

[16] 刘丛彬, 刘海涛, 杨家欣, 等. 宁前胡内生真菌 *Fusarium tricinctum* 次生代谢产物研究[J]. 天然产物研究与开发, 2019, 31(9): 1580-1584.

[17] 刘现磊, 李 琨, 孙文静, 等. 川芎化学成分、药理作用及质量标志物的预测分析[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1569-1576.

[18] 刘紫薇, 徐紫晨, 朱飞飞, 等. 火麻仁化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测[J]. 中国新药杂志, 2025, 34(15): 1615-1623.

[19] 王春丽, 潘春柳, 姚李祥, 等. 鸡血藤的化学成分和药理作用研究进展[J]. 现代中药研究与实践, 2021, 35(2): 96-102.

[20] Doungwichitrkul T, Damsud T, Phuwapraisirisan P. α -Glucosidase inhibitors from cold-pressed black sesame (*Sesamum indicum*) meal: characterization of new furofuran lignans, kinetic study, and *in vitro* gastrointestinal digestion[J]. *J Agric Food Chem*, 2024, 72(2): 1044-1054.

[21] 雷 铁, 赵秋叶, 李珍全, 等. 小花八角果实中 1 个新的木脂素[J]. 药学学报, 2025, 60(8): 2555-2560.

[22] 石舒雅, 崔红花, 尹永芹, 等. 宽叶打碗花化学成分研究[J]. 中草药, 2019, 50(1): 36-41.

[23] 张红艳, 冉淦侨, 韩姗姗, 等. 微生物多级发酵对中药方剂功能活性及有效组分的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2021, 40(11): 90-96.

[24] 杨钧屹. 苗药头花蓼化学成分及检测方法的研究进展[J]. 农技服务, 2019, 36(9): 46-48.

[25] 刘建云, 夏家朗, 白 猛, 等. 红树无瓣海桑果实中糖苷鉴定及其延缓线虫衰老活性研究[J]. 热带海洋学报, 2025, 44(3): 148-156.

[26] 张 毅, 张建华, 吴 佳, 等. 黄腊果根的化学成分研究[J]. 华西药学杂志, 2016, 31(5): 443-447.

[27] Chen D J, Fan J T, Wang P, *et al.* Isolation, identification and antioxidative capacity of water-soluble phenylpropanoid compounds from *Rhodiola crenulata*[J]. *Food Chem*, 2012, 134(4): 2126-2133.

[28] 蒋小华, 韦玉璐, 白 军, 等. 山银花茎叶化学成分及其抗炎活性研究[J]. 中成药, 2024, 46(2): 484-489.

[29] 刘海杨, 杨银河, 杨大松. 基胡蜂化学成分及其抗炎活性研究[J]. 中成药, 2025, 47(8): 2593-2597.

[30] 何欢欢, 宋静茹, 卢凤来, 等. 干燥方法对罗汉果多糖结构及抗氧化活性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2025, 51(17): 223-231.

[31] Li Y, Zou L Y, Li T, *et al.* Mogroside V inhibits LPS-induced COX-2 expression/ROS production and overexpression of HO-1 by blocking phosphorylation of AKT1 in RAW264.7 cells[J]. *Acta Biochim Biophys Sin (Shanghai)*, 2019, 51(4): 365-374.

[32] Liu H S, Wang C C, Xiang Q Y, *et al.* Antiglycation and antioxidant activities of mogroside extract from *Siraitia grosvenorii* (Swingle) fruits[J]. *J Food Sci Technol*, 2018, 55(5): 1880-1888.

古钩藤根化学成分及其体外抗炎活性研究

刘 禹, 李 琰, 王 坤, 李 华*
(河南省中医院/河南中医药大学第二附属医院, 河南 郑州 450006)

摘要: **目的** 探讨古钩藤根的化学成分及其体外抗炎活性。**方法** 采用硅胶、Sephadex LH-20 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 LPS 诱导的 RAW264.7 模型评价体外抗炎活性。**结果** 从中分离得到 26 个化合物, 分别鉴定为 koaburaside (**1**)、sipandinolide (**2**)、procurecumenol (**3**)、atractylenother (**4**)、schizandrin (**5**)、rubrosterone (**6**)、poststerone (**7**)、3, 7-二羟基-4'-甲氧基黄酮 (**8**)、5, 7, 4'-三甲氧基黄酮 (**9**)、5, 7, 4'-三羟基-6-甲氧基黄酮 (**10**)、3, 5, 3-三羟基-4, 7-二甲氧基黄酮 (**11**)、matricarin (**12**)、8-羟基-6, 7-二甲氧基香豆素 (**13**)、springaldehyde (**14**)、syringaresinol (**15**)、5-oxymaltol (**16**)、schumannione (**17**)、polybotrin (**18**)、cannabispiranol (**19**)、5, 8-二羟基-1, 4-萘醌 (**20**)、medioresino (**21**)、confluentin (**22**)、8-hydroxy-6, 7-dihydrolinalool (**23**)、sintenin (**24**)、chalepensin (**25**)、atractylochromene (**26**)。化合物 **3**、**7**、**12**、**15** 和 **22** 的 IC₅₀ 值为 (13.16±0.69) ~ (73.54±0.73) μ mol/L, **22** 的 IC₅₀ 值与阳性药吲哚美辛相当 ($P>0.05$)。**结论** 化合物 **1~26** 均为首次从古钩藤中分离得到。化合物 **22** 具有显著的体外抗炎活性。

关键词: 古钩藤; 根; 化学成分; 分离鉴定; 体外抗炎活性

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2026)07-2244-09

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2026.07.017

收稿日期: 2025-10-20
基金项目: 河南省中医药科学研究专项课题 (2024ZY2063)
作者简介: 刘 禹 (1987—), 男, 硕士, 主治医师, 研究方向为中西医结合治疗危急疾病。E-mail: liuyu666zy@126.com
* 通信作者: 李 华 (1977—), 女, 硕士, 主任医师, 研究方向为内科急危重症、脓毒症。E-mail: zhangbuxin6666@163.com

