

假药化学成分及抗神经炎活性研究

周漫佳, 郭佳琪, 周新哲, 吕嘉晖, 李华强, 蒙雄裕, 施琦*, 秦路平*
浙江中医药大学药学院, 浙江 杭州 311403

摘要: 目的 研究假药 *Piper sarmentosum* 的化学成分及其抗神经炎活性。方法 运用多种柱色谱技术进行分离纯化, 并采用波谱数据和理化数据鉴定化合物结构。同时对化合物进行抗神经炎活性的测试。结果 从假药 95%乙醇提取物中分离得到 18 个化合物, 分别鉴定为 (*Z*)-3-(3,4-二甲氧基苯基)-1-(1-吡咯烷基)-2-丙烯-1-酮 (1)、金色酰胺醇酯 (2)、sarmentamide B (3)、*N*-对香豆酰酪胺 (4)、piperlotine D (5)、piperlotine C (6)、墙草碱 (7)、假药亭碱 (8)、piperlotine J (9)、马兜铃内酰胺 BII (10)、piperolactam B (11)、tatarinoid C (12)、1-(2,4,5-三甲氧基苯基)-1,2-丙二酮 (13)、3-羟基- β -二氢大马酮 (14)、(3*E*)-4-[(3*R*,4*S*)-3,4-二羟基-2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-基]-3-丁烯-2-酮 (15)、吐叶醇 (16)、6,7-dehydro-7,8-dihydro-3-oxo- α -ionol (17)、3-氧代- α -紫罗兰醇 (18)。化合物 2 对脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 刺激的 BV2 细胞释放 NO 具有抑制作用, 其半数抑制浓度 (half maximal inhibitory concentration, IC₅₀) 值为 (10.77 ± 3.19) μ mol/L; 化合物 4 和 8 对乙酰胆碱酯酶抑制活性的 IC₅₀ 值分别为 (48.82 ± 3.40) μ mol/L 和 (45.62 ± 5.32) μ mol/L。结论 化合物 1 为新的酰胺生物碱类化合物, 命名为假药亭碱 B; 化合物 11 和 12 为首次从假药中分离得到。化合物 2 具有显著 NO 释放抑制活性, 化合物 4 和 8 具有一定的乙酰胆碱酯酶抑制活性。

关键词: 胡椒属; 假药; 酰胺生物碱; 假药亭碱 B; *N*-对香豆酰酪胺; 抗神经炎活性

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)01-0044-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.01.006

Chemical constituents of *Piper sarmentosum* and their anti-neuroinflammatory activity

ZHOU Manjia, GUO Jiaqi, ZHOU Xinzhe, LYU Jiahui, LI Huaqiang, MENG Xiongyu, SHI Qi, QIN Luping
School of Pharmaceutical Sciences, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 311403, China

Abstract: Objective This study aims to investigate the chemical constituents of *Piper sarmentosum* and their anti-neuroinflammatory activities. **Methods** A variety of column chromatographic techniques were used to separate and purify, and the structure of the compounds was identified by spectral and physiochemical data, and the anti-neuroinflammatory activity of these compounds was tested. **Results** A total of 18 compounds were isolated from 95% ethanol extract of *P. sarmentosum* and were identified as (*Z*)-3-(3,4-dimethoxyphenyl)-1-(pyrrolidin-1-yl)prop-2-en-1-one (1), aurantiamide acetate (2), sarmentamide B (3), *N*-*p*-coumaroyltyramine (4), piperlotine D (5), piperlotine C (6), pellitorine (7), sarmentine (8), piperlotine J (9), cepharanone B (10), piperolactam B (11), tatarinoid C (12), 1-(2,4,5-trimethoxyphenyl)-1,2-propanedione (13), 3-hydroxy- β -damascone (14), (3*E*)-4-[(3*R*,4*S*)-3,4-dihydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl]-3-buten-2-one (15), vomifoliol (16), 6,7-dehydro-7,8-dihydro-3-oxo- α -ionol (17), 3-oxo- α -ionol (18). Compound 2 had inhibitory effect on NO release of LPS-stimulated BV2 cells with IC₅₀ value of (10.77 ± 3.19) μ mol/L. Compounds 4 and 8 inhibited acetylcholinesterase with IC₅₀ values of (48.82 ± 3.40) and (45.62 ± 5.32) μ mol/L, respectively. **Conclusion** Compound 1 was a new amide alkaloid and named as piperine B. Compounds 11 and 12 were isolated from *P. sarmentosum* for the first time. Compound 2 showed significantly inhibited NO release activity, and compounds 4 and 8 had certain acetylcholinesterase inhibitory activity.

Key words: *Piper L.*; *Piper sarmentosum* Roxb.; camide alkaloids; piperine B; *N*-*p*-coumaroyltyramine; anti-neuroinflammatory activity

收稿日期: 2024-09-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (U2202213); 浙江中医药大学校级科研项目人才专项 (2023RCZXK27)

作者简介: 周漫佳, 硕士研究生, 研究方向为中药资源品质评价与开发利用。E-mail: zmjsama@126.com

*通信作者: 秦路平, 教授, 博士生导师, 从事中药资源品质评价与开发利用。E-mail: lpqin@zcmu.edu.cn

施琦, 助理研究员, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: mikaelforget@163.com

胡椒属 *Piper* L.为胡椒科最大的属,全世界约有 2260 种,我国胡椒属植物有 60 余种,广泛分布于东南至西南各省区^[1]。一直以来,胡椒属植物在食品及医学领域都具有极高的利用价值,如胡椒 *Piper nigrum* L.和荜拔 *P. longum* L.为全世界广泛使用的传统药物和香料^[2]。假蒟 *P. sarmentosum* Roxb., 别名蛤蒟、假蒟、荜茇等,为胡椒科胡椒属多年生草本植物^[1],分布于我国广西、广东、海南及福建等地并被广泛使用。《中华本草》记载,假蒟味苦、性温,归心、肺、脾、大肠经,具有祛风散寒、行气止痛和消肿、活络的功效,主治风寒咳嗽、风湿腰痛、脘腹胀满、泄泻痢疾、产后脚肿、跌打损伤^[3]。现代研究表明,假蒟含有多种化学成分,如酰胺生物碱类、萜类、苯丙素类、黄酮类及酚苷类等^[4],具有抗癌^[5]、抗炎^[6]、抗氧化^[7]、抗菌^[8]、抗骨质疏松^[9]和神经保护^[10]等多种药理活性。为进一步揭示假蒟中的化学成分,阐释其药理作用,本研究以假蒟干燥地上部分的 95%乙醇提取物为研究对象,综合运用多种色谱分离技术挖掘假蒟中的化学成分,从中分离得到 18 个化合物,分别鉴定为 (Z)-3-(3,4-二甲氧基苯基)-1-(1-吡咯烷基)-2-丙烯-1-酮 [(Z)-3-(3,4-dimethoxyphenyl)-1-(pyrrolidin-1-yl)prop-2-en-1-one, **1**]、金色酰胺醇酯 (aurantiamide acetate, **2**)、sarmentamide B (**3**)、*N*-对香豆酰酪胺 (*N*-p-coumaroyltyramine, **4**)、piperlotine D (**5**)、piperlotine C (**6**)、墙草碱 (pellitorine, **7**)、假蒟葶碱 (sarmentine, **8**)、piperlotine J (**9**)、马兜铃内酰胺 BII (cepharanone B, **10**)、piperolactam B (**11**)、tatarinoid C (**12**)、

