

欧洲蕨中 8-2'连接的木脂素类成分研究

李圆圆, 卢炜仁[#], 黄慧莲, 刘建群, 彭财英*, 舒积成*

江西中医药大学 江西 南昌 330004

摘要: 目的 研究蕨菜 *Pteridium aquilinum* 的化学成分。方法 采用大孔树脂、正相硅胶、Sephadex LH-20 凝胶和半制备 HPLC 等柱色谱分离纯化, 根据理化性质, 应用 MS、NMR 等波谱手段并结合文献, 鉴定化合物结构。通过抑制一氧化氮 (NO) 生成实验, 评价单体化合物的抗炎活性。结果 从蕨菜中分离得到 7 个具 8-2'连接的新木脂素类化合物, 分别为蕨菜酸 A (1)、乌毛蕨酸 (2)、7-epiblechnic acid (3)、7-epiblechnic acid 9-methyl ester (4)、tournefoliac acid B (5)、tournefoliac acid A (6) 和丹酚酸 F (7)。结论 化合物 1 为新降木脂素类化合物, 化合物 4 为新天然产物, 化合物 2、3、5~7 均为首次从蕨菜中分离得到。另外, 首次报道了丹酚酸 F (7) 的碳谱数据。化合物 1~7 均显示一定的抗炎活性, 其中化合物 7 活性最强, 其半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC₅₀) 值 15.8 μmol/L。

关键词: 蕨菜; 新木脂素; 8-2'连接; 蕨菜酚 A; 乌毛蕨酸; 丹酚酸 F; 抗炎

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2025)21-7675-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.21.002

8-2' Linked neolignans isolated from *Pteridium aquilinum*

LI Yuanyuan, LU Weiren, HUANG Huilian, LIU Jianqun, PENG Caiying, SHU Jicheng

Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents of *Pteridium aquilinum*. **Methods** The compounds were isolated and purified using various chromatographic techniques, including macroporous resin, normal-phase silica gel, Sephadex LH-20 gel and semi-preparative HPLC. The structures of the isolated compounds were elucidated through comprehensive spectroscopic analysis (MS, NMR) and comparison with literature data. Their anti-inflammatory activities were evaluated based on the inhibition of nitric oxide (NO) production. **Results** A total of seven 8-2' linked neolignans were obtained from *P. aquilinum*: pteriaquic acid A (1), blechnic acid (2), 7-epiblechnic acid (3), 7-epiblechnic acid 9-methyl ester (4), tournefoliac acid B (5), tournefoliac acid A (6), and salvianolic acid F (7). **Conclusion** Compound 1 was neolignan, and compound 4 was identified as a new natural product. Compounds 2, 3 and 5-7 were isolated from *P. aquilinum* for the first time. Additionally, complete ¹³C NMR data for salvianolic acid F (7) were also provided for the first time. All compounds (1-7) exhibited anti-inflammatory activity, with compound 7 showing the strongest effect (IC₅₀ = 15.8 μmol/L).

Keywords: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn; neolignan; 8-2' linkage; pteriaquic acid A; blechnic acid; salvianolic acid F; anti-inflammatory

欧洲蕨 *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn 为蕨科 (Pteridiaceae) 蕨属植物, 俗名蕨菜、粉蕨等, 具有驱风湿、利尿、解热和驱虫等多种功效^[1]。现代研究表明, 蕨菜中含有酚酸、黄酮、生物碱和萜类等主要类型的次生代谢产物^[2], 具有抗氧化^[3]、抗

炎^[4]、抗菌^[5]和抗肿瘤^[6]等多种药理作用。课题组近年来一直致力于蕨类植物的化学物质基础研究^[7-12], 本研究从蕨菜中分离鉴定的 7 个 8-2'连接的新木脂素 (图 1), 包括 1 个新化合物蕨菜酸 A (pteriaquic acid A, 1)、1 个新天然产物 7-epiblechnic acid 9-

收稿日期: 2025-09-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (82160660); 江西省自然科学基金资助项目 (20212ACB206006); 江西中医药大学“1050”工程人才项目 (5142001004) 与创新团队 (CXTD22015)

