文秀, 陈瑶, 等. 蝉花的化学成分[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28(3): 638-644.
[20] 王立东, 吴少华, 陈有为, 等. 一株印楝植物内生真菌 *Epicoccum* sp. 次生代谢产物的研究[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(6): 916-918.
[21] Yang L, Li G Y, Wang H Y, et al. N-acetyldopamine derivatives from *Periostracum cicadae*[J]. *Phytochem Lett*, 2015, 11: 275-279.
[22] Luo J J, Wei W J, Wang P, et al. (\pm)-Cryptamides A-D, four pairs of novel dopamine enantiomer trimers from the *Periostracum cicadae*[J]. *Molecules*, 2022, 27(19): 6707.
[23] 王炫瓔, 裴莉昕, 纪宝玉, 等. 山檀乙酸乙酯部位对LPS诱导RAW264.7细胞的影响[J]. 中药材, 2021, 44(9): 2205-2209.
[24] 赵志强, 安学瑞, 于雪慧, 等. 药西瓜中1个新的葫芦烷型三萜皂苷[J]. 中草药, 2024, 55(24): 8328-8335.