

• 化学成分 •

顶花板凳果中 2 个新化合物

王雨轩, 刘辰旺, 吴 焱, 吴 莹, 樊 浩, 李玉泽, 王 薇, 宋小妹, 张东东*

陕西中医药大学药学院, 陕西省太白七药研究与应用重点实验室, 陕西 咸阳 712046

摘要: 目的 研究顶花板凳果 *Pachysandra terminalis* 的化学成分。方法 采用硅胶和凝胶柱色谱以及半制备液相色谱等方法进行分离纯化, 并结合其理化性质及 NMR、IR、MS 等谱学技术进行结构解析。采用 CCK-8 法测试单体化合物体外抗人肺癌 H460 细胞活性。结果 从顶花板凳果 80%乙醇水提取物的二氯甲烷部位分离得到 6 个化合物, 分别鉴定为顶花板凳果酮 A (1)、顶花板凳果醇 A (2)、(E)-4-(2,2,6-三甲基环己基)丁-3-烯-2-酮 (3)、(3S,5R,6S,9R)-3,6-二羟基-5,6-二氢-β-香堇酮 (4)、(+)-博氏木林素 (5)、蚱蜢酮 (6)。化合物 5 抑制 H460 细胞的半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC₅₀) 值为 (12.58 ± 1.37) μmol/L。结论 化合物 1 和 2 为新化合物, 分别命名为顶花板凳果酮 A (pactermone A) 和顶花板凳果醇 A (pactermol A), 化合物 3 为新天然产物, 化合物 4~6 为首次从板凳果属植物中分离得到。化合物 5 对 H460 细胞具有一定的抑制作用。

关键词: 顶花板凳果; 顶花板凳果酮 A; 顶花板凳果醇 A; 紫罗兰酮类; 抗肿瘤

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)21-7203-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.21.001

Two new compounds from *Pachysandra terminalis*

WANG Yuxuan, LIU Chenwang, WU Yao, WU Ying, FAN Hao, LI Yuze, WANG Wei, SONG Xiaomei, ZHANG Dongdong

Shaanxi Key Laboratory of Research and Application of "Taibai Qi Yao", School of Pharmacy, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China

Abstract: **Objective** To study the chemical composition of *Pachysandrae terminalis*. **Methods** The separation and purification were conducted by silica gel column chromatography, gel column chromatography and semi-preparative liquid chromatography. The structures were analyzed by physicochemical properties and spectroscopic techniques such as NMR, IR and MS. The isolated compounds were tested for their cytotoxic activities in H460 tumor cells by CCK-8 method. **Results** A total of six compounds were isolated from the dichloromethane extract of *P. terminalis* and identified as pactermone A (1), pactermol A (2), (E)-4-(2,2,6-trimethylcyclohexyl)but-3-en-2-one (3), (3S,5R,6S,9R)-3,6-dihydroxy-5,6-dihydro-β-ionone (4), (+)-boscicalin (5), grasshopper ketone (6). Compound 5 showed inhibitory effects in H460 cells with IC₅₀ value of (12.58 ± 1.37) μmol/L. **Conclusion** Compounds 1 and 2 were identified as two new compounds, named pactermone A and pactermol A, respectively. Compound 3 was a new natural product. Compounds 4—6 were isolated from genus *Pachysandra* for the first time. Compound 5 showed inhibitory effects on H460 cells.

Key words: *Pachysandra terminalis* Sieb. et Zucc.; pactermone A; pactermol A; ionones; antitumor

顶花板凳果为黄杨科 (Buxaceae) 板凳果属 *Pachysandra* Michx. 植物顶花板凳果 *Pachysandra terminalis* Sieb. et Zucc. 的干燥全草, 是“太白七药”中的 1 个重要品种, 又名捆仙绳、雪山林。主

产于甘肃、陕西、四州、湖北等省, 生山区林下阴湿地。《陕西中草药》中记载: “其味苦、微辛, 性凉, 具有除风湿、清热解毒、镇静止痛、调经活血、止带等功效, 用于治疗风湿性筋骨痛、白带、月经

收稿日期: 2024-08-13

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82104368); 陕西中医药大学创新团队项目 (2023-CXTD-05)