作者简介: 李圆圆 (2000—), 女, 硕士研究生, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: 18536494926@163.com

[#]共同第一作者: 卢炜仁 (2021—), 男, 硕士研究生, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: 1577631815@qq.com

*通信作者: 彭财英, 女, 副教授, 硕士生导师, 从事中药药效物质基础研究。E-mail: 38054049@qq.com

舒积成, 男, 教授, 博士生导师, 从事中药活性成分及质量控制研究。E-mail: shujc210@jxutcm.edu.cn

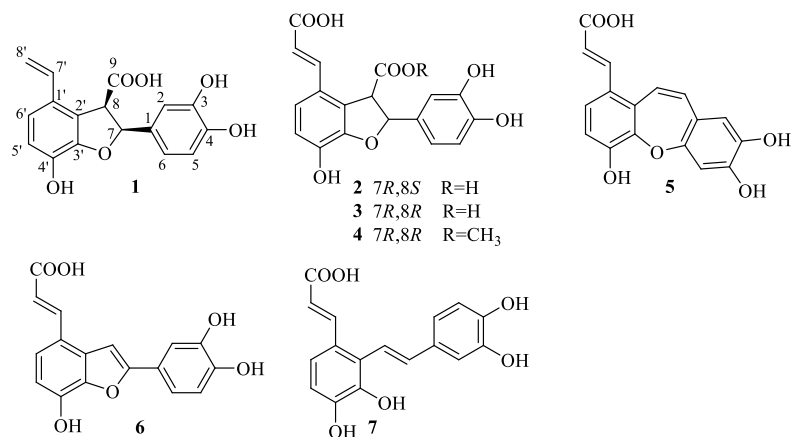


图 1 化合物 1~7 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—7

methylester (4)、5 个首次从该植物中分离得到：乌毛蕨酸 (blechnic acid, 2)、7-epiblechnic acid (3)、tournefoliac acid B (5)、tournefoliac acid A (6)、丹酚酸 F (salvianolic acid F, 7)。据文献报道，新木脂素衍生物具有抗炎、抗氧化和抗肿瘤作用^[13]。本研究通过抑制 NO 生成实验，评价所分离得到的化合物的抗炎活性，化合物 1~7 均显示一定的抗炎活性。

1 仪器与材料

LCQ DECAXP plus 质谱仪 (美国 Thermo 公司); Bruker AM 600 MHz 型核磁共振仪 (TMS 为内标, 瑞士 Bruker 公司); LC 3000 I 型高效液相色谱仪 (北京钢臣科技有限公司); 薄层色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); Sephadex LH-20 (美国 Pharmacia 公司); 柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); 大孔树脂 AB-8 (东鸿化工有限公司); ODS 柱色谱材料、C₁₈ 半制备型色谱柱 (日本 YMC 公司); 旋转蒸发器 N-1100 型 (日本 Eyela 公司); 自动部分收集器 BSZ-100 (上海沪西分析仪器厂); 电子天平 BS224S 型 (北京赛多利斯仪器系统有限公司)。水为超纯水。试剂均为分析纯或色谱纯 (西陇科学股份有限公司)。

蕨菜药材 2021 年 10 月采于云南省昆明市, 经江西中医药大学付小梅教授鉴定为蕨科蕨属植物欧洲蕨 *P. aquilinum* (L.) Kuhn 全草, 凭证标本 (20211002) 收藏于江西中医药大学现代中药制剂教育部重点实验室。

2 方法

2.1 提取与分离

将干燥的蕨菜全草 7.5 kg 粉碎, 用 8 倍量 95% 乙醇浸泡过夜。加热回流提取 2 次, 每次提取 2 h。收集提取液减压浓缩得到粗提物 (1 042 g), 用适量