Chemical constituents from the roots of *Cryptolepis buchananii* and their *in vitro* anti-inflammatory activity

LIU Yu, LI Yan, WANG Kun, LI Hua*

(Henan Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine / The Second Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450006, China)

ABSTRACT: **AIM** To study the chemical constituents from the roots of *Cryptolepis buchananii* Roem. et Schult and their *in vitro* anti-inflammatory activity. **METHODS** Separation and purification were performed using silica gel and Sephadex LH-20, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and spectral data. The *in vitro* anti-inflammatory activity was evaluated by RAW264.7 model induced by LPS. **RESULTS** Twenty-six compounds were isolated and identified as koaburaside (1), sipandinolide (2), procurcumenol (3), atractylenolther (4), schizandrin (5), rubrosterone (6), poststerone (7), 3, 7-dihydroxy-4'-methoxy-flavone (8), 5, 7, 4'-trimethoxyflavone (9), 5, 7, 4'-trihydroxy-6-methoxyflavone (10), 3, 5, 3-trihydroxy-4, 7-dimethoxyflavone (11), matricarin (12), 8-hydroxy-6, 7-dimethoxycoumarin (13), springaldehyde (14), syringaresinol (15), 5-oxymaltol (16), schumannione (17), polybotrin (18), cannabispiranol (19), 5, 8-dihydroxy-1, 4-naphthoquinone (20), medioresinol (21), confluentin (22), 8-hydroxy-6, 7-dihydroxylinalool (23), sintenin (24), chalepensin (25), atractylochromene (26). The IC₅₀ values of compounds 3, 7, 12, 15 and 22 were (13.16±0.69) – (73.54±0.73) μmol/L, and the IC₅₀ value of 22 was comparable to that of positive drug, indomethacin (*P*>0.05). **CONCLUSION** Compounds 1–26 are isolated from *C. buchananii* for the first time. Compound 22 has significant *in vitro* anti-inflammatory activity. **KEY WORDS:** *Cryptolepis buchananii* Roem. et Schult; roots; chemical constituents; isolation and identification; *in vitro* anti-inflammatory activity

古钩藤为萝藦科白叶藤属植物古钩藤 *Cryptolepis buchananii* Roem. et Schult. 的根，又称牛角藤、半架牛、白马连鞍^[1]，广泛分布于河南、云南、浙江、广东、广西等省份，具有活血化瘀、通络止痛、解毒消痈等作用，主要用于治疗风湿痹痛、腰腹疼痛、疮痈肿毒、哮喘、麻疹疥癣等^[2]。古钩藤主要化学成分为萜类、黄酮类、强心苷类、生物碱类、木脂素类、香豆素类、苯丙素类、醌类等^[3]。药理研究显示，古钩藤具有抗炎、抗疟、强心、抗肿瘤、抗氧化、镇痛、降血糖、降血脂、抗肝损伤等活性^[4]。张兴燊等^[5]研究显示，古钩藤提取液可明显抑制二甲苯诱导的炎症反应，缓解小鼠耳廓部位肿胀，减轻小鼠毛细血管的通透性。本研究对古钩藤 95% 乙醇提取物进行系统分离，并测定所得化合物的抗炎活性，以期丰富古钩藤化学成分库，阐明其抗炎活性的物质基础，为抗炎新药研发提供参考。

1 材料

Avance NEO 400 型核磁共振仪（德国 Bruker 公司）；Q Exactive™ HF-X 型质谱仪（美国 Thermo

Fisher Scientific 公司）；Hei-VAP 型旋转蒸发仪（德国 Heidolph 公司）；ME204E 型电子天平（瑞士 Mettler Toledo 公司）；Cubis® II 型分析天平（德国 Sartorius 公司）；ID5 型酶标仪 [美谷分子仪器（上海）有限公司]。柱色谱硅胶（德国 Merck 公司）；Sephadex LH-20 凝胶（美国 Cytiva 公司）。RAW 264.7 细胞（美国 ScienCell 研究实验室）。二甲基亚砜（DMSO）、噻唑蓝（MTT）（美国 Sigma-Aldrich 公司）；吲哚美辛（上海阿拉丁生化科技股份有限公司，批号 20241206）；Griess Reagent I 和 II（上海源叶生物科技有限公司，批号 GI2930、GIH2917）；DEME 培养基（上海源培生物科技股份有限公司，批号 20250409）；脂多糖（LPS，北京索莱宝科技有限公司，批号 20250317）；提取分离试剂均为分析纯。

古钩藤采自河南省登封市，经河南中医药大学第二附属医院王坤副教授鉴定为萝藦科植物古钩藤 *Cryptolepis buchananii* Roem. et Schult. 的干燥根。

2 提取与分离

取干燥古钩藤根 19.4 kg，加入 95% 乙醇，采

用回流提取法提取 3 次, 回收乙醇, 得古钩藤浸膏 2.3 kg。将总浸膏分散于水中, 依次用等体积不同有机溶剂萃取, 回收溶剂, 得石油醚浸膏 (Fr. A, 195.2 g)、二氯甲烷浸膏 (Fr. B, 236.8 g) 和正丁醇浸膏 (Fr. C, 223.6 g)。

Fr. A 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (75 : 25 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. A1 ~ Fr. A7。Fr. A2 (14.7 g) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. A2-1 ~ Fr. A2-8, Fr. A2-2 (176 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **1** (22 mg); Fr. A2-3 (268 mg), 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **2** (21 mg) 和 **3** (19 mg); Fr. A2-5 (206 mg) 采用 Sephadex LH-20 柱色谱分离, 以甲醇洗脱, 得化合物 **4** (18 mg); Fr. A2-8 (162 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **5** (27 mg) 和 **6** (21 mg)。Fr. A4 (19.2g) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. A4-1 ~ Fr. A4-8, Fr. A4-1 (192 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **10** (19 mg); Fr. A4-3 (261 mg) 采用 Sephadex LH-20 柱色谱分离, 以甲醇梯度洗脱, 得化合物 **16** (23 mg) 和 **17** (21 mg)。Fr. A6 (21.4g) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. A6-1 ~ Fr. A6-7, Fr. A6-3 (215 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **25** (23 mg) 和 **26** (21 mg); Fr. A6-4 (192 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **19** (21 mg) 和 **20** (20 mg); Fr. A6-7 (215 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **7** (19 mg)。

