

绵马贯众化学成分及其抗炎活性研究

魏凯欣^{1,2}, 宋雄辉³, 刘向前⁴,

徐依⁵, 索宗武^{1,2}, 唐思琪^{1,2}, 黄浩^{1,2}, 李小军^{1,2*}

¹赣南医科大学药学院 中药药理江西省重点实验室; ²赣南医科大学药学院 国家中药现代化工程技术研究中心 客家中医药资源研究分中心, 赣州 341000; ³长沙博海生物科技有限公司, 长沙 410017; ⁴湖南中医药大学药学院, 长沙 410208; ⁵赣南医科大学第一附属医院, 赣州 341000

摘要: 研究绵马贯众的化学成分及其抗炎活性。采用硅胶、Sephadex LH-20、AB-8 大孔树脂、聚酰胺、制备型 HPLC 及重结晶的方法对绵马贯众乙醇提取物进行分离纯化, 并根据理化性质及波谱数据鉴定所得化合物的结构。从中分离得到 20 个化合物, 分别鉴定为绵马酸 ABA (1)、正十五烷酸 (2)、正二十七烷醇 (3)、绵马贯众素 ABBA (4)、香茶菜酸 A (5)、 β -谷甾醇 (6)、绵马贯众苷 A (7)、1-*O*-phenyl- α -L-rhamnopyranoside (8)、3,4-二羟基苯甲酸乙酯 (9)、(Z)-11R,12S,13S-trihydroxy-9-octadecenoate (10)、山柰酚-7-*O*- α -L-鼠李糖苷 (11)、山柰素-3-*O*- α -L-(3-*O*-乙酰基)鼠李糖基-7-*O*- α -L-鼠李糖苷 (12)、山柰素-3-*O*- α -L-鼠李糖基-7-*O*- α -L-鼠李糖苷 (13)、胡萝卜苷 (14)、5-羟甲基糠醛 (15)、5,7-dihydroxychromone-7-*O*-neohesperidoside (16)、isomaltol- α -D-glucopyranoside (17)、2,5-呋喃二甲醇 (18)、邻苯二酚 (19)、1,3,5-三甲氧基苯 (20)。其中化合物 5、8-10、15-18、20 为首次从鳞毛蕨科中分离得到, 化合物 2 和 3 为首次从该种植物中分离得到。测定部分单体化合物抑制 LPS 诱导小鼠巨噬细胞 RAW 264.7 释放炎症因子前列腺素 E₂ (PGE₂) 水平评价其抗炎活性。结果显示, 化合物 1、4、8、10、12、13、15-18 均可抑制 PGE₂ 释放, 其中化合物 1、4、13 表现出较好的潜在抗炎活性, 其他被测试化合物均表现出适度的潜在抗炎活性。

关键词: 绵马贯众; 分离鉴定; 化学成分; 抗炎活性

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

Phytochemical constituents from *Dryopteris Crassirhizomae* Rhizoma and their anti-inflammatory activity

WEI Kai-xin^{1,2}, SONG Xiong-hui³, LIU Xiang-qian⁴,

XU Yi⁵, SUO Zong-wu^{1,2}, TANG Si-qi^{1,2}, HUANG Hao^{1,2}, LI Xiao-jun^{1,2*}

¹Jiangxi Province Key Laboratory of Pharmacology of Traditional Chinese Medicine, School of Pharmacy, Gannan Medical University; ²National Engineering Research Center for Modernization of Traditional Chinese Medicine-Hakka Medical Resources Branch, School of Pharmacy, Gannan Medical University, Ganzhou 341000,

China; ³Broad-Ocean Bio-Science and Technique Co., Ltd. of Changsha, Changsha 410017, China; ⁴School of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China; ⁵First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou 341000, China

Abstract: This study aims to investigate the chemical constituents from *Dryopteris Crassirhizomae* Rhizoma and their anti-inflammatory activity. The ethanol extract from *Dryopteris Crassirhizomae* Rhizoma were isolated and purified by silica gel, sephadex LH-20, AB-8 macroporous resin polyamide, preparative HPLC and recrystallization. And identified the structures of the obtained compounds based on its physicochemical properties and spectral data. Twenty compounds were isolated and they were identified as filixic acid ABA (**1**), n-pentadecanoic acid (**2**), n-heptacosanol (**3**), dryocrassine ABBA (**4**), radosia acid A (**5**), β -sitosterol (**6**), dryopteriside A (**7**), 1-*O*-phenyl- α -*L*-rhamnopyranoside (**8**), protocatechuic acid ethyl ester (**9**), (*Z*)-11*R*,12*S*,13*S*-trihydroxy-9-octadecenoate (**10**), kaempferol-7-*O*- α -*L*-rhamnoside (**11**), kaempferol 3-*O*- α -*L*-(3-*O*-acetyl) rhamnopyranosyl-7-*O*- α -*L*-rhamnopyranoside (**12**), kaempferol 3-*O*- α -*L*-rhamnopyranosyl-7-*O*- α -*L*-rhamnopyranoside (**13**), daucosterol (**14**), 5-hydroxymethylfurfural (**15**), 5,7-dihydroxychromone-7-*O*-neohesperidoside (**16**), isomaltol- α -*D*-glucopyranoside (**17**), furan-2,5-diylidimethanol (**18**), catechol (**19**), and 1,3,5-trimethoxybenzene (**20**). Among them, compounds **5**, **8-10**, **15-18**, and **20** were isolated from the *Dryopteridaceae* family for the first time, and compounds **2** and **3** were isolated from this plant species for the first time. The determination section evaluates the anti-inflammatory activity of certain individual compounds by measuring their inhibition of LPS-induced prostaglandin E₂ (PGE₂) release in mouse macrophage RAW 264.7 cells. The results showed that compounds **1**, **4**, **8**, **10**, **12**, **13** and **15-18** all inhibited the release of PGE₂. Compounds **1**, **4** and **13** exhibited good potential anti-inflammatory activity, while the other tested compounds showed moderate potential anti-inflammatory activity.