作者简介: 王雨轩, 硕士研究生, 研究方向为中草药药效物质基础研究。E-mail: 2923667508@qq.com

*通信作者: 张东东, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事中药药效物质基础研究。E-mail: zhangnatprod@163.com

过多烦躁不安等症”^[1-2]。现代研究表明,顶花板凳果主要含有生物碱、三萜和甾体等化学成分^[3-6],具有抗肿瘤、抗溃疡、抗氧化、杀虫、免疫抑制等药理作用^[7-11]。为了明确顶花板凳果的化学成分,寻找活性更好的天然产物,本研究对其乙醇提取物的二氯甲烷部位的化学成分进行研究,分离鉴定出了 6 个化合物,分别为顶花板凳果酮 A (pactermone A, **1**)、顶花板凳果醇 A (pactermol A, **2**)、(*E*)-4-(2,2,6-三甲基环己基)丁-3-烯-2-酮 [(*E*)-4-(2,2,6-trimethylcyclohexyl)but-3-en-2-one, **3**]、(3*S*,5*R*,6*S*,9*R*)-3,6-二羟基-5,6-二氢- β -香堇酮 [(3*S*,5*R*,6*S*,9*R*)-3,6-dihydroxy-5,6-dihydro- β -ionone, **4**]、(+)-博氏木林素 [(+)-boscialin, **5**]、蚱蜢酮 (grasshopper ketone, **6**)。其中,化合物 **1** 和 **2** 为新化合物;化合物 **3** 为新天然产物;化合物 **4**~**6** 为首次从板凳果属植物中分离得到。采用 CCK-8 法进行体外抗人肺癌 H460 细胞活性测试,结果显示,化合物 **5** 具有一定细胞毒性。

1 仪器及材料

LC-6AD 型半制备液相色谱仪(日本岛津公司,SPD-20A 紫外可见光检测器),Welch Ultimate XB-C₁₈ 半制备色谱柱(250 mm×10 mm, 5 μ m),AVANCE 型核磁共振波谱仪(德国 Bruker 公司),紫外分析仪(常州恩培仪器制造有限公司),旋光分析仪(上海仪电物理光学仪器有限公司),万分之一电子分析天平(美国 Mettler Toledo),RV10 型旋转蒸发仪(德国 IKA 公司),柱色谱用硅胶(200~300 目,青岛海洋化工有限公司),Sephadex LH-20 凝胶(美国 GE 公司),薄层硅胶板 GF254(烟台江友硅胶开发有限公司),CO₂ 细胞培养箱(新加坡 ESCO 科技有限公司),酶标仪(上海闪谱生物科技有限公司),CCK-8 试剂盒(Bioss 公司),胎牛血清(依赛科公司),DMEM 高糖培养基(美国 Hyclone 公司),人肺癌 H460 细胞(中科院上海细胞库),色谱甲醇、三氟乙酸(天津市科密欧化学试剂有限公司),分析甲醇、二氯甲烷、三氯甲烷(天津市天力化学试剂有限公司),娃哈哈纯净水。

本实验所用顶花板凳果药材于 2020 年 9 月采自陕西省宝鸡市眉县境内(标本号 20200901),经陕西省中医药大学王薇教授鉴定为黄杨科板凳果属顶花板凳果 *P. terminalis* Sieb. et Zucc. 的干燥全草。