二氯甲烷和甲醇 (1:1) 混合液溶解, 滤过后, 滤液加入粗提物 3 倍量的硅藻土和 100 目硅胶 (1:1) 进行拌样, 挥尽残留溶剂后干法装柱。依次用 3~5 倍柱体积的石油醚、二氯甲烷、醋酸乙酯、甲醇洗脱, 合并洗脱液, 减压回收有机溶剂, 分别得石油醚部位 (35 g)、二氯甲烷部位 (14 g)、醋酸乙酯部位 (150 g)、甲醇部位 (250 g)。取二氯甲烷部位 (14 g) 经硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (100:0→0:100) 梯度洗脱。经薄层色谱检测, 合并得到 39 个部分 Fr. E1~E39。Fr. E19 (551 mg) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (二氯甲烷-甲醇 1:1) 分离, TLC 指导合并后得 14 个流分 Fr. E19.1~19.14。Fr. E19.9 (103 mg) 经半制备 HPLC (甲醇-水 40:60), 得到化合物 2 (6 mg, *t_R*=15.8 min)、4 (8 mg, *t_R*=18.3 min)。取醋酸乙酯部位 150 g, 经硅胶柱色谱, 以二氯甲烷-甲醇 (25:1→1:1) 梯度洗脱。经 TLC 检测, 合并得到 8 个部位 Fr. Y1~Y8。Fr. Y4 (9.6 g) 再经硅胶柱色谱分离, 以二氯甲烷-甲醇 (20:1、10:1、5:1、2:1) 梯度洗脱, 得到 6 个流份 Fr. Y4.1~4.6。Fr. Y4.3 (1.1 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (甲醇) 分离, TLC 指导后合并得 10 个流分 Fr. Y4.3.1~4.3.10。Fr. Y4.3.7 (201 mg) 经半制备 HPLC (甲醇-水 40:60), 得到化合物 5 (6 mg, *t_R*=13.2 min) 和 6 (9 mg, *t_R*=17.9 min)。Fr. Y4.4 (1.8 g) 经 Sephadex LH-20 柱色谱 (甲醇) 分离, TLC 指导后合并得 12 个流分 Fr. Y4.4.1~4.4.12。Fr. Y4.4.5 (327 mg) 经半制备 HPLC (甲醇-水 38:62), 得到化合物 7 (11 mg, *t_R*=12.1 min)。Fr. Y4.4.8 (266 mg) 经半制备 HPLC (甲醇-水 35:65), 得到化合物 1 (8 mg, *t_R*=10.5 min) 和 3 (17 mg, *t_R*=16.7 min)。

2.2 抗炎活性测试

参照文献方法,以小鼠巨噬细胞 RAW264.7 为模型,通过检测 NO 生成量,评价化合物的抗炎活性^[14]。使用含 10%胎牛血清培养液配制浓度约 2×10^5 个/100 μL 的单个小鼠巨噬细胞悬液,取 100 μL 置于 96 孔板。培养 24 h 后,每孔分别加入 6.25、12.5、25、50、100 $\mu\text{mol/L}$ 的待测化合物和 1 $\mu\text{g/mL}$ 的 LPS。37 $^{\circ}\text{C}$ 培养 18 h 后,分别加 Griess A 和 B 溶液各 100 μL 。继续孵育 5 min。在 570 nm 波长下,测定吸光度 (A) 值,并以浓度为横坐标 (X),细胞存活率为纵坐标 (Y) 绘制细胞生长曲线,应用两点法计算化合物的半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC_{50}) 值。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 淡黄色粉末 (甲醇), 易溶于甲醇。高分辨质谱 (HR-ESI-MS) 显示该化合物的准离子峰为 m/z 337.068 6 [$\text{M}+\text{Na}^+$] (计算值为 337.068 8), 结合 ^1H 、 ^{13}C -NMR 数据 (表 1), 确定其的分子式为 $\text{C}_{17}\text{H}_{14}\text{O}_6$ 。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) 显示 8 个 sp^2 杂化质子, 包括 1 组 ABX 耦合系统苯环质子 [δ_{H} 6.98 (1H, brs, H-2), 6.85 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-6), 6.74 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5)]、1 组邻位偶合苯环质