1-(2,4,5-三甲氧基苯基)-1,2-丙二酮 [1-(2,4,5-trimethoxyphenyl)-1,2-propanedione, **13**]、3-羟基-β-二氢大马酮 (3-hydroxy-β-damascone, **14**)、(3*E*)-4-[(3*R*,4*S*)-3,4-二羟基-2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-基]-3-丁烯-2-酮 ((3*E*)-4-[(3*R*,4*S*)-3,4-dihydroxy-2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl]-3-buten-2-one, **15**)、吐叶醇 (vomifoliol, **16**)、6,7-dehydro-7,8-dihydro-3-oxo-α-ionol (**17**)、3-氧代-α-紫罗兰醇 (3-oxo-α-ionol, **18**)。化合物 **1**~**18** 的结构见图 1。其中化合物 **1** 为新的酰胺生物碱类化合物,命名为假蒟葶碱 B; 化合物 **11** 和 **12** 为首次从假蒟中分离得到。体外抗神经炎活性表明,化合物 **2** 对脂多糖 (lipopolysaccharide, LPS) 诱导的 BV2 细胞具有显著 NO 释放抑制活性,化合物 **4** 和 **8** 具有一定的乙酰胆碱酯酶抑制活性。

1 材料与仪器

1.1 仪器与耗材

AB SCIEX QTRAP 5500 型质谱仪 (美国 AB SCIEX 公司); Bruker AM-600 核磁共振波谱仪 (德国 Bruker 公司); Nicolet IS50 型红外光谱仪 (美国 Thermo Fisher 公司); UV-3600i plus 紫外可见近红外分光光度计 (日本岛津公司); AUTOPOL IV-T 全自动旋光仪 (美国 Rudolph Research Analytical 公司)。

柱色谱硅胶 (80~120、200~300 目,青岛海洋化工有限公司); ODS (50 μm, 日本 YMC 公司); Chiralpak IC 色谱柱 (250 mm×4.5 mm, 5 μm, 中国大赛璐公司); LC-2010 双泵半制备型高效液相色谱 (武汉睿合色谱技术有限公司); 反相硅胶 RP-C18

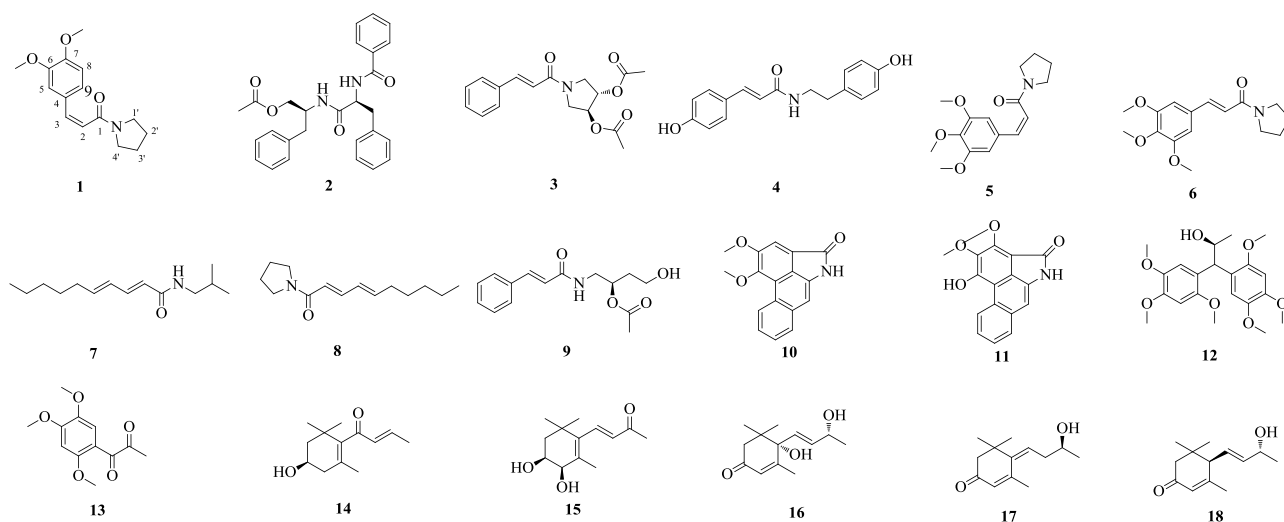


图 1 化合物 1~18 的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1—18

(250 mm×10 mm, 5 μm, 上海月旭有限公司); 薄层色谱硅胶板 (60 F₂₅₄, 烟台化工研究所); 分析纯试剂 (广东光华科技股份有限公司); 色谱乙腈和色谱甲醇 (美国天地公司); NO 试剂盒 (南京建成生物工程研究所); 电鳗乙酰胆碱酯酶、碘代硫代乙酰胆碱、石杉碱甲、2-硝基苯甲酸均购自美国 Sigma 公司; 磷酸钠、磷酸二氢钠、碳酸氢钠购买自上海麦克林公司。

1.2 材料

假蒟样品于 2022 年 9 月采自广西贵港市港南区, 经浙江中医药大学药学院张巧艳教授鉴定为胡椒科植物假蒟 *P. sarmentosum* Roxb.。凭证标本 (ID-20221129Z) 存于浙江中医药大学药学院中药资源与生药学教研室 4A402 室。