Fr. B 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (75 : 25 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. B1 ~ Fr. B8。Fr. B1 (15.3 g) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. B1-1 ~ Fr. B1-7, Fr. B1-2 (196 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **8** (20 mg) 和 **9** (23 mg); Fr. B1-3 (271 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **18** (19 mg); Fr. B1-6 (208 mg) 采

用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-二氯甲烷 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **14** (22 mg) 和 **15** (19 mg)。Fr. B3 (19.1 g) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. B3-1 ~ Fr. B3-8, Fr. B3-2 (204 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以环己烷-丙酮 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **21** (22 mg) 和 **22** (20 mg)。

Fr. C 采用硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (75 : 25 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. C1 ~ Fr. C12。Fr. C4 (17.2g) 采用硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (100 : 0 ~ 25 : 75) 梯度洗脱, 得到 Fr. C4-1 ~ Fr. C4-9; Fr. C4-3 (163 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **11** (21 mg) 和 **12** (22 mg); Fr. C4-6 (171 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **23** (24 mg) 和 **24** (28 mg); Fr. C4-7 (153 mg) 采用硅胶柱色谱分离, 以丙酮-甲醇 (45 : 55) 洗脱, 得化合物 **13** (21 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 517.536 9 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 6.09 (2H, s, H-2, 6), 4.71 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-1'), 3.84 (1H, brd, $J = 11.8, 5.2$ Hz, H-6'a), 3.65 (6H, s, 3, 5-OCH₃), 3.47 (1H, dd, $J = 11.8, 5.2$ Hz, H-6'b), 3.42 ~ 3.37 (3H, overlapped, H-2', 4', 5'), 3.25 (1H, m, H-3'); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 147.2 (C-1), 92.1 (C-2), 134.6 (C-3), 131.5 (C-4), 134.6 (C-5), 92.1 (C-6), 97.5 (C-1'), 76.1 (C-2'), 80.3 (C-3'), 72.3 (C-4'), 78.6 (C-5'), 63.1 (C-6'), 57.2 (2, 6-OCH₃)。以上数据与文献 [6] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 koaburaside。

化合物 **2**: 褐色粉末, ESI-MS m/z : 369.184 3 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 6.67 (1H, m, H-5), 5.97 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-4), 5.73 (1H, s, H-1), 4.91 (1H, brs, H-12b), 4.75 (1H, brs, H-12a), 2.63 (1H, m, H-6), 2.36 (2H, m, H-8), 2.07 (3H, brs, H-10), 1.94 (3H, s, H-14), 1.76 (2H, m, H-7), 1.58 (3H, s, H-13); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 96.5 (C-1), 152.1 (C-2), 124.6 (C-3), 115.3 (C-4), 137.2 (C-5), 48.6 (C-6), 27.3 (C-7), 30.7 (C-8), 173.5 (C-9), 28.6 (C-10), 142.1 (C-11), 111.8 (C-12), 20.3 (C-13), 13.1 (C-14), 153.6 (C-

15)。以上数据与文献 [7] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 sipandinolide。

化合物 **3**: 黄色油状物, ESI-MS m/z : 257.034 6 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 5.73 (1H, brs, H-9), 2.59 (1H, m, H-6b), 2.43 (1H, m, H-1), 2.27 (1H, m, H-6a), 2.09 (1H, m, H-2b), 2.06 (2H, m, H-3a, 3b), 2.02 (1H, m, H-5), 1.91 (3H, s, H-14), 1.83 (3H, s, H-13), 1.62 (3H, s, H-12), 1.53 (1H, m, H-2a), 1.31 (3H, s, H-15); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 49.3 (C-1), 27.1 (C-2), 40.2 (C-3), 79.1 (C-4), 54.1 (C-5), 29.3 (C-6), 137.1 (C-7), 185.3 (C-8), 131.3 (C-9), 146.3 (C-10), 135.1 (C-11), 20.6 (C-12), 23.1 (C-13), 25.2 (C-14), 26.1 (C-15)。以上数据与文献 [8] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 procurcumenol。

化合物 **4**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 253.343 9 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 4.91 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-15a), 4.63 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-15b), 4.84 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-12a), 3.95 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-12b), 2.37 (1H, dt, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-3a), 2.31 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-6a), 2.06 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-6b), 2.01 (1H, td, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-5), 1.81 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-9a), 1.76 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-5), 1.71 (3H, s, 13-CH₃), 1.53 (1H, m, H-2b), 1.49 (1H, m, H-2a), 1.43 (1H, dt, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-1a), 1.36 (1H, td, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-1b), 1.29 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-9b), 0.97 (3H, s, 14-CH₃); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 42.6 (C-1), 23.7 (C-2), 37.4 (C-3), 142.6 (C-4), 48.1 (C-5), 23.6 (C-6), 128.7 (C-7), 96.3 (C-8), 45.17 (C-9), 37.3 (C-10), 125.1 (C-11), 72.6 (C-12), 14.1 (C-13), 17.6 (C-14), 103.9 (C-15)。以上数据与文献 [9] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 atractylenolther。

化合物 **5**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 439.241 6 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 6.81 (1H, s, H-2), 6.73 (1H, s, H-5), 2.91 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-6a), 2.63 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-6b); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 143.2 (C-1), 137.6 (C-2), 146.9 (C-3), 108.2 (C-4), 131.6 (C-5), 39.1 (C-6), 73.2 (C-7), 46.1 (C-8),