子 [δ_{H} 6.71 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5'), 6.94 (1H, d, $J=8.0$ Hz, H-6')] 以及 1 组末端双键质子 [δ_{H} 5.10 (1H, d, $J=11.2$ Hz, H-8'a), 5.57 (1H, d, $J=17.6$ Hz, H-8'b), 6.60 (1H, dd, $J=11.2, 17.6$ Hz, H-7')]. ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) 显示 17 个碳信号, 包括 1 个羧基 [δ_{C} 174.2 (C-9)]、14 个 sp^2 杂化碳 (归属于 2 个苯环 1 对双键) 以及 2 个烷基碳 [δ_{C} 88.5 (C-7) 和 56.0 (C-8)]. 上述波谱特征与已知化合物 penangianol A^[15] 高度相似, 结合两者分子式相同, 推测化合物 **1** 为其同分异构体。进一步通过二维核磁 (HSQC、HMBC, 图 2) 确认其平面结构与 penangianol A 一致。对比两者 NMR 数据发现, H-7 和 H-8 之间的偶合常数存在显著差异: 化合物 **1** 中 $^3J_{7,8}=9.2$ Hz, 而 penangianol A 中为 5.9 Hz, 提示化合物 **1** 中 H-7 和 H-8 呈五元环 *cis* 构型^[16-18]。此外, 化合物 **1** 的 ECD 谱在 234、258 nm 分别为负、正 Cotton 效应, 表明其绝对构型为 7S,8R^[17,19]。同时, 7S,8R-**1** 的计算 ECD 光谱与化合物 **1** 的实验 ECD 光谱高度吻合。其比旋光度为 -35° , 与 penangianol A 的 $+118.2^{\circ}$ 形成明显对比, 进一步支持构型差异的结论^[16,17]。经 SciFinder 数据库检索, 确定化合物 **1** 为 1 个新的降木脂素化合物, 命名为蕨菜酸 A。

表 1 化合物 **1** 的 ^1H -NMR 和 ^{13}C -NMR (600/150 MHz, CD_3OD) 数据

Table 1 ^1H -NMR and ^{13}C -NMR data of compound **1** (600/150 MHz, CD_3OD)

碳位	δ_{H}	δ_{C}	碳位	δ_{H}	δ_{C}
1		130.8	1'		127.9
2	6.98 (s)	115.2	2'		129.9
3		146.3	3'		149.1
4		145.9	4'		142.5
5	6.74 (d, $J=8.0$ Hz)	115.8	5'	6.71 (d, $J=8.0$ Hz)	117.6
6	6.85 (d, $J=8.0$ Hz)	119.6	6'	6.94 (d, $J=8.0$ Hz)	119.7
7	5.85 (d, $J=9.2$ Hz)	88.5	7'	6.60 (dd, $J=11.2, 17.6$ Hz)	135.0
8	4.43 (d, $J=9.2$ Hz)	56.0	8'	5.57 (d, $J=17.6$ Hz), 5.10 (d, $J=11.2$ Hz)	113.2
9		174.8			

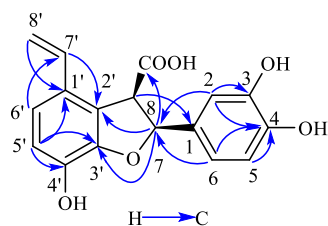


图 2 化合物 **1** 关键的 HMBC 图

Fig. 2 Key HMBC of compound **1**

化合物 **2**: 淡黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 359.08 [$\text{M}+\text{H}^+$], 分子式 $\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{O}_8$ 。 ($[\alpha]_{\text{D}}^{20} -30^{\circ}$, c

0.01, MeOH)。 ^1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.64 (1H, d, $J=15.8$ Hz, H-7'), 7.14 (1H, d, $J=8.4$ Hz, H-6'), 6.81 (1H, d, $J=8.4$ Hz, H-5'), 6.99 (1H, d, $J=1.4$ Hz, H-2), 6.76 (1H, d, $J=8.1$ Hz, H-5), 6.87 (1H, dd, $J=1.4, 8.1$ Hz, H-6), 6.29 (1H, d, $J=16.0$ Hz, H-8'), 5.93 (1H, d, $J=9.2$ Hz, H-7), 4.58 (1H, d, $J=9.2$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 133.8 (C-1), 115.1 (C-2), 146.4 (C-3), 145.9 (C-4), 115.8 (C-5), 119.7 (C-6), 88.5 (C-7), 55.9 (C-8), 173.6 (C-9), 124.6 (C-1'), 129.5 (C-2'), 149.5 (C-3'), 145.0 (C-4'), 118.2