2 方法

2.1 提取与分离

取假蒟干燥地上部分 (100.0 kg), 以 95%乙醇 50 °C 加热浸泡提取 4 次, 减压浓缩得乙醇提取浸膏 (15.1 kg)。采用二氯甲烷和醋酸乙酯依次萃取浓缩, 得到二氯甲烷萃取物 (2.4 kg) 和醋酸乙酯萃取物 (420.0 g)。

二氯甲烷萃取部位经硅胶柱色谱分离, 以石油醚-醋酸乙酯 (20:1→1:1) 梯度洗脱, 得到 5 个组分 (Fr. A1~A5)。Fr. A4 (80.0 g) 经 ODS 柱色谱, 甲醇-水 (20:80→100:0) 梯度洗脱, 合并相似洗脱液后得到 5 个组分 (Fr. A4.1~A4.5)。Fr. A4.2 (6.4 g) 经硅胶柱色谱分离, 石油醚-醋酸乙酯 (10:1→1:1) 梯度洗脱, 合并后得到 3 个组分 (Fr. A4.2.1~A4.2.3)。Fr. A4.2.2 (446.9 mg) 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 40:60, 2.0 mL/min), 分离得到 6 个组分 Fr. A4.2.2.1~A4.2.2.6。Fr. A4.2.2.4 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 70:30, 2.0 mL/min) 分离纯化得化合物 **12** (11.0 mg, $t_R=32.1$ min)。Fr. A4.2.3 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 35:65, 2.0 mL/min) 分离纯化得到化合物 **2** (1.4 mg, $t_R=32.0$ min) 和 **3** (17.2 mg, $t_R=45.0$ min)。Fr. A4.3 经硅胶柱色谱分离, 石油醚-醋酸乙酯 (10:1→1:1) 梯度洗脱, 得到 5 个组分 (Fr. A4.3.1~A4.3.5)。Fr. A4.3.2 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 50:50, 2.0 mL/min) 分离纯化得到化合物 **10** (5.6 mg, $t_R=32.0$ min) 和 **16** (4.0 mg, $t_R=46.0$ min)。Fr. A4.3.4 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 35:65, 2.0 mL/min) 分离, 得到化合物 **9** (5.0 mg, $t_R=$

69.0 min)。Fr. A4.3.5 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 56:44, 2.0 mL/min) 分离得到化合物 **7** (3.2 mg, $t_R=12.5$ min)、**15** (3.5 mg, $t_R=29.0$ min) 和 **8** (37.4 mg, $t_R=30.5$ min)。Fr. A4.4 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 82:18, 2.0 mL/min) 得化合物 **11** (25.0 mg, $t_R=28.0$ min)。

醋酸乙酯萃取部位经硅胶柱色谱分离, 洗脱剂为二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:1) 梯度洗脱得到 9 个组分 (Fr. B1~B9)。Fr. B3 经硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:1) 梯度洗脱, 得到 7 个组分 (Fr. B3.1~B3.7)。Fr. B3.3 经半制备型高效液相色谱 (甲醇-水 50:50, 2.0 mL/min) 分离纯化得到化合物 **13** (2.3 mg, $t_R=15.0$ min) 和 **18** (4.4 mg, $t_R=22.0$ min)。Fr. B3.5 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 25:75, 2.0 mL/min) 分离得到化合物 **17** (5.2 mg, $t_R=28.0$ min)。Fr. B3.6 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 30:70, 2.0 mL/min) 分离纯化, 得到化合物 **5** (4.8 mg, $t_R=28.5$ min)、**1** (1.7 mg, $t_R=32.0$ min)、**6** (16.1 mg, $t_R=38.0$ min)。Fr. B4 经 ODS 柱色谱, 以甲醇-水 (20:80→100:0) 梯度洗脱, 得到 5 个组分 (Fr. B4.1~B4.5)。Fr. B4.2 经半制备型高效液相色谱 (乙腈-水 25:75, 2.0 mL/min) 分离, 得到化合物 **4** (3.1 mg, $t_R=18.5$ min)、**14** (1.7 mg, $t_R=37.5$ min)。

2.2 抗神经炎活性

LPS 诱导 BV2 细胞建立神经炎症模型, Griess 法测定 BV2 细胞 NO 释放量。将 BV2 细胞按照 1×10^5 个/mL 的密度接种到 96 孔板中, 用 LPS (1 μg/mL) 处理 2 h 后加入浓度为 40.0 μmol/L 的化合物 **1~9** (以吡啶美辛为阳性对照) [11], 与 LPS 共孵育 24 h。取 50 μL 细胞上清液, 加入 50 μL/孔 Griess I 试剂, 再加入等量的 Griess II 试剂, 混匀, 于 540 nm 波长处测定吸光度 (A) 值, 每个样品重复 3 次。并计算 NO 释放抑制率和半数抑制浓度 (half maximal inhibitory concentration, IC₅₀)。

$$\text{抑制率} = (A_{\text{模型}} - A_{\text{样品}}) / (A_{\text{模型}} - A_{\text{空白}})$$

2.3 乙酰胆碱酯酶抑制活性测定

采用改良的 Ellman 方法 [12] 进行乙酰胆碱酯酶抑制活性测定。将化合物 **1~9** 和阳性对照品石杉碱甲, 分别溶解于甲醇中, 质量浓度为 1 mg/mL。乙酰胆碱酯酶抑制活性测定实验在 96 孔板上进行。样品组加入 120 μL 磷酸钠缓冲液 (PBS, NaH₂PO₄/Na₂HPO₄, pH 8.0)、20 μL 的待测样品溶

液 (1 mg/mL) 和 15 μ L 的乙酰胆碱酯酶 (acetylcholinesterase, AChE, 0.28 U/mL) 溶液; 阳性对照组加入 120 μ L PBS、20 μ L 的石杉碱甲溶液 (1 mg/mL) 和 15 μ L 的 AChE 溶液 (0.28 U/mL); 阴性对照组加入 120 μ L PBS、20 μ L 的甲醇溶液 (1 mg/mL) 和 15 μ L 的 AChE 溶液 (0.28 U/mL); 对照组加入 140 μ L PBS 和 15 μ L 的 AChE 溶液 (0.28 U/mL)。将处理后的 96 孔板在 37 $^{\circ}$ C 下孵育 20 min 后加入 10 μ L DTNB (10 mmol/L, 溶解于 PBS) 和 10.0 μ L 底物 (ATCI, 0.075 mmol/L, 溶解于 PBS), 继续孵育 20 min 后在波长为 412 nm 处测定 A 值。通过 A 值评估对乙酰胆碱酯酶的抑制活性, 并根据公式计算抑制率。每组重复 3 次。

$$\text{抑制率} = [(A_{\text{阴性对照}} - A_{\text{对照}}) - (A_{\text{实验}} - A_{\text{对照}})] / (A_{\text{阴性对照}} - A_{\text{对照}})$$