37.1 (C-9), 135.2 (C-10), 108.2 (C-11), 143.2 (C-12), 131.6 (C-13), 135.9 (C-14), 120.6 (C-15), 121.5 (C-16), 15.3 (C-17), 29.1 (C-18)。以上数据与文献 [10] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 schizandrin。

化合物 **6**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 357.234 9 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 6.24 (1H, s, H-7), 4.31 (1H, brs, H-3), 4.06 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-2), 3.63 (1H, m, H-9), 2.97 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-5), 2.41 (2H, m, H-15), 2.03 (1H, t, $J=11.8$ Hz, H-1), 1.57 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-11), 0.97 (3H, s, H-19), 0.76 (3H, s, H-18); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 1339.1 (C-1), 67.4 (C-2), 66.3 (C-3), 34.1 (C-4), 51.6 (C-5), 197.5 (C-6), 123.1 (C-7), 157.6 (C-8), 36.1 (C-9), 40.2 (C-10), 21.3 (C-11), 30.6 (C-12), 54.1 (C-13), 79.3 (C-14), 35.6 (C-15), 248.0 (C-16), 206.2 (C-17), 18.1 (C-18), 26.9 (C-19)。以上数据与文献 [11] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 rubrosterone。

化合物 **7**: 白色粉末, ESI-MS m/z : 387.229 5 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 6.19 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-7), 4.36 (1H, brs, H-3), 4.17 (1H, dt, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-2), 3.71 (1H, t, $J=5.2$ Hz, H-9), 2.53 (3H, s, H-21), 0.97 (3H, s, H-19), 0.82 (3H, s, H-18); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 39.1 (C-1), 63.7 (C-2), 66.2 (C-3), 34.1 (C-4), 52.3 (C-5), 187.3 (C-6), 123.1 (C-7), 153.2 (C-8), 35.1 (C-9), 40.2 (C-10), 23.6 (C-11), 33.1 (C-12), 49.2 (C-13), 85.1 (C-14), 32.6 (C-15), 24.1 (C-16), 59.3 (C-17), 18.1 (C-18), 25.1 (C-19), 187.5 (C-20), 32.6 (C-21)。以上数据与文献 [12] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 poststerone。

化合物 **8**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 307.143 6 $[M + Na]^+$ 。 1H -NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) δ : 7.68 (2H, d, $J=11.8$ Hz, H-2', 6'), 7.53 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-5), 7.02 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-8), 6.97 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-6), 6.76 (2H, d, $J=11.8$ Hz, H-3', 5'), 3.84 (3H, s, 4'-OCH₃); ^{13}C -NMR ($CDCl_3$, 150 MHz) δ : 119.3 (C-1), 137.1 (C-2), 132.9 (C-3), 174.2 (C-4), 128.1 (C-5), 113.6 (C-6), 153.6 (C-7), 117.6

(C-8), 153.1 (C-9), 116.2 (C-10), 121.6 (C-1'), 126.5 (C-2'), 113.9 (C-3'), 162.1 (C-4'), 113.8 (C-5'), 128.1 (C-6'), 55.6 (4'-OCH₃)。以上数据与文献 [13] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 3, 7-二羟基-4'-甲氧基黄酮。

化合物 **9**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 335.427 8 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 8.03 (2H, d, $J=5.2$ Hz, H-2', 6'), 7.62 (2H, d, $J=11.8$ Hz, H-3', 5'), 6.71 (1H, s, H-3), 6.34 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-6), 6.27 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-8), 4.01 (9H, s, 5, 7, 4'-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 124.5 (C-1), 143.7 (C-2), 126.7 (C-3), 168.2 (C-4), 155.1 (C-5), 93.8 (C-6), 157.1 (C-7), 93.1 (C-8), 152.1 (C-9), 106.4 (C-10), 121.6 (C-1'), 125.1 (C-2'), 105.7 (C-3'), 153.9 (C-4'), 105.7 (C-5'), 125.1 (C-6'), 55.7 (5-OCH₃), 60.8 (7-OCH₃), 56.1 (4'-OCH₃)。以上数据与文献 [14] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 5, 7, 4'-三甲氧基黄酮。

化合物 **10**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 339.243 8 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.83 (2H, d, $J=11.8$ Hz, H-2', 6'), 6.69 (1H, s, H-8), 6.61 (2H, d, $J=11.8$ Hz, H-3', 5'), 6.42 (1H, s, H-3), 3.84 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 141.9 (C-1), 152.6 (C-2), 103.6 (C-3), 171.6 (C-4), 146.3 (C-5), 127.9 (C-6), 153.1 (C-7), 96.1 (C-8), 147.6 (C-9), 105.6 (C-10), 117.6 (C-1'), 124.9 (C-2'), 116.1 (C-3'), 153.7 (C-4'), 116.1 (C-5'), 127.3 (C-6'), 58.6 (6-OCH₃)。以上数据与文献 [15] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 5, 7, 4'-三羟基-6-甲氧基黄酮。

化合物 **11**: 黄色结晶, ESI-MS m/z : 353.238 4 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.51 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-6), 7.13 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-5), 7.09 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-2), 6.42 (1H, d, $J=5.2$ Hz, H-10), 6.23 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-8), 3.81 (3H, s, 7-OCH₃), 3.76 (3H, s, 4-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 103.5 (C-1), 95.8 (C-2), 137.1 (C-3), 176.2 (C-4), 158.1 (C-5), 96.8 (C-6), 167.3 (C-7), 158.4 (C-8), 157.1 (C-9), 106.2 (C-10), 125.4 (C-1'), 117.5 (C-2'), 137.2 (C-3'), 143.2 (C-4'), 111.9 (C-5'), 120.6 (C-6'), 59.2

(4-OCH₃), 56.9 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 3, 5, 3-三羟基-4, 7-二甲氧基黄酮。