Key words: *Dryopteris Crassirhizomae* Rhizoma; isolation and identification; chemical constituents; anti-inflammatory activity

中药绵马贯众的基源植物是鳞毛蕨科鳞毛蕨属植物粗茎鳞毛蕨 (*Dryopteris crassirhizoma* Nakai), 2020年版《中国药典》规定该植物的入药部位为干燥根茎和叶柄残基, 其广泛分布于黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古等地^[1]。绵马贯众始载于《神农本草经》, 其味苦、性微寒、有小毒, 具有清热解毒、止血、杀虫等功效^[2-5], 主要用于治疗风热头痛、时疫感冒、温毒发斑、疮疡肿毒、崩漏下血和虫积腹痛症状^[6]。目前已从绵马贯众中鉴定出间苯三酚衍生物、黄酮类、萜类、类固醇、苯丙素类、脂肪酸类、生育酚、酰基间苯三酚衍生物和多糖类等化合物, 这些天然产物表现出抑菌、抗菌、抗癌、抗氧化、免疫调节、抗病毒

和杀虫等药理作用^[7-10],但其抗炎活性鲜有研究。为进一步了解绵马贯众抗炎药效物质基础,本研究对绵马贯众乙醇提取物的不同极性萃取部位进行成分分离,并以脂多糖(lipopolysaccharide, LPS)诱导小鼠 RAW 264.7 巨噬细胞为炎症模型,对部分单体化合物进行抗炎活性筛选,为绵马贯众药效物质基础及其药用价值的进一步开发提供一定的科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料

绵马贯众于 2017 年 10 月采自吉林省辽源市,经本文通讯作者赣南医科大学药学院李小军副教授鉴定为鳞毛蕨科鳞毛蕨属植物粗茎鳞毛蕨 *Dryopteris crassirhizoma* Nakai 的干燥根茎和叶柄残基,凭证样本(编号 DC201710)保存于赣南医科大学药学院中药药理江西省重点实验室。

小鼠单核巨噬细胞(RAW 264.7, 韩国细胞株银行)。

1.2 仪器与试剂

AVANCENEO 400WB 核磁共振仪(德国 Bruker 公司); RE-2000A 旋转蒸发仪(上海亚荣生化仪器厂); Q-TOF micro LC-MS/MS 质谱仪(美国 Waters 公司); 安捷伦 1100 HPLC(美国安捷伦公司); ME204E 精密电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); YMC-Pack C₁₈ 分析色谱柱(250 × 4.6 mmI.D)和半制备色谱柱(250 × 10 mmI.D.); Pre-RP-HPLC 检测波长为 210 nm 和 254 nm, 流速为 3 mL/min; 薄层色谱硅胶 GF254、柱色谱硅胶(青岛海洋化工有限公司); Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶(美国 GE 公司); ME204E 精密电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); 酶标仪(美国 Bio-Rad 公司); 手动移液枪(德国 Eppendorf 公司); DZTW-10000ML 调温电热套(上海力辰邦西仪器科技有限公司)。

噻唑蓝(methylthiazolyldiphenyl-tetrazolium bromide, MTT)(批号: M5655, 美国 Sigma-Aldrich 公司); LPS(批号: 127M4029V, 美国 Sigma-Aldrich 公司); 二甲基亚砜 DMSO(批号: D4540, 美国 Sigma-Aldrich 公司); DMEM 培养基(批号: 8121448, 美国 Gibco 公司); 新生牛血清(批号: 2396297P, 美国 Gibco 公司); PGE₂ 酶联免疫吸附测定试剂盒(批号: A8KL9RWGU4, 武汉伊莱瑞特生物科技股份有限公司); 羧甲基纤维素钠(批号: 20181211, 国药集团化学试剂有限公司); 乙腈、甲醇(色谱纯, 国药集团化学试剂有限公司); 氘代试剂(上海皓鸿生物医药科技有限公司); 其他试剂均为分析纯(广东光华科技股份有限公司); 水为超纯水。

1.3 方法

1.3.1 提取与分离

取 5 kg 绵马贯众粉碎至粗粉，40 L 无水乙醇回流提取 2 h，重复 4 次，过滤，合并回收液，浓缩后得总浸膏。总浸膏加入适量蒸馏水分散后依次用石油醚（60~90）、乙酸乙酯进行萃取，依次得到石油醚萃取物（80.0 g）、乙酸乙酯萃取物（150.0 g）和水层物质（100.0 g）。

石油醚层浸膏（80.0 g）经硅胶柱色谱分离，以石油醚-乙酸乙酯（10：1→1：10）梯度洗脱，经 TLC 检测合并相同部分，得到 Fr. P1~Fr. P5。Fr. P1 经柱层析纯化，以石油醚-乙酸乙酯（10：1）等度洗脱，经 TLC 检测合并得到 Fr. P1.1~Fr. P1.4。Fr. P1.1 经两次结晶后，经葡聚糖凝胶柱分离，以氯仿-甲醇（3：1）等度洗脱，结晶得到化合物 **1**（21.0 mg）；Fr. P1.2 经柱层析硅胶分离，得到化合物 **2**（25.0 mg）；Fr. P1.3 经多次结晶得到化合物 **3**（64.0 mg）；Fr. P1.4 经柱以石油醚-乙酸乙酯（20：1→10：1）梯度洗脱层析硅胶分离，以石油醚-乙酸乙酯（10：1）等度洗脱，得到化合物 **4**（30.0 mg）。Fr. P2 部分经柱层析纯化，以石油醚-乙酸乙酯（10：1）等度洗脱，得到化合物 **5**（23.0 mg）；Fr. P2 部分经柱层析分离纯化，石油醚-乙酸乙酯（5：1）等度洗脱，经 TLC 检测合并得到 Fr. P2.1~Fr. P2.3，Fr. P2.2 经二次硅胶 H 分离，再过葡聚糖凝胶柱，以氯仿-甲醇（3：1）等度洗脱，结晶得到化合物 **6**（10.0 mg）。

乙酸乙酯部位（150.0 g）经 AB-8 大孔树脂柱色谱分离，以乙醇-水（0%、30%、50%、70%、100%）梯度洗脱，经 TLC 检测合并得到 Fr. E1~Fr. E5，Fr. E2 经葡聚糖凝胶柱分离，以甲醇-水（20%、40%、60%、100%）梯度洗脱，得到 Fr. E2.1~Fr. E2.4，Fr. E2.2 经制备 HPLC（20%甲醇-水）分离，得到化合物 **7**（3.4 mg， $t_R=9.5$ min）；Fr. E2.3 经制备 HPLC（25%乙腈-水）分离，得到化合物 **8**（5.4 mg， $t_R=9.6$ min）。对组分 Fr. E3 进行硅胶柱分离，以乙酸乙酯-甲醇（20：1→10：1）梯度洗脱，TLC 法验证合并后得到 Fr. E3.1~Fr. E3.4，Fr. E3.1 部分经制备 HPLC（35%甲醇-水）分离，得到化合物 **9**（6.9 mg， $t_R=26.5$ min），部分结晶得到化合物 **13**（257.0 mg）；Fr. E3.2 部分经硅胶柱层析分离，乙酸乙酯洗脱，TLC 检测合并得到 Fr. E3.2.1~Fr. E3.2.7，Fr. E3.2.2 经硅胶柱层析分离，以石油醚-乙酸乙酯（1：3）进行等度洗脱，结晶后得到化合物 **10**（5.2 mg）；Fr. E3.2.4 经制备 HPLC（30%乙腈-水）分离，得到化合物 **11**（5.0 mg， $t_R=21.0$ min）；Fr. E3.2.7 液体加乙酸乙酯萃取三次，30 °C 真空浓缩、干燥，得到化合物 **12**（6.0 mg）。Fr. E3.2 部分经聚酰胺柱分离，40%乙醇洗脱，再经 HPLC 制备（40%甲醇-水）分离，得到化合物 **14**（5.2 mg， $t_R=9.8$ min）。