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物 **1**: 无色油状物, HR-ESI-MS m/z : 284.126 0 $[M + Na]^+$ (计算值 284.126 3, $C_{15}H_{19}NO_3Na^+$), 提示分子式为 $C_{15}H_{19}NO_3$, 不饱和度为 7。IR 吸收峰提示化合物中可存在羰基 (1632 cm^{-1}) 和苯环 (1 602、1 514、1 452 cm^{-1}) 基团。根据 1H -NMR 数据 (表 1) 显示化合物存在 1 组 1,3,4-三取代苯环氢信号 [δ_H 7.15 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-5), 6.97 (1H, dd, $J = 8.3, 2.0$ Hz, H-9), 6.81 (1H, d,

$J = 8.3$ Hz, H-8)], 1 组顺式烯烃信号 [δ_H 6.56 (1H, d, $J = 12.6$ Hz, H-3), 5.96 (1H, d, $J = 12.6$ Hz, H-2)] 和 2 个甲氧基信号 [δ_H 3.89 (3H, s), 3.83 (3H, s)], 此外, 1H -NMR 图谱中显示 4 组双氢重叠的信号 [δ_H 3.52 (2H), 3.24 (2H), 1.83 (2H), 1.78 (2H)]。 ^{13}C -NMR 和 DEPT-135 提示化合物 **1** 有 15 个碳信号, 其中 6 个为芳香碳信号 (δ_C 149.3、148.7、128.7、122.0、110.9、110.8), 1 个羰基碳 (δ_C 167.5), 2 个烯烃碳 (δ_C 133.4、122.3), 4 个亚甲基碳 (δ_C 47.0、45.4、25.9、24.4) 和 2 个甲氧基碳 (δ_C 55.8, 55.8)。

在化合物 **1** 的 HMBC 图谱 (图 2) 中, H-2 与 C-1 相关; H-3 与 C-1, C-4, C-5 及 C-9; -OCH₃ (δ_H 3.86; δ_C 55.8) 与 C-6 (δ_C 148.7) 相关; -OCH₃ (δ_H 3.89; δ_C 55.8) 与 C-7 (δ_C 149.3) 相关。结合 1H - 1H COSY 谱中 2 组自旋系统 H-2/H-3 及 H-8/H-9 和 C-1 的化学位移 (δ_C 167.5), 可以推导出存在 1 个 (*E*)-3-(3,4-二甲氧基苯基)丙烯酰胺基团。通过 1H - 1H COSY 谱中 H₂-1'/H₂-2'/H₂-3'/H₂-4' 的自旋偶合系统, H₂-1' (δ_H 3.24) 和 H₂-4' (δ_H 3.52) 与均 C-1 (δ_C 167.5) 的 HMBC 相关, 可以得出 1 个吡咯基团。因此, 以上 2 个基团通过酰胺键的连接最终确定了化合物 **1** 的平面结构为 (*Z*)-3-(3,4-dimethoxyphenyl)-1-(pyrrolidin-1-yl)prop-2-en-1-one。经 SCIFinder 查询, 该化合物为新化合物, 并命名为假蒟蒻碱 B。

表 1 化合物 **1** 的 1H -NMR 和 ^{13}C -NMR (600/150 MHz, CDCl₃)

Table 1 1H -NMR and ^{13}C -NMR of compound **1** (600/150 MHz, CDCl₃)

碳位	δ_C	δ_H	碳位	δ_C	δ_H
1	167.5, C		9	122.0, CH	6.97 (dd, $J = 8.3, 2.0$ Hz)
2	122.3, CH	5.96 (d, $J = 12.6$ Hz)	1'	47.0, CH ₂	3.24 (m)
3	133.4, CH	6.56 (d, $J = 12.6$ Hz)	2'	25.9, CH ₂	1.78 (m)
4	128.7, C		3'	24.4, CH ₂	1.83 (m)
5	110.9, CH	7.15 (d, $J = 2.0$ Hz)	4'	45.4, CH ₂	3.52 (m)
6	148.7, C		6-OCH ₃	55.8, CH ₃	3.86 (s)
7	149.3, C		7-OCH ₃	55.8, CH ₃	3.89 (s)
8	110.8, CH	6.81 (d, $J = 8.3$ Hz)			

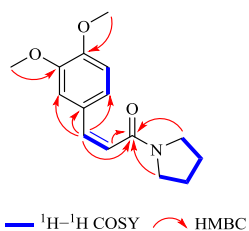


图 2 化合物 **1** 的关键 1H - 1H COSY 和 HMBC 相关信号

Fig. 2 Key HMBC and 1H - 1H COSY correlations of compound **1**

化合物 **2**: 白色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 445.208 2 $[M + H]^+$, 确定其分子式为 $C_{27}H_{28}N_2O_4$ 。 1H -NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.72 (2H, m, H-3'', 7''), 7.52 (1H, m, H-5''), 7.44 (2H, m, H-4'', 6''), 7.07~7.31 (10H, m, H-5~9, 5'~9'), 6.74 (1H, d, $J = 7.7$ Hz, *N*-H), 5.93 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, *N*-H), 4.76 (1H, ddd, $J = 5.9, 8.6, 7.7$ Hz, H-2), 4.35 (1H, m, H-2'), 3.93 (1H, dd, $J = 11.3, 4.2$ Hz, H-3' α), 3.83 (1H, dd, $J = 11.3, 4.2$ Hz, H-3' β), 3.22 (1H, dd, $J = 13.7, 5.9$ Hz, H-3 α), 3.07 (1H,

dd, $J = 13.7, 5.9$ Hz, H-3 β), 2.75 (2H, m, H-1'), 2.03 (3H, s, CH₃CO); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 170.8 (C-1), 55.0 (C-2), 38.4 (C-3), 136.7 (C-4), 128.8 (C-5), 129.7 (C-6), 127.8 (C-7), 129.3 (C-8), 128.8 (C-9), 64.5 (C-1'), 49.5 (C-2'), 37.4 (C-3'), 136.6 (C-4'), 128.6 (C-5'), 129.3 (C-6'), 128.0 (C-7'), 129.1 (C-8'), 128.6 (C-9'), 167.1 (C-1''), 133.7 (C-2''), 127.0 (C-3''), 126.7 (C-4''), 131.9 (C-5''), 127.1 (C-6''), 127.0 (C-7''), 170.2 (CH₃CO), 20.8 (CH₃CO)。上述数据与文献报道基本一致^[13], 鉴定化合物 **2** 为金色酰胺醇酯。