化合物 **12**: 白色针晶, ESI-MS m/z : 327.261 7 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 6.23 (1H, s, H-3), 4.71 (1H, td, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-8), 3.93 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-5), 3.82 (1H, t, $J=11.8$ Hz, H-6), 2.85 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H α -9), 2.52 (3H, s, 14-OCH₃), 2.46 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-11), 2.26 (1H, ddd, $J=11.8, 5.2, 1.6$ Hz, H-7), 2.21 (1H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-9), 2.08 (3H, s, 17-OCH₃), 2.01 (3H, s, 15-OCH₃), 1.56 (3H, d, $J=5.2$ Hz, 13-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 127.5 (C-1), 176.3 (C-2), 128.3 (C-3), 159.3 (C-4), 52.5 (C-5), 79.3 (C-6), 60.3 (C-7), 69.3 (C-8), 45.1 (C-9), 143.1 (C-10), 41.5 (C-11), 175.1 (C-12), 16.8 (C-13), 22.6 (C-14), 21.7 (C-15), 171.6 (C-16), 22.6 (C-17)。以上数据与文献 [17] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 matricarin。

化合物 **13**: 白色针晶, ESI-MS m/z : 245.041 9 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 7.32 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-4), 6.47 (1H, d, $J=11.8$ Hz, H-3), 6.35 (1H, s, H-5), 3.91 (3H, s, 7-OCH₃), 3.76 (3H, s, 6-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 124.6 (C-1), 154.6 (C-2), 107.5 (C-3), 141.5 (C-4), 103.8 (C-5), 147.2 (C-6), 136.2 (C-7), 146.1 (C-8), 142.6 (C-9), 112.4 (C-10), 55.6 (6-OCH₃), 60.2 (7-OCH₃)。以上数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 8-羟基-6, 7-二甲氧基香豆素。

化合物 **14**: 褐色固体, ESI-MS m/z : 205.038 1 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 9.71 (1H, s, CHO), 7.63 (2H, s, H-2), 4.06 (3H, s, 3-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ : 121.5 (C-1), 97.6 (C-2), 121.5 (C-3), 147.6 (C-4), 132.8 (C-5), 103.5 (C-6), 57.1 (3-OCH₃), 56.2 (5-OCH₃)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 springaldehyde。

化合物 **15**: 褐色粉末, ESI-MS m/z : 441.237 4 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ : 6.71 (4H, s, H-2, 6, 2', 6'), 4.86 (2H, d, $J=5.2$ Hz, H-7, 7'), 4.32 (2H, dd, $J=11.8, 5.2$ Hz, H-

9b, 9'b), 3.91 (2H, m, H-9a, 9'a), 3.76 (12H, s, 3, 3', 5, 5'-OCH₃), 3.28 (2H, m, H-8, 8'); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 141.5 (C-1), 105.9 (C-2), 151.8 (C-3), 133.6 (C-4), 151.8 (C-5), 103.1 (C-6), 88.6 (C-7), 55.2 (C-8), 71.4 (C-9), 141.5 (C-1'), 105.9 (C-2'), 151.8 (C-3'), 133.6 (C-4'), 151.8 (C-5'), 103.1 (C-6'), 88.6 (C-7'), 55.2 (C-8'), 71.4 (C-9'), 55.2 (3, 3', 5, 5'-OCH₃)。以上数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 syringaresinol。

化合物 **16**: 白色棱晶, ESI-MS *m/z*: 165.146 9 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 7.76 (1H, s, H-6), 2.31 (3H, s, H-7); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 123.5 (C-1), 141.6 (C-2), 135.8 (C-3), 156.4 (C-4), 143.1 (C-5), 136.5 (C-6), 15.3 (C-7)。以上数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 5-oxymaltol。

化合物 **17**: 白色油状物, ESI-MS *m/z*: 293.038 4 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 3.71 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-5), 2.04 (3H, s, H-10), 1.91 (3H, s, H-11), 1.63 (1H, m, H-6b), 1.51 (1H, m, H-6a), 1.36 (2H, m, H-8), 1.27 (2H, m, H-7), 1.05 (3H, t, *J* = 7.2 Hz, H-9); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 154.2 (C-1), 123.2 (C-2), 143.6 (C-3), 107.1 (C-4), 72.5 (C-5), 30.2 (C-6), 29.1 (C-7), 24.1 (C-8), 14.7 (C-9), 10.6 (C-10), 8.3 (C-11)。以上数据与文献 [21] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 schumannione。

化合物 **18**: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 410.413 9 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 7.73 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-4'), 5.83 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-5'), 5.67 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-2), 3.95 (1H, q, *J* = 11.8 Hz, H-3), 3.91 (1H, q, *J* = 5.2 Hz, H-5), 3.83 (1H, q, *J* = 5.2 Hz, H-4), 3.61 (1H, ddd, *J* = 11.8, 5.2, 2.2 Hz, H-6), 3.54 (1H, ddd, *J* = 11.8, 5.2, 2.2 Hz, H-6); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 97.1 (C-1), 85.3 (C-2), 74.6 (C-3), 70.2 (C-4), 83.1 (C-5), 61.3 (C-6), 151.8 (C-1'), 157.6 (C-2'), 143.5 (C-3'), 132.6 (C-4'), 99.8 (C-5')。以上数据与文献 [22] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 polybotrin。

化合物 **19**: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 369.437 6

[M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 6.31 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-6), 6.08 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-4), 3.95 (1H, t, *J* = 11.8 Hz, H-4'), 2.93 (2H, d, *J* = 11.8 Hz, H-3), 2.81~2.73 (2H, m, H-2'b, 6'b), 1.95 (2H, d, *J* = 11.8 Hz, H-2), 1.82~1.79 (4H, m, H-3', 5'), 1.19 (2H, d, *J* = 11.8 Hz, H-2'a, 6'a); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 50.2 (C-1), 36.1 (C-2), 32.6 (C-3), 99.7 (C-4), 152.9 (C-5), 99.4 (C-6), 13.6 (C-7), 127.3 (C-8), 137.3 (C-9), 57.2 (C-10), 31.9 (C-1'), 30.2 (C-2'), 31.2 (C-3'), 67.1 (C-4'), 31.9 (C-5'), 30.6 (C-6')。以上数据与文献 [23] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 cannabispiranol。