萃取水液部分（100.0 g）经反相柱分离，以甲醇-水（5%、10%、20%），TLC 检测合并得到 Fr. W1~Fr. W3，Fr. W1 经制备 HPLC（10%甲醇-水）分离，得到化合物 **15**（28.0 mg，

$t_R = 10.0$ min); Fr. W3 经二次 HPLC 制备 (20% 甲醇-水) 分离, 得到化合物 **16** (5.0 mg, $t_R = 23.8$ min)。萃取水液全部经反相柱分离, 依次用 5%、10%、20%、40%、60% 甲醇洗脱, TLC 检测合并得到 Fr. W4~Fr. W8, Fr. W4 经制备 HPLC (5% 甲醇-水) 分离, 得到化合物 **17** (24.0 mg, $t_R = 29.3$ min)、化合物 **18** (68.0 mg, $t_R = 17.6$ min); Fr. W4 经制备 HPLC (10% 甲醇-水) 分离, 得到化合物 **19** (5.0 mg, $t_R = 15.9$ min); Fr. W5 经反相柱 (10% 甲醇-水) 洗脱分离, 再经 HPLC 制备 (10% 甲醇-水) 分离, 得到化合物 **20** (7.8 mg, $t_R = 11.1$ min)。

1.3.2 抗炎活性测定

采取 MTT 法测定部分单体化合物对 RAW 264.7 巨噬细胞存活率的影响, 将 RAW 264.7 巨噬细胞接种于 24 孔板中 (1×10^5 个细胞/孔), 37°C 下孵育 12 h, 给药组分别加入 20、40、80 $\mu\text{mol/L}$ 浓度的待测样品, 每组重复 3 次独立实验。计算细胞存活率。

测定单体化合物对 LPS 刺激的 RAW 264.7 细胞产生炎症因子 PGE_2 的影响, 将 RAW 264.7 巨噬细胞以 5×10^4 个细胞/孔的密度接种在 24 孔培养板中。将试验化合物分别给予 20、40、80 $\mu\text{mol/L}$ 浓度处理, 用 1 $\mu\text{g/mL}$ LPS 刺激 RAW 264.7 巨噬细胞 24 h。孵育后, 收集上清液并通过 ELISA 试剂盒对 PGE_2 浓度进行测量。根据操作说明每组重复 3 次独立实验。

2 结果

2.1 结构鉴定

化合物 1 浅黄色针状结晶 (甲醇); ESI-MS: m/z 612.22 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{32}\text{H}_{36}\text{O}_{12}$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 3.60 (2H, s, H-7), 3.50 (2H, s, H-7'), 3.20 (2H, m, H-19), 2.73 (6H, s, H-15, H-15'), 1.75 (2H, m, H-20), 1.55 (6H, s, H-16, H-16'), 1.43 (6H, s, H-17, H-17'), 1.00 (3H, t, $J = 7.5$ Hz, H-21); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 111.3 (C-1, C-1'), 188.1 (C-2, C-2'), 106.8 (C-3, C-3'), 198.8 (C-4, C-4'), 44.5 (C-5), 44.3 (C-5'), 172.8 (C-6, C-6'), 17.3 (C-7, C-7'), 105.7 (C-8), 160.7 (C-9), 159.7 (C-10), 158.8 (C-11), 105.4 (C-12), 158.7 (C-13), 203.5 (C-14, C-14'), 29.4 (C-15, C-15'), 25.4 (C-16, C-16'), 24.2 (C-17, C-17'), 208.2 (C-18), 46.0 (C-19), 18.0 (C-20), 14.0 (C-21)。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[1]报道基本一致, 故鉴定化合物 **1** 为绵马酸 ABA。

化合物 2 白色粉末; ESI-MS: m/z 241.36 $[\text{M}-\text{H}]^-$, 分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 2.37 (2H, t, $J = 7.6$ Hz, H-2), 1.63 (2H, m, H-3), 1.28 (22H, m, H-4~H-14), 0.80 (3H, t, $J = 6.4$ Hz, H-15); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 179.3 (C-1), 33.9 (C-2), 29.7 (C-3~C-12), 24.7 (C-13), 22.7 (C-14), 14.1 (C-15)。该化合物 ^1H NMR

和 ^{13}C NMR 数据与文献^[12]报道基本一致, 故鉴定化合物 **2** 为正十五烷酸。

化合物 3 白色粉末; ESI-MS: m/z 419.42 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{27}\text{H}_{56}\text{O}$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 3.62 (2H, t, $J=6.5$ Hz, H-1), 1.60 (4H, m, H-2, H-3), 1.31~1.23 (46H, m, H-4~H-26), 0.88 (3H, t, $J=6.5$ Hz, H-27); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 63.3 (C-1), 33.0 (C-2), 25.9 (C-3), 29.9 (C-4~C-23), 29.6 (C-24), 32.1 (C-25), 22.9 (C-26), 14.3 (C-27)。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[13]报道基本一致, 故鉴定化合物 **3** 为正二十七烷醇。

化合物 4 黄色片状结晶 (甲醇); ESI-MS: m/z 821.30 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{43}\text{H}_{48}\text{O}_{16}$; ^1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 3.62 (2H, s, H-14), 3.53 (4H, s, H-7, H-7'), 3.22 (4H, m, H-20, H-20'), 2.74 (6H, s, H-16, H-16'), 1.75 (4H, m, H-21, H-21'), 1.55 (12H, s, H-17, H-17'), 1.43 (12H, s, H-18, H-18'), 1.00 (6H, t, $J=7.5$ Hz, H-22, H-22'); ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 188.2 (C-1, C-1'), 108.2 (C-2, C-2'), 199.2 (C-3, C-3'), 44.5 (C-4, C-4'), 172.8 (C-5, C-5'), 111.2 (C-6, C-6'), 17.3 (C-7, C-7'), 105.7 (C-8, C-8'), 160.5 (C-9, C-9'), 158.9 (C-10, C-10'), 159.7 (C-11, C-11'), 106.8 (C-12, C-12'), 158.7 (C-13, C-13'), 17.0 (C-14), 199.2 (C-15, C-15'), 29.4 (C-16, C-16'), 25.5 (C-17, C-17'), 24.5 (C-18, C-18'), 208.3 (C-19, C-19'), 46.0 (C-20, C-20'), 17.8 (C-21, C-21'), 14.0 (C-22, C-22')。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[14]报道基本一致, 故鉴定化合物 **4** 为绵马贯众素 ABBA。