化合物 **3**: 无色油状物, HR-ESI-MS m/z : 318.129 7 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₇H₁₉NO₅。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.73 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, H-3'), 7.54 (2H, m, Ar-H), 7.37 (3H, m, Ar-H), 6.65 (1H, d, $J = 15.5$ Hz, H-2'), 5.24 (2H, m, H-4, 3), 4.01 (1H, m, H-2 β), 3.86 (2H, m, H-5), 3.78 (1H, m, H-2 α), 2.09 (3H, s, H-2''), 2.08 (3H, s, H-4''); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 50.6 (C-2), 75.2 (C-3), 73.4 (C-4), 50.1 (C-5), 165.1 (C-1'), 117.6 (C-2'), 143.0 (C-3'), 134.9 (C-4'), 128.0 (C-5'), 128.9 (C-6'), 130.0 (C-7'), 128.9 (C-8'), 128.0 (C-9'), 169.8 (C-1''), 20.9 (C-2''), 169.6 (C-3''), 20.9 (C-4'')。上述数据与文献报道基本一致^[14], 鉴定化合物 **3** 为 sarmentamide B。

化合物 **4**: 白色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 284.124 0 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₇H₁₇NO₃。¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) δ : 7.44 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-8), 7.40 (2H, m, H-2, 6), 7.05 (2H, m, H-2', 6'), 6.78 (2H, m, H-3, 5), 6.71 (2H, m, H-3', 5'), 6.38 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-7), 3.45 (2H, m, H-8'), 2.75 (2H, m, H-7'); ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) δ : 127.7 (C-1), 130.5 (C-2), 116.3 (C-3), 160.5 (C-4), 116.3 (C-5), 130.5 (C-6), 141.8 (C-7), 118.4 (C-8), 169.2 (C-9), 131.3 (C-1'), 130.7 (C-2'), 116.7 (C-3'), 156.9 (C-4'), 116.7 (C-5'), 130.7 (C-6'), 35.8 (C-7'), 42.5 (C-8')。上述数据与文献报道基本一致^[15], 鉴定化合物 **4** 为 *N*-对香豆酰酪胺。

化合物 **5**: 黄色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 292.150 4 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₆H₂₁NO₄。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 6.73 (2H, s, H-5', 9'), 6.54 (1H, d, $J = 12.5$ Hz, H-3'), 6.02 (1H, d, $J = 12.5$ Hz, H-2'), 3.85 (6H, s, 6', 8'-OCH₃), 3.84 (3H, s, 7'-OCH₃), 3.51 (2H, m, H-2), 3.23 (2H, m, H-5), 1.83 (2H, m, H-3), 1.79 (2H, m, H-4); ¹³C-NMR (150 MHz,

CDCl₃) δ : 47.0 (C-2), 25.8 (C-3), 24.4 (C-4), 45.4 (C-5), 167.3 (C-1'), 123.7 (C-2'), 133.2 (C-3'), 131.2 (C-4'), 105.5 (C-5'), 153.0 (C-6'), 138.2 (C-7'), 153.0 (C-8'), 105.5 (C-9'), 56.0 (6', 8'-OCH₃), 60.9 (7'-OCH₃)。

上述数据与文献报道基本一致^[16], 鉴定化合物 **5** 为 piperlotine D。

化合物 **6**: 无色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 292.150 4 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₆H₂₁NO₄。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.60 (1H, d, $J = 15.4$ Hz, H-3'), 6.74 (2H, s, H-5', 9'), 6.60 (1H, d, $J = 15.4$ Hz, H-2'), 3.88 (6H, s, 6', 8'-OCH₃), 3.86 (3H, s, 7'-OCH₃), 3.64 (2H, m, H-2), 3.58 (2H, m, H-5), 2.00 (2H, m, H-3), 1.90 (2H, m, H-4); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 46.1 (C-2), 24.4 (C-3), 26.1 (C-4), 46.6 (C-5), 164.7 (C-1'), 118.1 (C-2'), 141.8 (C-3'), 130.9 (C-4'), 105.1 (C-5', 9'), 153.4 (C-6', 8'), 139.5 (C-7'), 61.0 (7'-OCH₃), 56.2 (6', 8'-OCH₃)。上述数据与文献报道基本一致^[16], 鉴定化合物 **6** 为 piperlotine C。

化合物 **7**: 白色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 224.197 0 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₄H₂₅NO。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.19 (1H, dd, $J = 15.0, 10.4$ Hz, H-3), 6.10 (2H, m, H-4, 5), 5.75 (1H, d, $J = 15.0$ Hz, H-2), 3.17 (2H, m, H-1'), 2.14 (2H, m, H-6), 1.80 (1H, m, H-2'), 1.42 (2H, m, H-7), 1.30 (4H, m, H-8, 9), 0.93 (6H, m, H-3', 4'), 0.89 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, H-10); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 166.4 (C-1), 121.7 (C-2), 141.3 (C-1), 128.2 (C-4), 143.2 (C-5), 32.9 (C-6), 28.5 (C-7), 31.4 (C-8), 22.5 (C-9), 14.0 (C-10), 46.9 (C-1'), 28.6 (C-2'), 20.1 (C-3', 4')。上述数据与文献报道基本一致^[17], 鉴定化合物 **7** 为墙草碱。

化合物 **8**: 黄色油状物, HR-ESI-MS m/z : 222.181 3 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₄H₂₃NO。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 7.26 (1H, m, H-3), 6.18 (1H, m, H-4), 6.09 (2H, m, H-2, 5), 3.54 (4H, m, H-1', 4'), 2.15 (2H, m, H-6), 1.96 (2H, m, H-2'), 1.87 (2H, m, H-3'), 1.29 (6H, m, H-7~9), 0.88 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, H-10); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 165.3 (C-1), 119.8 (C-2), 142.3 (C-3), 128.7 (C-4), 143.3 (C-5), 32.9 (C-6), 26.1 (C-7), 24.4 (C-8), 22.5 (C-9), 14.0 (C-10), 46.5 (C-1'), 31.4 (C-2'), 28.5 (C-3'), 45.9 (C-4')。上述数据与文献报道基本一致^[18], 鉴定化合物 **8** 为假蒟蒅碱。