化合物 **20**: 红色结晶, ESI-MS *m/z*: 213.138 1 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 11.36 (1H, s, 5, 8-OH), 6.95 (4H, s, H-2, 3, 6, 7); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 163.5 (C-1), 131.6 (C-2), 135.6 (C-3), 171.9 (C-4), 153.2 (C-5), 123.5 (C-6), 132.6 (C-7), 120.6 (C-8), 113.7 (C-9), 131.9 (C-10)。以上数据与文献 [24] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 5, 8-二羟基-1, 4-萘醌。

化合物 **21**: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 411.329 1 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 7.11 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-5'), 6.93 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-2'), 6.74 (2H, s, H-2, 6), 6.63 (1H, m, H-6'), 4.46 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-7'), 4.41 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-7), 4.23 (2H, m, H-9, 9'), 3.82 (9H, s, 3, 3'-OCH₃), 2.94 (2H, m, H-8, 8'); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 129.2 (C-1), 98.5 (C-2), 137.6 (C-3), 132.1 (C-4), 146.9 (C-5), 104.1 (C-6), 86.9 (C-7), 54.1 (C-8), 70.6 (C-9), 121.6 (C-1'), 107.3 (C-2'), 145.1 (C-3'), 144.6 (C-4'), 116.8 (C-5'), 119.3 (C-6'), 86.1 (C-7'), 54.2 (C-8'), 70.9 (C-9'), 55.3 (3, 3'-OCH₃)。以上数据与文献 [25] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 medioresinol。

化合物 **22**: 褐色粉末, ESI-MS *m/z*: 323.317 2 [M + Na]⁺。¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 6.57 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-4), 6.31 (1H, s, H-6), 6.18 (1H, s, H-8), 5.67 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-3), 5.25 (1H, m, H-3'), 5.08 (1H, m, H-7'), 2.09 (2H, m, H-2'), 2.04 (3H, s, 13'-CH₃), 1.97 (2H, m, H-6'), 1.76 (2H, m, H-5'), 1.64

(3H, s, 9'-OH₃), 1.61 (2H, m, H-11'), 1.59 (3H, s, 10'-OCH₃), 1.52 (3H, s, 12'-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 93.2 (C-1), 79.1 (C-2), 126.5 (C-3), 117.1 (C-4), 143.6 (C-5), 106.9 (C-6), 141.2 (C-7), 106.2 (C-8), 40.2 (C-1'), 23.4 (C-2'), 125.1 (C-3'), 132.6 (C-4'), 40.3 (C-5'), 27.2 (C-6'), 123.1 (C-7'), 128.6 (C-8'), 26.1 (C-9'), 18.3 (C-10'), 17.4 (C-11'), 27.2 (C-12'), 22.4 (C-13')。以上数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 confluentin。

化合物 **23**: 褐色粉末, ESI-MS *m/z*: 195.243 9 [M + Na]⁺。 ¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 6.13 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-2), 5.23 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-1b), 4.93 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-1a), 3.51 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-8b), 3.36 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-8a), 1.47 ~ 1.23 (5H, m, H-4a, 4b, 5a, 5b, 6b), 1.19 (3H, s, 9-OCH₃), 1.03 (1H, m, H-6a), 0.88 (3H, d, *J* = 5.2 Hz, 10-OCH₃); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 106.2 (C-1), 143.1 (C-2), 74.3 (C-3), 34.1 (C-4), 22.6 (C-5), 43.1 (C-6), 36.1 (C-7), 67.3 (C-8), 29.1 (C-9), 17.3 (C-10)。以上数据与文献 [26] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 8-hydroxy-6, 7-dihydrolinalool。

化合物 **24**: 白色油状物, ESI-MS *m/z*: 313.239 1 [M + Na]⁺。 ¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 5.18 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-1), 4.92 (1H, m, H-9), 4.71 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-5), 4.53 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-6), 4.31 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-3), 2.48 (1H, m, H-2a), 2.29 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-8b), 2.17 (1H, m, H-11), 1.96 (3H, s, H-2'), 1.87 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-8a), 1.81 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-2b), 1.76 (1H, m, H-7), 1.69 (3H, s, H-15), 1.61 (3H, s, H-14), 1.30 (3H, d, *J* = 5.2 Hz, H-13); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 131.5 (C-1), 30.9 (C-2), 79.1 (C-3), 136.4 (C-4), 126.3 (C-5), 80.3 (C-6), 44.8 (C-7), 29.1 (C-8), 79.2 (C-9), 135.1 (C-10), 39.7 (C-11), 174.2 (C-12), 11.6 (C-13), 13.2 (C-14), 14.1 (C-15), 162.1 (C-1'), 22.3 (C-2'), 171.2 (C-3'), 21.3 (C-4')。以上数据与文献 [27] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 sintenin。

化合物 **25**: 白色粉末, ESI-MS *m/z*: 251.264 8 [M + Na]⁺。 ¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 8.05 (1H, s, H-4), 7.73 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-2'), 7.71 (1H, s, H-8), 7.13 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-3'), 7.02 (1H, s, H-5), 6.54 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-10), 5.26 (1H, dd, *J* = 11.8, 5.2 Hz, H-11), 1.64 (3H, s, H-13), 1.61 (3H, s, H-12); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 146.2 (C-1), 157.8 (C-2), 132.6 (C-3), 142.9 (C-4), 118.6 (C-5), 123.6 (C-6), 155.1 (C-7), 100.3 (C-8), 42.3 (C-9), 142.8 (C-10), 113.1 (C-11), 28.6 (C-12), 29.1 (C-13), 142.7 (C-1'), 142.7 (C-2'), 100.3 (C-3')。以上数据与文献 [28] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 chalepensis。