(C-5'), 122.4 (C-6'), 143.0 (C-7'), 117.8 (C-8'), 171.0 (C-9')。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **2** 为乌毛蕨酸。

化合物 **3**: 淡黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 359.08 $[M+H]^+$, 分子式 $C_{18}H_{14}O_8$ 。 ($[\alpha]_D^{20}$ -145° , c 0.01, MeOH)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.78 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7'), 7.20 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6'), 6.83 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.81 (1H, d, $J = 2.1$ Hz, H-2), 6.77 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 6.73 (1H, dd, $J = 2.1, 8.2$ Hz, H-6), 6.29 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H-8'), 5.90 (1H, d, $J = 4.9$ Hz, H-7), 4.34 (1H, d, $J = 4.9$ Hz, H-8); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 133.8 (C-1), 113.4 (C-2), 146.7 (C-3), 146.6 (C-4), 116.4 (C-5), 118.1 (C-6), 88.9 (C-7), 57.7 (C-8), 175.2 (C-9), 124.8 (C-1'), 127.4 (C-2'), 148.8 (C-3'), 144.9 (C-4'), 118.2 (C-5'), 121.5 (C-6'), 143.4 (C-7'), 117.6 (C-8'), 170.7 (C-9')。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **3** 为 7-epiblechnic acid。

化合物 **4**: 淡黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 373.09 $[M+H]^+$, 分子式 $C_{19}H_{16}O_8$ 。 ($[\alpha]_D^{20}$ -20° , c 0.01, MeOH)。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.64 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-7'), 7.17 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-6'), 6.81 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-5'), 6.78 (1H, d, $J = 1.9$ Hz, H-2), 6.75 (1H, d, $J = 8.1$ Hz, H-5), 6.70 (1H, dd, $J = 1.9, 8.1$ Hz, H-6), 6.26 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8'), 5.85 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-7), 4.41 (1H, d, $J = 5.2$ Hz, H-8), 3.77 (3H, s, OCH_3); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 133.4 (C-1), 113.5 (C-2), 146.9 (C-3), 146.7 (C-4), 116.4 (C-5), 118.4 (C-6), 88.7 (C-7), 57.4 (C-8), 173.8 (C-9), 130.8 (C-1'), 126.8 (C-2'), 148.8 (C-3'), 144.9 (C-4'), 118.6 (C-5'), 121.5 (C-6'), 142.5 (C-7'), 118.3 (C-8'), 171.2 (C-9'), 53.2 ($-OCH_3$)。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **4** 为 7-epiblechnic acid 9-methy ester。文献来源为合成所得, 故化合物 **4** 为 1 个新天然产物。

化合物 **5**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 313.07 $[M+H]^+$, 分子式 $C_{17}H_{12}O_6$ 。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.90 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H- β), 7.31 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-11), 6.89 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-8), 6.88 (1H, d, $J = 8.5$ Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-5), 6.78 (1H, d, $J = 11.5$ Hz, H-7), 6.63 (1H, s, H-2), 6.26 (1H, d, $J = 15.7$ Hz, H- α); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 151.7 (C-1), 115.4 (C-2), 143.6 (C-3), 147.4 (C-4), 109.7 (C-

5), 123.3 (C-6), 130.8 (C-7), 125.0 (C-8), 132.2 (C-9), 125.5 (C-10), 117.5 (C-11), 125.1 (C-12), 148.3 (C-13), 153.4 (C-14), 119.9 (C- α), 142.5 (C- β), 168.5 (COOH)。以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **5** 为 tournefoliac acid B。