化合物 **9**: 白色无定型粉末, HR-ESI-MS m/z : 278.134 7 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₅H₁₉NO₄。

$^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 7.64 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-3), 7.50 (2H, m, H-6, 8), 7.36 (3H, m, H-5, 7, 9), 6.43 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-2), 4.42 (1H, m, H-2'), 4.15 (1H, m, H-4' α), 3.84 (1H, m, H-4' β), 3.67 (1H, m, H-1' α), 3.29 (1H, m, H-1' β), 2.08 (3H, s, H-6'), 1.85 (1H, m, H-3' α), 1.73 (1H, m, H-3' β); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 166.9 (C-1), 120.1 (C-2), 141.7 (C-3), 134.6 (C-4), 127.9 (C-5, 9), 128.9 (C-6, 8), 129.9 (C-7), 45.7 (C-1'), 68.1 (C-2'), 34.1 (C-3'), 61.2 (C-4'), 171.8 (C-5'), 21.0 (C-6')。上述数据与文献报道基本一致^[16], 鉴定化合物 **9** 为 piperlotine J。

化合物 **10**: 黄色油状物, HR-ESI-MS m/z : 280.092 9 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{NO}_3$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 10.87 (1H, s, N-H), 9.13 (1H, m, H-5), 7.96 (1H, m, H-8), 7.87 (1H, s, H-2), 7.59 (2H, m, H-6, 7), 7.16 (1H, s, H-9), 4.06 (3H, s, 3-OCH₃), 4.05 (3H, s, 4-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 122.0 (C-1), 110.4 (C-2), 154.7 (C-3), 150.9 (C-4), 120.4 (C-4a), 126.4 (C-4b), 127.3 (C-5), 126.0 (C-6), 128.0 (C-7), 129.5 (C-8), 135.3 (C-8a), 105.2 (C-9), 135.5 (C-10), 123.8 (C-10a), 168.9 (C=O), 57.4 (3-OCH₃), 60.4 (4-OCH₃)。上述数据与文献报道基本一致^[19], 鉴定化合物 **10** 为马兜铃内酰胺 BII。

化合物 **11**: 黄色粉末, HR-ESI-MS m/z : 296.087 8 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{13}\text{NO}_4$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 10.89 (1H, s, N-H), 10.83 (1H, s, O-H), 9.24 (1H, m, H-5), 7.95 (1H, m, H-8), 7.53 (2H, m, H-6, H-7), 7.23 (1H, s, H-9), 4.39 (3H, s, 2-OCH₃), 3.85 (3H, s, 3-OCH₃); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 139.7 (C-2), 105.6 (C-2a), 153.1 (C-3), 154.6 (C-4), 111.7 (C-4a), 127.0 (C-5), 126.8 (C-5a), 126.3 (C-6), 125.3 (C-7), 128.9 (C-8), 133.3 (C-8a), 105.4 (C-9), 134.9 (C-10), 126.8 (C-10a), 167.1 (C=O), 62.2 (2-OCH₃), 61.3 (3-OCH₃)。上述数据与文献报道基本一致^[20], 鉴定化合物 **11** 为 piperolactam B。

化合物 **12**: 无色油状物, HR-ESI-MS m/z : 393.186 8 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{O}_7$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 7.17 (1H, s, H-6), 6.84 (1H, s, H-6'), 6.60 (1H, s, H-3), 6.57 (1H, s, H-3'), 4.44 (1H, d, $J = 8.6$ Hz, H-7), 4.38 (1H, dd, $J = 8.6, 6.0$ Hz, H-8), 3.75 (3H, s, OCH₃), 3.74 (3H, s, OCH₃), 3.73 (3H, s, OCH₃), 3.71 (3H, s, OCH₃), 3.67 (3H, s, OCH₃), 3.62 (3H, s, OCH₃), 0.97 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-9); $^{13}\text{C-}$

NMR (150 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ : 123.6 (C-1), 152.3 (C-2), 99.4 (C-3), 148.0 (C-4), 142.7 (C-5), 115.3 (C-6), 44.3 (C-7), 67.9 (C-8), 23.0 (C-9), 124.2 (C-1'), 151.7 (C-2'), 99.2 (C-3'), 147.9 (C-4'), 142.8 (C-5'), 114.9 (C-6'), 56.2-57.1 (OCH₃ \times 6)。上述数据与文献报道基本一致^[21], 鉴定化合物 **12** 为 tatarinoid C。

化合物 **13**: 白色针状粉末, HR-ESI-MS m/z : 239.087 4 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{O}_5$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 7.35 (1H, s, H-5), 6.48 (1H, s, H-2), 3.97 (3H, s, OCH₃), 3.89 (3H, s, OCH₃), 3.82 (3H, s, OCH₃), 2.41 (3H, s, H-9); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 144.4 (C-1), 110.9 (C-2), 157.0 (C-3), 156.2 (C-4), 114.4 (C-5), 96.6 (C-6), 193.4 (C-7), 201.6 (C-8), 25.2 (C-9), 56.8 (3-OCH₃), 56.8 (4-OCH₃), 56.3 (6-OCH₃)。上述数据与文献报道基本一致^[22], 鉴定化合物 **13** 为 1-(2,4,5-三甲氧苯基)-1,2-丙二酮。

化合物 **14**: 黄色油状物, HR-ESI-MS m/z : 209.149 7 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_2$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 6.73 (1H, dq, $J = 15.7, 6.9$ Hz, H-9), 6.16 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H-8), 4.08 (1H, m, H-3), 2.36 (1H, s, OH), 2.03 (1H, m, H-4 α), 1.93 (3H, d, $J = 6.9$ Hz, H-10), 1.75 (1H, m, H-2 α), 1.62 (2H, m, H-4 β , 2 β), 1.55 (3H, s, H-13), 1.16 (3H, s, H-12), 0.99 (3H, s, H-11); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 36.3 (C-1), 47.8 (C-2), 64.9 (C-3), 40.9 (C-4), 140.0 (C-5), 134.4 (C-6), 201.6 (C-7), 128.1 (C-8), 146.2 (C-9), 21.0 (C-10), 29.1 (C-11), 29.7 (C-12), 18.4 (C-13)。上述数据与文献报道基本一致^[23], 鉴定化合物 **14** 为 3-羟基- β -二氢大马酮。