化合物 **26**: 白色针晶, ESI-MS *m/z*: 253.271 9 [M + Na]⁺。 ¹H-NMR (CDCl₃, 600 MHz) δ: 6.51 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-7), 6.42 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-5), 6.19 (1H, d, *J* = 5.2 Hz, H-4), 5.36 (1H, t, *J* = 11.8 Hz, H-3'), 5.21 (1H, d, *J* = 11.8 Hz, H-3), 2.23 (2H, m, H-2'), 2.09 (3H, s, 8-CH₃), 1.71 (3H, s, H-5'), 1.53 (2H, t, *J* = 11.8 Hz, H-1'), 1.42 (3H, s, 2-CH₃), 1.26 (3H, s, H-6'); ¹³C-NMR (CDCl₃, 150 MHz) δ: 115.6 (C-1), 79.3 (C-2), 127.3 (C-3), 123.1 (C-4), 108.3 (C-5), 149.1 (C-6), 116.5 (C-7), 125.6 (C-8), 39.5 (C-1'), 23.7 (C-2'), 121.5 (C-3'), 125.6 (C-4'), 27.1 (C-5'), 19.3 (C-6'), 27.6 (2-CH₃), 16.1 (8-CH₃)。以上数据与文献 [29] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 atractylochromene。

4 体外抗炎活性研究

4.1 细胞毒性测定 参考文献 [30] 方法, 取对数期 RAW264.7 细胞, 用培养基稀释至密度为 2.0×10⁴ 个/mL, 接种于 96 孔板中, 每孔 100 μL, 置于 37 °C 恒温无菌培养箱内孵育 24 h, 吸弃上层液体, 每孔加入 100 μL 磷酸盐缓冲液清洗后, 给药组分别加入浓度为 10、20、40、80、160、320 μmol/L 的化合物 **1~26**, 对照组加入等体积生理盐水, 空白组加入等体积不含细胞的培养基, 每组设置 3 个复孔, 孵育 24 h, 吸弃上层液体, 每孔加入 10% CCK-8 溶液 100 μL, 继续孵育 0.5 h, 采用酶标仪在 480 nm 波长处测定光密度 (OD), 按公式 (1) 计算细胞存活率。结果显示, 浓度为 10、20、40、80 μmol/L 时, 所得化合物对 RAW264.7 巨噬

细胞表现出较低的毒性，因此选择上述浓度评价化合物对 LPS 诱导的 RAW 264.7 细胞 NO 释放的抑制活性。

细胞存活率 =
$$\frac{(\text{OD}_{\text{给药组}} - \text{OD}_{\text{空白组}})}{(\text{OD}_{\text{对照组}} - \text{OD}_{\text{空白组}})} \times 100\%$$
 (1)

4.2 抗炎活性检测 取对数生长期的 RAW264.7 细胞，采用培养基稀释至密度为 2.0×10^4 个/mL，分别接种于 96 孔板中，每孔 100 μL ，孵育 24 h。空白组加入培养基，模型组加入 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS，阳性组加入吲哚美辛，给药组加入化合物（浓度分别为 10、20、40、80 $\mu\text{mol/L}$ ），每孔 100 μL ，继续

孵育 24 h。取上清液 50 μL ，置于 96 孔板内，每孔加入 Griess Reagent I 和 II 各 50 μL ，继续孵育 0.5 h，采用酶标仪在 480 nm 波长处测定吸光度 (A)，按公式 (2) 计算 NO 抑制率，通过 GraphPad Prism 软件计算 IC_{50} 值。

NO 抑制率 =
$$\frac{(A_{\text{模型组}} - A_{\text{给药组}})}{(A_{\text{模型组}} - A_{\text{空白组}})} \times 100\%$$
 (2)

结果显示，化合物 **3**、**7**、**12**、**15** 和 **22** 能较好抑制 NO 的释放，具有良好的体外抗炎活性，其中化合物 **22** 的 IC_{50} 与阳性药吲哚美辛相当 ($P > 0.05$)，其他化合物无明显体外抗炎活性。

表 1 各化合物 IC_{50} 值 ($\bar{x} \pm s$, $n = 3$)
Tab. 1 IC_{50} values of various compounds ($\bar{x} \pm s$, $n = 3$)

化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	化合物	$\text{IC}_{50}/(\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$
1	>80 *	15	47.64±0.72 *
2	>80 *	16	>80 *
3	73.54±0.73 *	17	>80 *
4	>80 *	18	>80 *
5	>80 *	19	>80 *
6	>80 *	20	>80 *
7	59.43±0.70 *	21	>80 *
8	>80 *	22	13.16±0.69
9	>80 *	23	>80 *
10	>80 *	24	>80 *
11	>80 *	25	>80 *
12	29.38±0.71 *	26	>80 *
13	>80 *	吲哚美辛	12.35±0.67
14	>80 *		

注：与吲哚美辛比较，* $P < 0.05$ 。

5 讨论

本研究从古钩藤根中分离鉴定出 26 个化合物，均为首次从古钩藤中分离得到，结构类型丰富多样，涵盖了萜类 (**1~3**、**6**、**7**、**12**、**17**、**22**、**23**、**25**、**26**)、黄酮类 (**8~11**、**18**)、木脂素类 (**5**、**15**、**21**)、香豆素类 (**13**、**25**)、醌类 (**17**、**20**、**24**)、苯丙素 (**14**、**16**) 等，充分体现了古钩藤作为传统中药，具有复杂的药效物质基础。

炎症是诱发多种疾病的病理因素，开发安全、有效的抗炎新药具有重要的临床价值。古钩藤活血化瘀、解毒消痛的功效与现代抗炎药理作用密切相关。张兴桑等^[31] 研究显示，古钩藤可明显提高小鼠痛阈值，减轻诱二甲苯所致小鼠机体的炎症反应。本研究发现，古钩藤中多种化合物具有潜在的抗炎活性，尤其化合物 **22** 的抗炎活性最为显著，本研究结果可为抗炎药物的研发提供丰富的候选物质。

参考文献：

[1] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编 (下册) [M]. 北京：人民卫生出版社，1976：170-172.