2 方法

2.1 提取分离

顶花板凳果药材 50 kg,采用 80%乙醇水回流

提取 3 次,每次 2 h。合并提取液,减压浓缩得到总浸膏。将总浸膏加水混悬后,分别用石油醚、二氯甲烷、正丁醇各萃取 3 次。浓缩干燥得到石油醚部位(37 g)、二氯甲烷部位(190 g)和正丁醇部位(1500 g)。将二氯甲烷部位经硅胶柱色谱分离,采用二氯甲烷-甲醇(80:1~0:1)进行梯度洗脱,得到 5 个组分 Z.1~Z.5。Z.2(15.9 g)经半制备液相(甲醇-水 35:65)分离得到 3 个组分 Z.2-1~Z.2-3。Z.2-2(3.7 g)经硅胶柱色谱(二氯甲烷-甲醇 100:1~40:1)梯度洗脱,得到 2 个组分 Z.2-2-1 和 Z.2-2-2。Z.2-2-2(1.9 g)经半制备液相(甲醇-水 15:85)分离得到化合物 **3** (t_R =27 min, 5.0 mg)和 **4** (t_R =22 min, 17.0 mg)。Z.4(21.5 g)经半制备液相(甲醇-水 35:65)分离得到 4 个组分 Z.4-1~Z.4-4。Z.4-1(6.4 g)经半制备液相(甲醇-水 28:72)分离得到 2 个组分 Z.4-1-1 和 Z.4-1-2。Z.4-1-1(2.3 g)经半制备液相(甲醇-水 20:80)分离得到化合物 **1** (t_R =20 min, 5.0 mg)和 **6** (t_R =26 min, 14.0 mg)。Z.4-2(5.3 g)经半制备液相(甲醇-水 25:75)分离得到 2 个组分 Z.4-2-1 和 Z.4-2-2。Z.4-2-2(2.8 g),经半制备液相(甲醇-水 15:85)分离得到化合物 **5** (t_R =20 min, 5.0 mg)。Z.4-4(2.6 g)经硅胶柱色谱(二氯甲烷-甲醇 40:1~5:1)梯度洗脱,分离得到化合物 **2** (6.5 mg)。

2.2 CCK8 法测定细胞毒活性

将 H460 细胞复苏后保存在高糖 DEME 培养基,添加 10%胎牛血清、100 mg/mL 链霉素和 100 U/mL 青霉素,在 37 $^{\circ}$ C、5%CO₂ 条件下传代培养。收集对数生长期的细胞,配成浓度为 1×10^5 个/mL 的细胞悬液。将每个 96 孔板中加入 100 μ L 细胞悬液,培养 24 h。在每孔中加入 5 种不同浓度(1、5、25、50、100 μ mol/mL)的单体化合物和阳性药顺铂进行处理,培养 48 h 后,用含有 CCK-8 试剂的培养基替换 96 孔板中的培养基,继续在培养箱中培养 1 h。最后,用酶标仪以 450 nm 波长测定吸光度(*A*)值。采用 SPSS 软件计算半数抑制浓度(median inhibition concentration, IC₅₀)值。设置 3 个复孔,每个重复 3 次。

3 结果

3.1 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色油状物,易溶于甲醇。HR-ESI-MS 显示分子离子峰为 m/z 261.147 1 [$M+Na$]⁺, 计算值为 261.146 7 [$M+Na$]⁺, 推测分子式为 C₁₄H₂₂O₃。化合物 **1** 的 ¹H 和 ¹³C-NMR 谱数据见表

1. ^1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) 谱图中存在 1 个特征的双键质子信号 δ_{H} 5.89 (1H, s, H-8); 4 组甲基质子信号 δ_{H} 2.19 (3H, s, H-10), 1.16 (3H, s, H-11), 1.28 (3H, s, H-12), 1.31 (3H, s, H-13); 1 个甲氧基质子信号 δ_{H} 3.10 (3H, s, 4-OCH₃); 1 个次甲基质子信号 δ_{H} 4.16 (1H, m). ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) 谱图中显示共有 14 个碳信号, 结合 DEPT-135 谱图, 可以看出, δ_{C} 23.3、25.2、26.7、30.7 和 49.0 为伯碳, δ_{C} 48.5 和 δ_{C} 48.5 为仲碳, δ_{C} 62.5 和 δ_{C} 99.4 为叔碳, δ_{C} 35.5、76.5、113.9、199.2 和 210.8 为季碳。在二维 NMR 谱图中, 由 HSQC 谱图对化合物碳氢信号进行归属, 可以看出 δ_{H} 5.89 (1H, s, H-8) 为叔碳 δ_{C} 99.4 上的质子信号。在 ^1H - ^1H COSY 谱图 (图 1) 中, H-3/H-4/H-5 相关; 结合 HMBC 谱图 (图 1), H-10 与 C-8/9 相关, H-8 与 C-1/7 相关, H-11 与 C-1/2/3/12 相关, H-3 与 C-4/5 相关, H-5 与 C-1/6 相