化合物 **15**: 白色粉末, HR-ESI-MS m/z : 225.144 6 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 确定其分子式为 $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_3$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (600 MHz, CDCl_3) δ : 7.16 (1H, dt, $J = 16.4, 1.9$ Hz, H-7), 6.13 (1H, d, $J = 16.4$ Hz, H-8), 3.98 (1H, d, $J = 4.2$ Hz, H-4), 3.89 (1H, td, $J = 12.6, 4.2$ Hz, H-3), 2.31 (3H, s, H-10), 2.01 (1H, m, H-2 α), 1.89 (3H, s, H-11), 1.73 (1H, m, H-2 β), 1.11 (3H, s, H-12), 1.08 (3H, s, H-13); $^{13}\text{C-NMR}$ (150 MHz, CDCl_3) δ : 36.9 (C-1), 41.1 (C-2), 66.5 (C-3), 71.2 (C-4), 133.6 (C-5), 140.3 (C-6), 141.9 (C-7), 131.1 (C-8), 198.1 (C-9), 27.5 (C-10), 19.7 (C-11), 27.5 (C-12), 29.9 (C-13)。上述数据与文献报道基本一致^[24], 鉴定化合物 **15** 为 (3E)-4-[(3R,4S)-3,4-二羟基-2,6,6-三甲基-1-环己烯-1-基]-3-丁烯-2-酮。

化合物 **16**: 无色油状物, HR-ESI-MS m/z :

225.144 6 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₃H₂₀O₃。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ: 5.90 (1H, m, H-4), 5.86 (1H, dd, *J* = 15.6, 5.4 Hz, H-8), 5.78 (1H, d, *J* = 15.6 Hz, H-7), 4.41 (1H, dq, *J* = 6.4, 5.4 Hz, H-9), 2.44 (1H, m, H-2α), 2.24 (1H, m, H-2β), 1.89 (3H, s, H-13), 1.30 (3H, d, *J* = 6.4 Hz, H-10), 1.07 (3H, s, H-11), 1.00 (3H, s, H-12); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ: 41.2 (C-1), 49.7 (C-2), 198.1 (C-3), 126.8 (C-4), 163.0 (C-5), 79.0 (C-6), 128.9 (C-7), 135.8 (C-8), 67.9 (C-9), 22.9 (C-10), 23.8 (C-11), 24.1 (C-12), 19.0 (C-13)。上述数据与文献报道基本一致, 鉴定化合物 **16** 为吐叶醇^[25]。

化合物 **17**: 无色油状物, HR-ESI-MS *m/z*: 209.149 7 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₃H₂₀O₂。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ: 6.04 (1H, t, *J* = 6.9 Hz, H-7), 5.90 (1H, s, H-4), 3.96 (1H, m, H-9), 2.60 (2H, m, H-8), 2.35 (2H, m, H-2), 2.08 (3H, s, H-13), 1.30 (3H, s, H-10), 1.28 (3H, s, H-11), 1.28 (3H, s, H-12); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ: 38.8 (C-1), 53.2 (C-2), 200.6 (C-3), 132.7 (C-4), 142.2 (C-5), 156.9 (C-6), 124.4 (C-7), 37.8 (C-8), 67.1 (C-9), 21.9 (C-10), 28.4 (C-11, 12), 22.5 (C-13)。上述数据与文献报道基本一致^[26], 鉴定化合物 **17** 为 6,7-dehydro-7,8-dihydro-3-oxo-α-ionol。

化合物 **18**: 无色油状物, HR-ESI-MS *m/z*: 209.149 7 [M+H]⁺, 确定其分子式为 C₁₃H₂₀O₂。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ: 5.91 (1H, s, H-4), 5.68 (1H, dd, *J* = 15.3, 6.1 Hz, H-7), 5.54 (1H, dd, *J* = 15.3, 1.2 Hz, H-8), 4.36 (1H, dt, *J* = 6.3, 1.2 Hz, H-9), 2.52 (2H, d, *J* = 6.1 Hz, H-6), 2.34 (1H, dd, *J* = 16.7, 0.8 Hz, H-2β), 2.09 (1H, dd, *J* = 16.7, 0.8 Hz, H-2α), 1.91 (3H, s, H-13), 1.30 (3H, d, *J* = 6.3 Hz, H-10), 1.03 (3H, s, H-11), 0.96 (3H, s, H-12); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ: 36.1 (C-1), 47.5 (C-2), 199.2 (C-3), 125.8 (C-4), 161.9 (C-5), 55.4 (C-6), 126.7 (C-7), 138.5 (C-8), 68.3 (C-9), 23.7 (C-10), 27.1 (C-11), 27.9 (C-12), 23.5 (C-13)。上述数据与文献报道基本一致^[26], 鉴定化合物 **18** 为 3-氧代-α-紫罗兰醇。

3.2 活性测定

3.2.1 抗神经炎活性 对分离的 9 个酰胺类生物碱 (**1~9**) 进行 LPS 诱导 BV2 细胞 NO 释放抑制活性评价结果显示, 浓度为 40.0 μmol/L 时, 化合物 **2** 和 **3** 对 NO 的释放抑制效果最好 (>70%), 化合物 **6**、**7** 及 **9** 表现出良好的抑制活性 (>50%)。进一步对

抑制效果最佳的 **2** 测定其 IC₅₀ 值, 为 (10.77 ± 3.1) μmol/L。

3.2.2 乙酰胆碱酯酶抑制活性 对分离的 9 个酰胺类生物碱 (**1~9**) 进行乙酰胆碱酯酶抑制活性测定, 结果显示化合物 **4** 和 **8** 具有一定的乙酰胆碱酯酶抑制活性 (>60%), IC₅₀ 值分别为 (48.82 ± 3.40) μmol/L 和 (45.62 ± 5.32) μmol/L。