化合物 5 无色油状物; ESI-MS: m/z 295.23 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_3$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 7.14 (1H, dd, $J=15.7, 10.1$ Hz, H-10), 6.20 (1H, m, H-8), 6.17 (1H, dd, $J=15.6, 9.8$ Hz, H-9), 6.07 (1H, d, $J=15.7$ Hz, H-11), 2.53 (2H, t, $J=7.5$ Hz, H-13), 2.31 (2H, t, $J=7.4$ Hz, H-2), 2.18 (2H, m, H-7), 1.64 (2H, m, H-14), 1.60 (2H, m, H-3), 1.44 (2H, m, H-15), 1.31 (10H, m, H-4, H-5, H-6, H-16, H-17), 0.89 (3H, t, $J=6.9$ Hz, H-18); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 179.7 (C-1), 34.0 (C-2), 24.2 (C-3), 28.8 (C-4), 29.0 (C-5), 28.9 (C-6), 33.1 (C-7), 145.6 (C-8), 129.0 (C-9), 143.0 (C-10), 127.9 (C-11), 201.5 (C-12), 40.5 (C-13), 24.6 (C-14), 28.6 (C-15), 31.5 (C-16), 22.5 (C-17), 13.9 (C-18)。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[15]报道基本一致, 故鉴定化合物 **5** 为香茶菜酸 A。

化合物 6 白色针状结晶 (甲醇); ESI-MS: m/z 415.39 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{29}\text{H}_{50}\text{O}$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 5.37 (1H, m, H-6), 3.50 (1H, m, H-3), 1.02 (3H, s,

CH₃-19), 0.92 (3H, d, $J=6.7$ Hz, H₃-21), 0.84 (3H, d, $J=6.0$ Hz, H₃-29), 0.83 (3H, d, $J=5.6$ Hz, H₃-26), 0.81 (3H, d, $J=5.4$ Hz, H₃-27), 0.69 (3H, s, H₃-18); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 37.3 (C-1), 31.7 (C-2), 71.8 (C-3), 42.3 (C-4), 140.8 (C-5), 121.7 (C-6), 31.9 (C-7), 31.9 (C-8), 50.1 (C-9), 36.5 (C-10), 21.1 (C-11), 39.8 (C-12), 42.3 (C-13), 56.8 (C-14), 24.3 (C-15), 28.3 (C-16), 56.1 (C-17), 11.9 (C-18), 19.8 (C-19), 36.2 (C-20), 18.8 (C-21), 33.9 (C-22), 26.1 (C-23), 45.8 (C-24), 29.1 (C-25), 19.4 (C-26), 19.0 (C-27), 23.1 (C-28), 12.0 (C-29)。该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[14]报道基本一致, 故鉴定化合物 **6** 为 β -谷甾醇。

化合物 7 淡黄色胶状物; ESI-MS: m/z 507.17 [M+H]⁺, 分子式为 C₂₁H₃₀O₁₄; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 4.59 (1H, d, $J=9.6$ Hz, H-1'), 4.20 (1H, d, $J=7.4$ Hz, H-1''), 3.80~3.77 (2H, m, H-6'), 3.67 (1H, m, H-6''), 3.50 (1H, m, H-2'), 3.45 (1H, m, H-6''), 3.40 (1H, m, H-4'), 3.27 (1H, m, H-5', H-2''), 3.20 (1H, m, H-3'), 3.19 (1H, m, H-3''), 3.16 (1H, m, H-4''), 3.12 (1H, m, H-5''), 2.47 (3H, s, H-8), 2.08 (3H, s, H-9); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 108.5 (C-1), 158.1 (C-2), 112.6 (C-3), 162.5 (C-4), 110.9 (C-5), 160.0 (C-6), 205.3 (C-7), 33.6 (C-8), 9.47 (C-9), 76.0 (C-1'), 71.7 (C-2'), 79.0 (C-3'), 69.6 (C-4'), 81.9 (C-5'), 60.3 (C-6'), 105.3 (C-1''), 74.5 (C-2''), 76.7 (C-3''), 70.1 (C-4''), 77.3 (C-5''), 61.8 (C-6'')。该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[16]报道基本一致, 故鉴定化合物 **7** 为绵马贯众苷 A。

化合物 8 淡黄色粉末; ESI-MS: m/z 241.11 [M+H]⁺, 分子式为 C₁₂H₁₆O₅; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.18 (3H, dd, $J=19.0, 8.3$ Hz, H-3, H-4, H-5), 6.94 (2H, t, $J=9.5$ Hz, H-2, H-6), 5.38 (1H, dd, $J=9.6, 1.7$ Hz, H-1'), 4.44 (1H, s, H-4'), 3.88 (1H, dd, $J=9.7, 3.4$ Hz, H-3'), 3.61 (1H, m, H-2'), 3.39 (1H, m, H-5'), 1.11 (3H, dd, $J=10.1, 6.1$ Hz, Me); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 154.9 (C-1), 114.9 (C-2, C-4, C-6), 129.4 (C-3, C-5), 98.4 (C-1'), 71.1 (C-2'), 70.5 (C-3'), 72.2 (C-4'), 69.8 (C-5'), 16.7 (C-6')。该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[17]报道基本一致, 故鉴定化合物 **8** 为 1-O-phenyl- α -L-rhamnopyranoside。

化合物 9 白色粉末; ESI-MS: m/z 183.07 [M+H]⁺, 分子式为 C₉H₁₀O₄; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.42 (1H, d, $J=1.9$ Hz, H-2), 7.41 (1H, dd, $J=1.9, 8.5$ Hz, H-6), 6.78 (1H, d, $J=8.5$ Hz, H-5), 4.29 (2H, q, $J=7.1$ Hz, H-2'), 1.37 (3H, t, $J=7.1$ Hz, H-3'); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 121.5 (C-1), 114.4 (C-2), 144.8 (C-3), 150.2