化合物 **6**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 313.08 $[M+H]^+$, 分子式 $C_{17}H_{12}O_6$ 。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 7.88 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H- β), 7.38 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 7.35 (1H, dd, $J = 2.0, 8.2$ Hz, H-6'), 7.33 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5), 7.20 (1H, s, H-3), 6.87 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.73 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-6), 6.44 (1H, d, $J = 15.9$ Hz, H- α); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 159.2 (C-2), 99.2 (C-3), 125.9 (C-3a), 119.9 (C-4), 132.4 (C-5), 111.7 (C-6), 148.0 (C-7), 144.1 (C-7a), 123.4 (C-1'), 113.3 (C-2'), 145.6 (C-3'), 146.8 (C-4'), 116.7 (C-5'), 118.6 (C-6'), 116.8 (C- α), 144.4 (C- β), 171.9 (COOH)。以上数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **6** 为 tournefoliac acid A。

化合物 **7**: 黄色粉末 (甲醇), ESI-MS m/z : 337.07 $[M+Na]^+$, 分子式 $C_{17}H_{14}O_6$ 。 1H -NMR (600 MHz, CD_3OD) δ : 8.05 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, $CH=CH-COOH$), 7.15 (1H, d, $J = 16.4$ Hz, $CH=$), 7.11 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 7.06 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-2'), 6.88 (1H, dd, $J = 2.0, 8.2$ Hz, H-6'), 6.78 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 6.76 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-5'), 6.68 (1H, d, $J = 16.4$ Hz, $CH=$), 6.26 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, $CH=CH-COOH$); ^{13}C -NMR (150 MHz, CD_3OD) δ : 126.2 (C-1), 128.0 (C-2), 131.4 (C-3), 148.0 (C-4), 114.7 (C-5), 120.5 (C-6), 146.6 ($CH=CH-COOH$), 116.4 ($CH=CH-COOH$), 171.2 (COOH), 144.3 (C-1'), 113.8 (C-2'), 146.4 (C-3'), 146.7 (C-4'), 116.8 (C-5'), 120.2 (C-6'), 137.6 ($-CH=$), 120.1 ($=CH-$)。以上数据与文献报道基本一致^[21-22], 故鉴定化合物 **7** 为丹酚酸 F。

4 活性结果

化合物 **1~7** 通过体外一氧化氮生成实验评估其抗炎活性。为排除细胞毒性对实验结果的干扰, 首先 MTT 法在 100 $\mu\text{mol/L}$ 浓度下检测细胞存活率, 结果显示, 所有受试化合物 (**1~7**) 在此浓度下均未表现出明显的细胞毒性。化合物 **1~7** 抗 NO 生成抑制实验结果显示, 其 IC_{50} 值分别为 56.3、39.8、66.7、44.2、91.6、62.7、15.8 $\mu\text{mol/L}$, 阳性药为 *N*-monomethyl-larginine, IC_{50} 值为 13.6 $\mu\text{mol/L}$, 提示化合物 **1~7** 均显示一定的抗炎活性, 并以化合物 **7**

的活性最强。

5 讨论

本研究从蕨菜全草中共分离鉴定出 7 个木脂素类化合物, 包括 1 个新化合物 (化合物 1)、1 个新天然产物 (化合物 4) 和 5 个首次从该植物中分离得到 (化合物 2、3、5~7), 研究结果进一步丰富了药用植物蕨菜的化学成分库。所分离得到的 7 个木脂素成分均显示一定的抗炎活性, 为蕨菜的进一步开发与应用奠定了物质基础。另外, 目前报道具 8-2' 相连骨架的新木脂素类化合物数量极少, 不足 10 个^[13], 多见在唇形科和蕨类植物中^[13,15,19], 并且以蕨类植物报道数量居多^[16], 显示出较好的化学分类特征。