关, H-13 与 C-1/6 相关, -OCH₃ 与 C-6 相关。初步确定该化合物的母核为 2,2,6-三甲基环己基-3-烯-2-酮。通过与已知化合物蚱蜢酮 (grasshopper ketone) 的数据进行对比, 发现仅多了 1 个甲氧基质子信号, 其余基本一致^[12]。在 NOESY 谱图中, H-4/H-12 相关, H-11/H-13 表明 H-4, CH₃-12 的相对构型为 α , CH₃-13、CH₃-11 的相对构型为 β 。所以其绝对构型有两种可能 (4*S*,6*R* 或 4*R*,6*S*)。为进一步确定化合物 1 的绝对构型, 模拟了 1 [(4*S*,6*R*)-1 和 (4*R*,6*S*)-1] 的 ECD 曲线 (图 2), 使用 CPCM 模型在甲醇中分别针对 4*S*,6*R*-1, 4*R*,6*S*-1 在 B3LYP/6-31+g(d,p) 计算水平上得到计算 ECD 谱图, 结果实测和模拟的 (4*S*,6*R*)-1 的 ECD 曲线匹配良好。通过系统文献检索, 发现化合物 1 为未见报道的新化合物, 命名为顶花板凳果酮 A。

化合物 2: 黄色油状物, 易溶于甲醇。HR-ESI-

表 1 化合物 1 和 2 的 ^1H - 和 ^{13}C -NMR 数据 (400/100 MHz, CD_3OD)
Table 1 ^1H - and ^{13}C -NMR data for compounds 1 and 2 (400/100 MHz, CD_3OD)

碳位	1		2	
	δ_{C}	δ_{H}	δ_{C}	δ_{H}
1	113.9		48.4	0.40 (1H, m)
2	35.5		35.0	
3	48.5	1.89 (1H, dd, $J = 12.5, 4.1$ Hz), 1.41 (1H, dd, $J = 12.5, 2.9$ Hz)	50.1	1.57 (1H, m), 0.99 (1H, m)
4	62.5	4.16 (1H, m)	65.9	3.60 (1H, m)
5	48.5	2.27 (1H, dd, $J = 13.0, 4.1$ Hz), 1.35 (1H, dd, $J = 13.0, 3.2$ Hz)	44.9	1.80 (1H, m), 0.80 (1H, m)
6	76.5		33.4	1.35 (1H, m)
7	210.8		32.0	1.56 (1H, m), 1.23 (1H, m)
8	99.4	5.89 (1H, s)	62.9	3.47 (1H, m), 3.32 (1H, m)
9	199.2		29.8	0.85 (3H, s)
10	25.2	2.19 (3H, s)	19.9	0.74 (3H, s)
11	30.7	1.16 (3H, s)	19.8	0.87 (3H, d, $J = 6.5$ Hz)
12	26.7	1.28 (3H, s)		
13	23.3	1.31 (3H, s)		
-OCH ₃	49.0	3.10 (3H, s)		

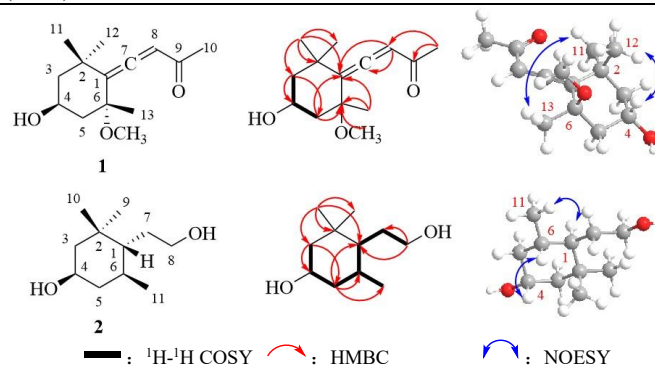


图 1 化合物 1 和 2 的化学结构和主要的 ^1H - ^1H COSY、HMBC、NOESY 相关信号

Fig. 1 Chemical structures and key ^1H - ^1H COSY, HMBC and NOESY correlations of compounds 1 and 2