(C-4), 116.0 (C-5), 122.1 (C-6), 167.0 (C-1'), 60.3 (C-2'), 13.2 (C-3')。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[18]报道基本一致, 故鉴定化合物 **9** 为 3,4-二羟基苯甲酸乙酯。

化合物 10 白色粉末; ESI-MS: m/z 353.23 $[\text{M}+\text{Na}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_5$; ^1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 5.55~5.53 (1H, H-10), 5.52~5.51 (1H, H-9), 4.57 (1H, dd, $J=4.0$, 7.9 Hz, H-11), 3.57 (1H, ddd, $J=2.1$, 6.3, 9.1 Hz, H-13), 3.25 (1H, dd, $J=4.0$, 6.3 Hz, H-12), 2.27 (2H, t, $J=7.8$ Hz, H-2), 2.12~2.10 (2H, H-8), 1.60~1.58 (2H, H-4, H-14a), 1.55~1.53 (1H, H-15a), 1.42~1.40 (1H, H-14b), 1.40~1.38 (2H, H-7), 1.34~1.32 (2H, H-3, H-5, H-6, H-16, H-17, H-15b), 0.90 (3H, t, $J=6.6$ Hz, Ha-18); ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 176.3 (C-1), 33.6 (C-2), 29.3 (C-3), 24.7 (C-4), 29.1 (C-5), 28.8 (C-6), 29.1 (C-7), 27.4 (C-8), 129.5 (C-9), 132.0 (C-10), 66.6 (C-11), 77.5 (C-12), 71.3 (C-13), 32.4 (C-14), 25.4 (C-15), 31.3 (C-16), 22.2 (C-17), 13.0 (C-18)。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[19]报道基本一致, 故鉴定化合物 **10** 为(Z)-11*R*,12*S*,13*S*-trihydroxy-9-octadecenoate。

化合物 11 淡黄色粉末; ESI-MS: m/z 433.11 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{21}\text{H}_{20}\text{O}_{10}$; ^1H NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 8.53 (2H, m, H-2', H-6'), 7.36 (2H, m, H-3', H-5'), 7.03 (1H, s, H-8), 6.28 (1H, s, H-6), 5.08 (1H, br s, H-1''), 1.63 (3H, s, H-6''); ^{13}C NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 148.2 (C-2), 138.2 (C-3), 177.4 (C-4), 161.9 (C-5), 100.0 (C-6), 162.5 (C-7), 94.6 (C-8), 156.7 (C-9), 106.0 (C-10), 121.6 (C-1'), 130.6 (C-2', C-6'), 116.4 (C-3', C-5'), 160.9 (C-4'), 99.7 (C-1''), 71.6 (C-2''), 72.4 (C-3''), 73.5 (C-4''), 71.4 (C-5''), 18.6 (C-6'')。该化合物 ^1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[20]报道基本一致, 故鉴定化合物 **11** 为山柰酚-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 12 淡黄色粉末; ESI-MS: m/z 621.13 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{27}\text{H}_{32}\text{O}_{15}$; ^1H NMR (400 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$) δ : 8.01 (2H, s, H-2', H-6'), 7.27 (2H, d, $J=8.7$ Hz, H-3', H-5'), 6.96 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-8), 6.79 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-6), 6.24 (1H, s, H-1'''), 6.16 (1H, br s, H-1''), 5.76 (1H, m, H-2''), 4.69 (1H, s, H-2'''), 4.66 (2H, m, H-3'', H-5'''), 4.38 (1H, m, H-3'''), 4.28 (1H, d, $J=9.5$ Hz, H-4'''), 4.16 (1H, m, H-5''), 1.97 (3H, s, COCH_3), 1.63 (3H, d, $J=6.2$ Hz, H-6'''), 1.17 (3H, d, $J=6.3$ Hz, H-6''); ^{13}C NMR (100 MHz, $\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$) δ : 158.5 (C-2), 142.0 (C-3), 178.8 (C-4), 162.2 (C-5), 100.2 (C-6), 162.5 (C-7), 94.7 (C-8), 156.9 (C-9), 103.2 (C-10), 121.1 (C-1'), 131.3 (C-2', C-6'), 116.2 (C-3', C-5'), 161.7 (C-4'), 108.3 (C-1''), 71.6 (C-2''), 69.7 (C-3''),

170.4 (3''-COCH₃), 20.7 (3''-COCH₃), 74.8 (C-4''), 69.1 (C-5''), 17.6 (C-6''), 99.8 (C-1'''), 71.4 (C-2'''), 71.2 (C-3'''), 73.3 (C-4'''), 72.1 (C-5'''), 18.4 (C-6'''). 该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[21]报道基本一致, 故鉴定化合物 **12** 为山柰素-3-*O*- α -*L*-(3-*O*-乙酰基)鼠李糖基-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 13 黄色粉末; ESI-MS: m/z 579.17 [M+H]⁺, 分子式为 C₂₇H₃₀O₁₄; ¹H NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 7.78 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', H-6'), 6.93 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3', H-5'), 6.73 (1H, br s, H-8), 6.50 (1H, br s, H-6), 5.57 (1H, br s, H-1'''), 5.39 (1H, br s, H-1''), 1.31 (3H, d, J = 6.1 Hz, H-6), 0.93 (3H, d, J = 5.4 Hz, H-6''); ¹³C NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 158.2 (C-2), 136.4 (C-3), 178.9 (C-4), 162.2 (C-5), 100.1 (C-6), 162.5 (C-7), 94.6 (C-8), 156.8 (C-9), 103.6 (C-10), 121.3 (C-1'), 131.4 (C-2', C-6'), 116.2 (C-3', C-5'), 161.7 (C-4'), 106.8 (C-1''), 72.3 (C-2''), 72.1 (C-3''), 73.0 (C-4''), 71.7 (C-5''), 18.1 (C-6''), 99.7 (C-1'''), 71.4 (C-2'''), 71.2 (C-3'''), 73.3 (C-4'''), 71.9 (C-5'''), 18.4 (C-6'''). 该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[21]报道基本一致, 故鉴定化合物 **13** 为山柰素-3-*O*- α -*L*-鼠李糖基-7-*O*- α -*L*-鼠李糖苷。