[2] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京：科学出版社，1977：163-164.

[3] 王 丽，甄汉深，梁臣艳，等. 古钩藤的研究概况[J]. 中国民族民间医药，2017，26(13)：64-67.

[4] 欧 莹，莫善列，肖智会，等. 古钩藤研究发展现状[J]. 中国民族民间医药，2013，22(4)：16-17.

[5] 张兴桑，周 芳，廖月葵，等. 古钩藤镇痛抗炎药理作用的实验研究[J]. 时珍国医国药，2007，6 (7)：1603-1604.

[6] 张国强，雷 玉，吴银飞，等. 傣药倒心盾翅藤茎的化学成分研究[J]. 中药新药与临床药理，2025，36 (7)：1145-1150.

[7] 班宇航，刘 欢，柳 航，等. 湖北金粟兰乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 现代中药研究与实践，2025，39(2)：55-60.

[8] Nishidono Y, Chiyomatsu T, Saifudin A, *et al.* Comparative study on the chemical constituents of *Curcuma* drugs[J]. *J Asia-*

Japan Res Ins Ritsumeikan Univ, 2020, 2(21): 15-33.

[9] 孙 杰,王 静,孙 朝,等. 关苍术不同极性部位化学成分研究及其抗肿瘤活性研究[J]. 中南药学, 2024, 22(12): 3162-3168.

[10] 李昕卓,徐浩南,吴 莹,等. 华中五味子根皮联苯环辛烯型木脂素化学成分研究[J]. 中南药学, 2025, 23(2): 343-348.

[11] 苏芳谊,李 波,肖 斌,等. 露水草甾酮类化学成分及其体外抗 HSV-1 活性研究[J]. 中国中药杂志, 2024, 49(22): 6165-6172.

[12] Yang L, Hui A L, Pan J, *et al.* Ecdysterone accelerates healing of radiation-induced oral mucositis in rats by increasing matrix cell proliferation[J]. *Radiat Res*, 2019, 191(3): 237-244.

[13] 杨新洲,吕静南,徐 婵,等. 鬼箭锦鸡儿细胞毒活性成分研究[J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2015, 37(1): 134-139.

[14] Sutthanut K, Sripanidkulchai B, Yenjai C, *et al.* Simultaneous identification and quantitation of 11 flavonoid constituents in *Kaempferia parviflora* by gas chromatography[J]. *J Chromatogr A*, 2007, 1143(1-2): 227-233.

[15] 刁克鹏,李 伟,向康林,等. 黄果茄中 1 个新的黄酮类化合物[J]. 中草药, 2020, 51(15): 3845-3849.

[16] Weng J R, Bai L Y, Lin W Y, *et al.* A flavone constituent from *Myoporum bontioides* induces M-phase cell cycle arrest of MCF-7 breast cancer cells[J]. *Molecules*, 2017, 22(3): 472-479.

[17] 姜国东,张森雨,刘亚凤,等. 光叶兔耳风石油醚部位化学成分和抗菌活性研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2024, 32(5): 660-666.

[18] 张红艳,王青虎,郝俊生,等. 蒙药泡囊草化学成分的分离与鉴定[J]. 中国药物化学杂志, 2018, 28(3): 232-236.

[19] 王 凝,王晓霞,柳 航,等. 地骨皮乙酸乙酯部位化学成分研究[J]. 现代中药研究与实践, 2024, 38(3): 17-21.

[20] 尹嘉敏,王仁中,曾凡俊,等. 瓜蒌皮的化学成分研究[J]. 安徽中医药大学学报, 2024, 43(3): 104-109.

[21] Rob M M, Ozaki K, Teruya T, *et al.* Schumannione, a new butenolide derivative isolated from *Schumannianthus dichotomus* as a potential phytotoxic agent[J]. *Tetrahedron Lett*, 2020, 61(30): 152168-152173.

[22] 吴清源,汪丽丽,黄国正,等. 江南星蕨化学成分的分离与鉴定[J]. 上海师范大学学报 (自然科学版), 2023, 52(4): 424-431.

[23] 张世鹏,秦 俞,李佳鑫,等. 火麻仁化学成分研究[J]. 沈阳药科大学学报, 2023, 40(4): 413-421.

[24] 付起凤,魏砚君,方振兴,等. 核桃楸皮的化学成分研究[J]. 中医药信息, 2022, 39(12): 1-4; 10.

[25] 邹 健,王 笑,周先丽. 青钱柳叶的化学成分研究[J]. 广东化工, 2024, 51(9): 159-167.

[26] 马艳子,程 琪,樊自碧,等. 大白杜鹃花化学成分及其抗肿瘤细胞毒活性[J]. 云南大学学报 (自然科学版), 2024, 46(3): 555-560.

[27] 陈 曦,李喜安,南泽东,等. 白苞蒿地上部分化学成分的研究[J]. 中成药, 2020, 42(1): 97-101.

[28] 蒋崇云,李淑聪,武 倩,等. 石椒草化学成分研究[J]. 中国药科大学学报, 2023, 54(4): 468-473.

[29] 周媛媛,孙 杰,江冰悦,等. 关苍术亲脂性化学成分研究[J]. 中医药信息, 2024, 41(1): 32-35; 43.

[30] Niu X M, Li S H, Li M L, *et al.* Cytotoxic ent-kaurane diterpenoids from *Isodon eriocalyx* var. *laxiflora*[J]. *Planta Med*, 2002, 68(6): 528-533.

[31] 张兴燊,文丽艳,秦红玲,等. 古钩藤醇提液镇痛抗炎药理作用的实验研究[J]. 时珍国医国药, 2009, 20(11): 2735-2736.