4 讨论

本研究对假蒟地上部分进行 95%乙醇提取, 经二氯甲烷和醋酸乙酯萃取, 从中分离得到 18 个化合物, 根据波谱数据并结合文献, 全部鉴定了化学结构, 包括 9 个酰胺生物碱类 (**1~9**)、2 个马兜铃内酰胺类 (**10~11**)、1 个木脂素类 (**12**)、1 个苯丙素类 (**13**) 和 5 个萜类 (**14~18**)。其中, **1** 为新的酰胺类生物碱, **11** 和 **12** 为首次从假蒟中分离得到。在生物活性方面, **2** 具有显著的抑制 LPS 诱导 BV2 细胞 NO 释放活性; **4** 和 **8** 具有一定的乙酰胆碱酯酶抑制活性。本研究进一步丰富了假蒟化学成分的化学结构类型, 为假蒟的合理开发和利用提供了科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第三十一卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1982: 14, 42.
- [2] Sen S, Dayanandan S, Davis T, *et al*. Origin and evolution of the genus *Piper* in Peninsular India [J]. *Mol Phylogenet Evol*, 2019, 138: 102-113.
- [3] 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: 445-446.
- [4] Ware I, Franke K, Dube M, *et al*. Characterization and bioactive potential of secondary metabolites isolated from *Piper sarmentosum* Roxb. [J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(2): 1328.
- [5] Zainal Ariffin S H, Wan Omar W H, Zainal Ariffin Z, *et al*. Intrinsic anticarcinogenic effects of *Piper sarmentosum* ethanolic extract on a human hepatoma cell line [J]. *Cancer Cell Int*, 2009, 9: 6.
- [6] Wang D F, Zhou L L, Zhou H L, *et al*. Chemical composition and anti-inflammatory activity of *n*-butanol extract of *Piper sarmentosum* Roxb. in the intestinal porcine epithelial cells (IPEC-J2) [J]. *J Ethnopharmacol*, 2021, 269: 113723.
- [7] Wang D F, Zhou L L, Zhou H L, *et al*. Effects of *Piper sarmentosum* extract on the growth performance, antioxidant capability and immune response in weaned

- piglets [J]. *J Anim Physiol Anim Nutr*, 2017, 101(1): 105-112.
- [8] Shi Y N, Liu F F, Jacob M R, *et al.* Antifungal amide alkaloids from the aerial parts of *Piper flaviflorum* and *Piper sarmentosum* [J]. *Planta Med*, 2017, 83(1/2): 143-150.
- [9] Zainol A I Z, Johari A N, Yazid M D, *et al.* Osteogenic potential and bioactive profiles of *Piper sarmentosum* ethanolic extract-treated stem cells [J]. *Pharmaceuticals*, 2023, 16(5): 708.
- [10] Yeo E T Y, Wong K W L, See M L, *et al.* *Piper sarmentosum* Roxb. confers neuroprotection on beta-amyloid (A β)-induced microglia-mediated neuroinflammation and attenuates tau hyperphosphorylation in SH-SY5Y cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 217: 187-194.
- [11] Sasmita A O, Ling A P K, Voon K G L, *et al.* Madecassoside activates anti-neuroinflammatory mechanisms by inhibiting lipopolysaccharide-induced microglial inflammation [J]. *Int J Mol Med*, 2018, 41(5): 3033-3040.
- [12] Zavala-Ocampo L M, Aguirre-Hernández E, López-Camacho P Y, *et al.* Acetylcholinesterase inhibition and antioxidant activity properties of *Petiveria alliacea* L [J]. *J Ethnopharmacol*, 2022, 292: 115239.
- [13] Chang R J, Wang C H, Zeng Q, *et al.* Chemical constituents of the stems of *Celastrus rugosus* [J]. *Arch Pharm Res*, 2013, 36(11): 1291-1301.
- [14] Tuntiwachwuttikul P, Phansa P, Pootaeng-On Y, *et al.* Chemical constituents of the roots of *Piper sarmentosum* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2006, 54(2): 149-151.
- [15] Al-Taweel A M, Perveen S, El-Shafae A M, *et al.* Bioactive phenolic amides from *Celtis africana* [J]. *Molecules*, 2012, 17(3): 2675-2682.
- [16] Li C Y, Tsai W J, Damu A G, *et al.* Isolation and identification of antiplatelet aggregatory principles from the leaves of *Piper lolot* [J]. *J Agric Food Chem*, 2007, 55(23): 9436-9442.
- [17] Rosario S L, da Silva A J, Parente J P. Alkamides from *Cissampelos glaberrima* [J]. *Planta Med*, 1996, 62(4): 376-377.
- [18] Huang H Z, Morgan C M, Asolkar R N, *et al.* Phytotoxicity of sarmentine isolated from long pepper (*Piper longum*) fruit [J]. *J Agric Food Chem*, 2010, 58(18): 9994-10000.
- [19] Lin C F, Hwang T L, Chien C C, *et al.* A new hydroxychavicol dimer from the roots of *Piper betle* [J]. *Molecules*, 2013, 18(3): 2563-2570.
- [20] Olsen C E, Tyagi O D, Boll P M, *et al.* An aristolactam from *Piper acutisleginum* and revision of the structures of piperolactam B and D [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33(2): 518-520.
- [21] Tong X G, Wu G S, Huang C G, *et al.* Compounds from *Acorus tatarinowii*: Determination of absolute configuration by quantum computations and cAMP regulation activity [J]. *J Nat Prod*, 2010, 73(6): 1160-1163.
- [22] Tsuruga T, Ebizuka Y, Nakajima J, *et al.* Biologically active constituents of *Magnolia salicifolia*: Inhibitors of induced histamine release from rat mast cells [J]. *Chem Pharm Bull*, 1991, 39(12): 3265-3271.
- [23] Sefton M A, Skouroumounis G K, Massywestropp R A, *et al.* Norisoprenoids in *Vitis vinifera* white wine grapes and the identification of a precursor of damascenone in these fruits [J]. *Aust J Chem*, 1989, 42(12): 2071.
- [24] Xie H H, Wang T, Matsuda H, *et al.* Bioactive constituents from Chinese natural medicines. XV. Inhibitory effect on aldose reductase and structures of Saussureosides A and B from *Saussurea medusa* [J]. *Chem Pharm Bull*, 2005, 53(11): 1416-1422.
- [25] Kuang H X, Yang B Y, Xia Y G, *et al.* Chemical constituents from the flower of *Datura metel* L [J]. *Arch Pharm Res*, 2008, 31(9): 1094-1097.
- [26] D'Abrosca B, DellaGreca M, Fiorentino A, *et al.* Structure elucidation and phytotoxicity of C13 nor-isoprenoids from *Cestrum parqui* [J]. *Phytochemistry*, 2004, 65(4): 497-505.

[责任编辑 王文倩]