化合物 14 白色粉末; ESI-MS: m/z 599.43 [M+Na]⁺, 分子式为 C₃₅H₆₀O₆; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃+CD₃OD) δ : 5.36 (1H, m, H-6), 4.86 (1H, d, J = 8.1 Hz, Glc-H-1'), 3.73 (1H, m, H-3 α), 3.55~2.40 (6H, m, Glc-H-2'~6'), 1.00 (3H, s, H-19), 0.94~0.69 (12H, m, H-21, H-26, H-27, H-29), 0.65 (3H, s, H-18); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃+CD₃OD) δ : 37.5 (C-1), 30.4 (C-2), 79.2 (C-3), 46.3 (C-4), 141.3 (C-5), 122.1 (C-6), 32.2 (C-7), 34.4 (C-8), 50.9 (C-9), 37.9 (C-10), 21.8 (C-11), 40.5 (C-12), 42.9 (C-13), 57.9 (C-14), 26.3 (C-15), 30.4 (C-16), 56.5 (C-17), 12.7 (C-18), 19.3 (C-19), 36.4 (C-20), 19.6 (C-21), 36.4 (C-22), 24.2 (C-23), 45.0 (C-24), 19.5 (C-25), 12.2 (C-26), 23.5 (C-27), 21.2 (C-28), 19.2 (C-29), 101.9 (C-1'), 73.1 (C-2'), 77.1 (C-3'), 69.6 (C-4'), 76.4 (C-5'), 62.6 (C-6'). 该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[20]报道基本一致, 故鉴定化合物 **14** 为胡萝卜苷。

化合物 15 黄色油状物; ESI-MS: m/z 149.10 [M+Na]⁺, 分子式为 C₆H₆O₃; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 9.52 (1H, s, H-1), 7.38 (1H, s, H-4), 6.58 (1H, s, H-3), 4.60 (2H, s, H-6); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 178.1 (C-1), 152.5 (C-2), 123.5 (C-3), 109.5 (C-4), 161.8 (C-5), 56.2 (C-6)。该化合物 ¹H NMR 和 ¹³C NMR 数据与文献^[13]报道基本一致, 故鉴定化合物 **15** 为 5-羟甲基糠醛。

化合物 16 无色结晶(甲醇); ESI-MS: m/z 487.15 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_{21}H_{26}O_{13}$; 1H NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ : 8.01 (1H, d, $J=6.0$ Hz, H-2), 6.70 (1H, d, $J=2.4$ Hz, H-8), 6.45 (1H, d, $J=2.4$, H-6), 6.23 (1H, d, $J=6.0$ Hz, H-3), 5.30 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-1''), 5.17 (1H, d, $J=7.2$ Hz, H-1'), 3.91 (2H, dd, $J=2.0$ Hz, 3.2 Hz, H-2''), 3.90 (1H, m, H-6'), 3.89 (2H, m, H-5''), 3.67 (1H, dd, $J=7.2$ Hz, 9.6 Hz, H-2'), 3.63 (1H, m, H-6'), 3.60 (1H, t, $J=9.6$ Hz, H-3'), 3.58 (1H, m, H-3''), 3.50 (1H, dddd, $J=2.0, 5.6, 10.0$ Hz, H-5'), 3.40 (1H, dd, $J=1.2, 9.6$ Hz, H-4'), 3.36 (1H, dd, $J=8.0, 10.0$ Hz, H-4''), 1.30 (1H, d, $J=5.6$ Hz, H-6''); ^{13}C NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ : 157.1 (C-2), 111.1 (C-3), 182.2 (C-4), 163.0 (C-5), 100.4 (C-6), 163.7 (C-7), 95.9 (C-8), 158.2 (C-9), 108.0 (C-10), 99.7 (C-1'), 79.1 (C-2'), 79.6 (C-3'), 71.1 (C-4'), 77.6 (C-5'), 62.7 (C-6'), 102.5 (C-1''), 73.0 (C-2''), 72.4 (C-3''), 74.6 (C-4''), 69.9 (C-5''), 18.9 (C-6''). 该化合物 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[22]报道基本一致, 故鉴定化合物 **16** 为 5,7-dihydroxychromone-7-*O*-neohesperidoside。

化合物 17 无色结晶(甲醇); ESI-MS: m/z 289.09 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_{12}H_{16}O_8$; 1H NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ : 7.82 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-4), 6.80 (1H, d, $J=2.0$ Hz, H-1), 5.54 (1H, d, $J=3.5$ Hz, H-1'), 5.28 (1H, d, $J=5$ Hz, C₄'-OH), 5.10 (2H, d, $J=4$ Hz, C₂'-OH, C₃'-OH), 4.55 (1H, t, C₆'-OH), 2.40 (3H, s, CH₃CO); ^{13}C NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ : 105.4 (C-1), 153.0 (C-2), 138.9 (C-3), 146.7 (C-4), 184.1 (C-5), 27.7 (C-6), 101.9 (C-1'), 72.9 (C-2'), 76.3 (C-3'), 71.3 (C-4'), 75.0 (C-5'), 62.3 (C-6')。该化合物 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[23]报道基本一致, 故鉴定化合物 **17** 为 isomaltol- α -*D*-glucopyranoside。

化合物 18 白色粉末; ESI-MS: m/z 129.06 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_6H_8O_3$; 1H NMR (400 MHz, $C_5H_5N-d_5$) δ : 6.44 (2H, s, H-3, H-4), 4.88 (4H, s, H-1, H-6); ^{13}C NMR (100 MHz, $C_5H_5N-d_5$) δ : 57.5 (C-1, C-6), 156.4 (C-2, C-5), 108.2 (C-3, C-4)。该化合物 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[24]报道基本一致, 故鉴定化合物 **18** 为 2,5-呋喃二甲醇。

化合物 19 白色粉末; ESI-MS: m/z 111.04 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_6H_6O_2$; 1H NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ : 7.27 (2H, d, $J=8.7$ Hz, H-4, H-5), 6.92 (2H, d, $J=8.7$ Hz, H-3, H-6); ^{13}C NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ : 147.4 (C-1, C-2), 116.7 (C-3, C-6), 120.2 (C-4, C-5)。该化合物 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[25]报道基本一致, 故鉴定化合物 **19** 为邻苯二酚。

化合物 20 白色结晶(甲醇); ESI-MS: m/z 169.09 $[M+H]^+$, 分子式为 $C_9H_{12}O_3$; 1H NMR (400 MHz, C_5D_5N) δ : 6.41 (3H, s, H-2, H-4, H-6), 4.96 (9H, s, 1-OCH₃, 3-OCH₃, 5-OCH₃); ^{13}C NMR (100 MHz, C_5D_5N) δ : 156.4 (C-1, C-3, C-5), 107.4 (C-2, C-4, C-6), 57.1 (1-OCH₃, 3-OCH₃, 5-OCH₃)。该化合物 1H NMR 和 ^{13}C NMR 数据与文献^[26]报道基本一致, 故鉴定化合物 **20** 为 1,3,5-三甲氧基苯。