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 (一) 卷] [M]. 北京: 科学出版社, 1990: 2-3.
- [2] Szypuła W J, Pietrosiuk A. Biology, phytochemistry, pharmacology, and biotechnology of European ferns, club mosses, and horsetails: A review [M] // *Medicinal Plants*. Cham: Springer International Publishing, 2021: 605-660.
- [3] Sompila A W G T, Mabika A B M, Pambou-Tobi N P G, *et al.* Evaluation of some secondary metabolites and determination of the antioxidant potential of different extracts from the plant of *Pteridium aquilinum* [J]. *Am J Anal Chem*, 2021, 12(12): 506-519.
- [4] Huwae L M C, Silahooy V B. Anti-inflammatory activity of fern *Pteridium aquilinum* ethanol extract gel on mice (mus *Musculus*) incision wounds [J]. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*, 2024, 1329(1): 012002.
- [5] Adebayo O T, Oluremi B B, Ogunlakin A D, *et al.* Pharmacognostic evaluation and antimicrobial activity of *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn Leaves (Onocleaceae) via *in vitro* and *in silico* perspectives [J]. *PLoS One*, 2025, 20(4): e0318943.
- [6] Williams C, Allison S J, Phillips R M, *et al.* An efficient method for the isolation of toxins from *Pteridium aquilinum* and evaluation of ptaquiloside against cancer and non-cancer cells [J]. *Planta Med*, 2021, 87(10/11): 892-895.
- [7] Liu J Q, Shu J C, Zhang R, *et al.* Two new pterodin dimers from *Pteris mutifida* Poir [J]. *Fitoterapia*, 2011, 82(8): 1181-1184.
- [8] Lu J, Peng C Y, Cheng S, *et al.* Four new pterosins from *Pteris cretica* and their cytotoxic activities [J]. *Molecules*, 2019, 24(15): 2767.
- [9] Peng C Y, Lu J, Liu J Q, *et al.* Three novel pterodin dimers from *Pteris obtusiloba* [J]. *Fitoterapia*, 2020, 146: 104713.
- [10] Lu W R, Li H J, Cao L, *et al.* Three new pterosins from *Pteris semipinnata* [J]. *Nat Prod Res*, 2024, 38(9): 1591-1598.
- [11] Xiong Y F, Yan Y X, Xie A Q, *et al.* Two novel illudalane sesquiterpenoids from *Pteris semipinnata* [J]. *Chem Nat Compd*, 2024, 60(3): 454-458.
- [12] Chen Y T, Hong J H, Peng C Y, *et al.* Chlorinated illudalane sesquiterpenoids from *Saxiglossum angustissimum* [J]. *J Nat Med*, 2025, 79(4): 931-937.
- [13] Teponno R B, Kusari S, Spitteller M. Recent advances in research on lignans and neolignans [J]. *Nat Prod Rep*, 2016, 33(9): 1044-1092.
- [14] 彭财英, 程双, 熊艳芬, 等. 土茯苓中 2 个新化学成分 [J]. *药学学报*, 2022, 57(6): 1855-1862
- [15] Jiao Y, Fang J B, Tang S G, *et al.* Penangianol A and B: Two new norlignans from rhizomes of *Abacopteris penangiana* [J]. *Chem Nat Compd*, 2015, 51(2): 232-235.
- [16] Wada H, Kido T, Tanaka N, *et al.* Chemical and chemotaxonomical studies of ferns. LXXXI. characteristic lignans of blechnaceous ferns [J]. *Chem Pharm Bull*, 1992, 40(8): 2099-2101.
- [17] Murata T, Oyama K, Fujiyama M, *et al.* Diastereomers of lithospermic acid and lithospermic acid B from *Monarda fistulosa* and *Lithospermum erythrorhizon* [J]. *Fitoterapia*, 2013, 91: 51-59.
- [18] Zhang Z F, Peng Z G, Gao L, *et al.* Three new derivatives of anti-HIV-1 polyphenols isolated from *Salvia yunnanensis* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(5/6): 391-396.
- [19] Choi H G, Tran P T, Lee J H, *et al.* Anti-inflammatory activity of caffeic acid derivatives isolated from the roots of *Salvia miltiorrhiza* Bunge [J]. *Arch Pharm Res*, 2018, 41(1): 64-70.
- [20] Lin Y L, Chang Y Y, Kuo Y H, *et al.* Anti-lipid-peroxidative principles from *Tournefortia sarmentosa* [J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(5): 745-747.
- [21] Dalla V, Cotellet P. The total synthesis of salvianolic acid F [J]. *Tetrahedron*, 1999, 55(22): 6923-6930.
- [22] 刘生生, 韩飞, 许卉, 等. 丹酚酸 B 热解产物化学成分分离与鉴定 [J]. *中草药*, 2011, 42(2): 247-250.

[责任编辑 王文倩]