从绵马贯众中分离鉴定的化合物 **1~20** 的化学结构见图 1。

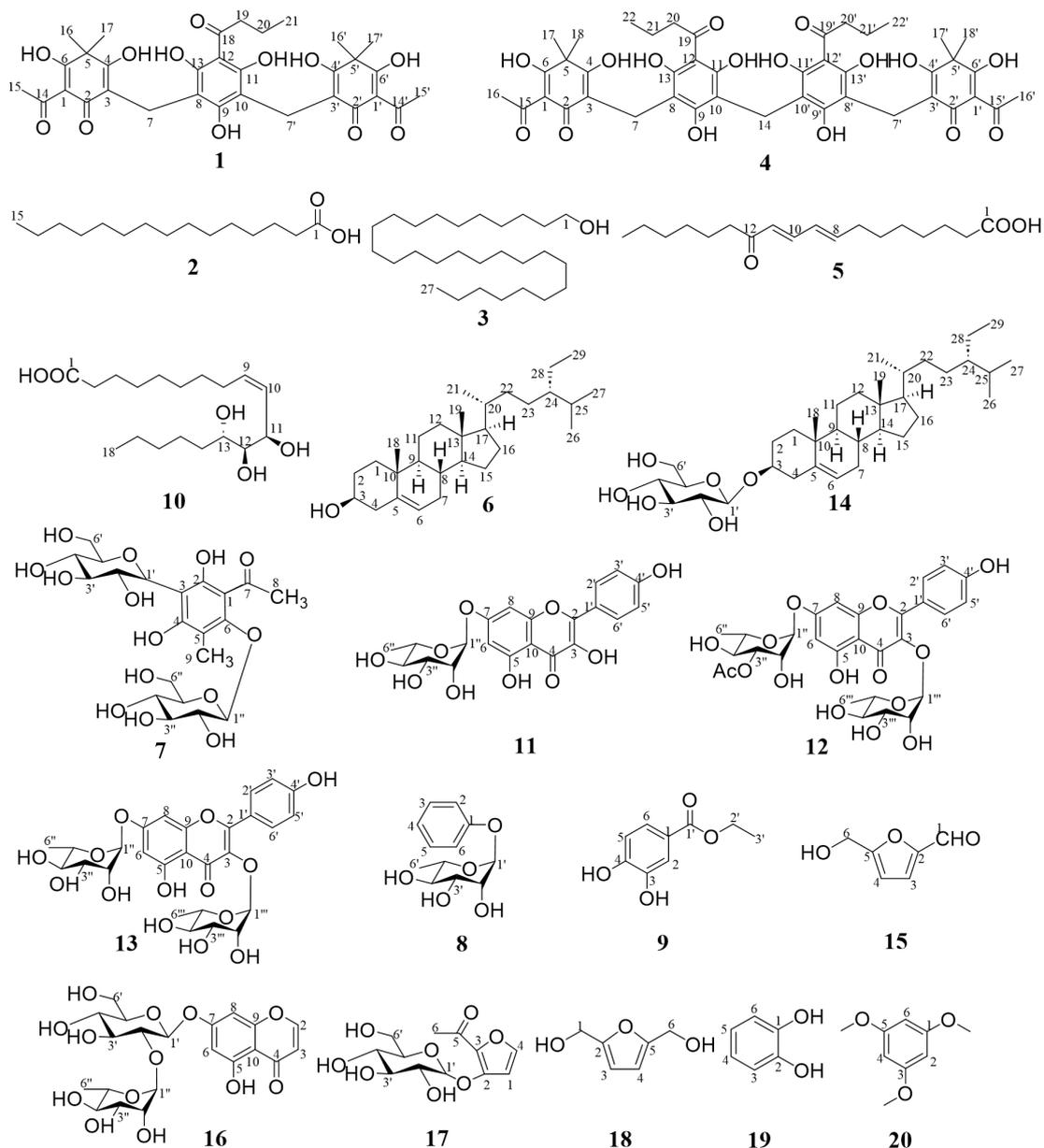


图 1 化合物 1~20 的化学结构式

Fig.1 The chemical structures of compounds 1-20

2.2 体外抗炎活性结果

测定绵马贯众单体化合物对 RAW 264.7 细胞活力的影响, 并对细胞存活率大于 85%的

化合物进行体外抗炎活性评价,结果见表1。阳性药物紫柳因及7个化合物(4、8、13、15~18)在浓度80 μmol/L时的细胞存活率均高于90%,3个化合物(1、10、12)在浓度为80 μmol/L时的细胞存活率均高于86%。化合物1、4、8、10、12、13、15~18均可抑制RAW 264.7细胞释放PGE₂,其中化合物1作用效果最为显著,其IC₅₀为(10.69 ± 0.11) μmol/L。

表1 化合物对LPS刺激的RAW 264.7细胞存活率及释放PGE₂水平的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 1 Effects of compounds on cell viability and PGE₂ levels of LPS-stimulated RAW 264.7 cells ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

化合物 Compound	细胞存活率 Cell viability (%)	IC ₅₀ (μmol/L)
1	86.7	10.69 ± 0.11
4	95.5	14.32 ± 0.35
8	98.2	45.59 ± 0.31
10	89.5	26.37 ± 0.38
12	88.2	24.88 ± 0.26
13	90.7	17.33 ± 0.12
15	100	32.45 ± 0.15
16	91.3	33.8 ± 0.23
17	93.9	40.3 ± 0.22
18	99.1	39.89 ± 0.17
紫柳因 Butein*	99.4	9.51 ± 0.22

注: *阳性对照。

Note: *Positive control.

3 结论

本实验对绵马贯众化学成分进行进一步研究,从中分离得到20个化合物,包括3个间苯三酚类化合物(1、4、7)、4个脂肪酸类化合物(2、3、5、10)、2个甾体类成分(6和14)、4个酚类成分(8、9、19、20)、3个黄酮苷类化合物(11~13)、3个四氢呋喃衍生物(15、17、18)和1个色原酮苷(16),其中化合物5、8~10、15~18、20为首次从鳞毛蕨科中分离得到,化合物2和3为首次从该种植物中分离得到。遗憾的是,目前为止暂未分得新化合物,这可能与药材的提取用量有关:有些物质能从色谱图上看到,但获得量甚微不足以鉴定其化学结构。后续相关研究建议进一步加大药材用量(如≥10 kg)。部分被测试化合物的体外抗炎活性筛选结果表明,化合物1、4、8、10、12、13、15~18均可抑制RAW 264.7

细胞释放炎症因子 PGE₂, 其中化合物 **1**、**4**、**13** 作用效果较好, IC₅₀ 值分别为 10.69 ± 0.11、14.32 ± 0.35、17.33 ± 0.12 μmol/L。对于这些活性天然产物的抗炎药效评价及机制研究有待进一步进行。本实验结果进一步丰富了绵马贯众的化学物质基础, 也为进一步探索和开发绵马贯众药用价值提供一定的科学参考。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典: 第一部)[M]. Beijing: China Medical Science Press, 2020: 344.
- 2 Jia XZ, Li XX, Yuan LP, et al. Study on the three kinds of phloroglucinol derivatives of *Dryopteris crassirhizoma* Nakai and their antifungal activity[J]. J Guangdong Pharm Univ (广东药学院学报), 2016, 32: 582-585.
- 3 Yan YD, Wang J, Geng DH, et al. Screening of active components from phloroglucinols in Mianma Guanzhong for anti-neuraminidase of H1N1 influenza virus[J]. J Beijing Univ Tradit Chin Med (北京中医药大学学报), 2018, 41: 71-75.
- 4 Liu C, Yan YD, Wang J, et al. Screening on phloroglucinols of anti-influenza virus activity from *Dryopteris crassirhizoma*[J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2018, 49: 305-312.
- 5 Chen JX, Ceng ZL, Fang BH, et al. Analysis of chemical constituents of the anti-avian influenza virus site of *Dryopteris crassirhizoma* by HPLC-ESI/APCI-MSn[J]. J Instrum Anal (分析测试学报), 2008, 27: 623-626.
- 6 Qi Y, Jia XZ, Zheng YL, et al. Isolation and antibacterial activities of phloroglucinol derivatives from *Dryopteris crassirhizoma*[J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2017, 48: 4860-4864.
- 7 Yuk HJ, Kim JY, Sung YY, et al. Phloroglucinol derivatives from *Dryopteris crassirhizoma* as potent xanthine oxidase inhibitors[J]. Molecules, 2020, 26: 122.
- 8 Jia YY, Zhao JT, Han XY, et al. Research progress on chemical composition and pharmacological activities of *Dryopteridis Crassirhizomatis Rhizoma*[J]. Asia-Pac Tradit Med (亚太传统医药), 2017, 13: 53-56.
- 9 Hai P, Rao K, Jiang N, et al. Structure elucidation, biogenesis, and bioactivities of acylphloroglucinol-derived meroterpenoid enantiomers from *Dryopteris crassirhizoma*[J]. Bioorg Chem, 2022, 119: 105567.
- 10 Zhao Y, Hu W, Zhang H, et al. Antioxidant and immunomodulatory activities of polysaccharides from the rhizome of *Dryopteris crassirhizoma* Nakai[J]. Int J Biol Macromol, 2019, 130: 238-244.
- 11 Liu Z, An XQ, Si YJ, et al. Active constituents of *Dryopteris crassirhizoma* Nakai[J]. Med J West Chin (西部医学), 2011, 23: 2300-2302+2306.
- 12 Zhang DD, Sun Y, Fan H, et al. A new amide alkaloid from *Valeriana officinalis*[J]. Chin Tradit Pat Med (中成

- 药),2022,44:3867-3871.
- 13 Gao L,Tian H,Lv PJ,et al.Chemical constituents of *Sapium sebiferum* leaves[J].China J Chin Mater Med(中国中药杂志),2015,40:1518-1522.
 - 14 Deng GT.Studies on chemical constituents of *Dryopteris crassirhizoma* Nakai[D].Guangzhou:Guangdong Pharmaceutical University(广东药科大学),2015.
 - 15 Wen Q,Wang BJ,Gao YQ,et al.Chemical constituents from stems and leaves of *Artabotrys hongkongensis*[J].Chin Tradit Herb Drugs(中草药),2019,50:551-556.
 - 16 Huang YY,Deng RX,Gao JY,et al.A new phloroglucinol compound from rhizome of *Dryopteris crassirhizoma*[J].Chin Pharm J(中国药学杂志),2022,57:269-271.
 - 17 Du TT.The chemical composition of *Moringa* seed and effective part of hypoglycemic[D].Nanning:Guangxi University of Chinese Medicine(广西中医药大学),2021.
 - 18 Wang YY,Zhang LF,Zhang J,et al.Chemical constituents from *Loranthus tanakae* and their in vitro anti-tumor activities[J].Chin Tradit Pat Med(中成药),2023,45:2229-2234.
 - 19 Fang YS,Liu SX,Ma YC,et al.A new phenylpropanoid glucoside and a chain compound from the roots of *Allium tuberosum*[J].Nat Prod Res,2016,31:70-76.
 - 20 Wu JJ,Huang HX,Li WC,et al.Study on chemical constituents and anti-inflammatory activity of the pomace of *Siraitia grosvenorii*[J].Nat Prod Res Dev(天然产物研究与开发),2023,35:1124-1134.
 - 21 Yuan L,Huang WZ,Liang DQ,et al.Study on the flavonoid glycosides from the herb of *Clematis connata* DC[J].Chin Pharm J(中国药学杂志),2015,50:497-501.
 - 22 Zhi YY,Tomoharu K,Kohei K,et al.Active constituents from *Drynaria fortunei* rhizomes on the attenuation of β_{25-35} -induced axonal atrophy[J].J Nat Prod,2015,78:2297-2300.
 - 23 Han BH,Park MH,Han YN.Isolation of isomaltol- α -D-glucopyranoside1 and ketopropyl- α -D-glucopyranoside 2 from Korean red ginseng[J].Arch Pharm Res,1985,8:257-260.
 - 24 Jin L,Zhang CC,Huang ZH.Chemical constituents from sporophore of *Phellinus lonicerinus*[J].Chin J Exp Tradit Med Form(中国实验方剂学杂志),2016,22:55-58.
 - 25 Chen MY,Kang SW,Cheng HT,et al.Chemical constituents from *Selaginella doederleinii*[J].Chin Tradit Pat Med(中成药),2023,45:1156-1160.
 - 26 Cai DJ.Chemical constituents and COX-2 inhibitory activity of *Bergenia purpurascens*[D].Nanchang:Jiangxi University of Chinese Medicine(江西中医药大学),2024.

收稿日期: 2024-07-29

接受日期:

基金项目:江西省重点研发计划资助项目(20212BBG73041);江西省杰出青年基金项目(20212ACB216002);

赣州市重点研发计划资助项目(2023PCG16850);赣州市科技创新青年人才资助项目(202101094465)

*通信作者 E-mail: wkx_220@126.com, xjli@gmu.edu.cn