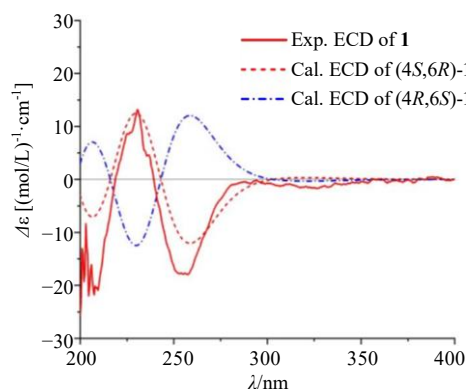


图 2 化合物 1 的实验和计算 ECD 谱图

Fig. 2 Experimental and calculated ECD spectra of compound 1

MS 显示分子离子峰为 m/z : 209.151 6 $[M+Na]^+$, 计算值为 209.151 7 $[M+Na]^+$, 推测分子式为 $C_{11}H_{22}O_2$ 。 1H -和 ^{13}C -NMR 谱数据见表 1。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) 谱图中, 在 δ_H 0.74 (3H, s, H-10), 0.85 (3H, s, H-9), 0.87 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-11) 处有 3 组甲基质子信号。在 ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) 谱图中显示共有 11 个碳信号, 结合 DEPT-135 谱图, 可以看出 δ_C 19.8、19.9 和 29.8 为伯碳, δ_C 32.0、44.9、50.1 和 62.9 为仲碳, δ_C 33.4、48.4 和 δ_C 65.9 为叔碳, δ_C 35.0 为季碳。在二维 NMR 谱图中, 由 HSQC 谱图对化合物碳氢信号进行归属。在 1H - 1H COSY 谱图中, H-3/H-4/H-5/H-6/H-11 相关, H-11/H-6/H-1/H-7/H-8 相关, 结合 HMBC 谱图, H-8/C-1, C-7 相关, H-10/C-1, C-2, C-3, C-9 相关, H-3/C-4, C-5 相关, H-5/C-1, C-6, C-11 相关。确定该化合物的母核为 1-(2-羟基乙基)-2,2,6-三甲基环己烷-4-醇。在 NOESY 谱图 (图 1) 中, H-4/H-6 相关, H-1/H-11 相关, 表明 H-4、H-6 的相对构型为 α , H-1 的相对构型为 β 。通过系统文献检索, 发现化合物 2 为未见报道的新化合物, 命名为顶花板凳果醇 A。

化合物 3: 黄色油状物, 易溶于甲醇, ESI-MS m/z : 195.2 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.71 (1H, dd, $J = 15.8, 10.0$ Hz, H-7), 6.20 (1H, d, $J = 15.8$ Hz, H-8), 2.46 (1H, dd, $J = 10.0, 4.0$ Hz, H-1), 2.32 (1H, m, H-6), 2.29 (3H, s, H-10), 2.20 (1H, m, H-3), 2.06 (1H, m, H-5), 1.32 (1H, m, H-4), 0.98 (3H, s, H-11), 0.93 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-13), 0.89 (3H, s, H-12); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 200.8 (C-9), 151.8 (C-7), 134.6 (C-8), 59.7 (C-1), 46.4 (C-2), 42.5 (C-6),

36.1 (C-3), 32.4 (C-5), 30.1 (C-4), 27.0 (C-10), 22.3 (C-11), 21.6 (C-13), 21.3 (C-12)。以上数据与文献报道一致^[13], 故鉴定化合物 3 为 (*E*)-4-(2,2,6-三甲基环己基)丁-3-烯-2-酮。

化合物 4: 黄色油状物, 易溶于甲醇, ESI-MS m/z : 227.0 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.75 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7), 6.36 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8), 3.89 (1H, m, H-3), 2.28 (3H, s, H-10), 2.07 (1H, m, H-5), 1.88 (1H, brt, $J = 12.6$ Hz, H-4a), 1.62 (1H, t, $J = 12.5$ Hz, H-2a), 1.55 (1H, ddd, $J = 12.5, 5.3, 2.9$ Hz, H-2b), 1.34 (1H, t, $J = 12.6$ Hz, H-4b), 1.03 (3H, s, H-11), 0.87 (3H, s, H-12), 0.80 (3H, d, $J = 6.7$ Hz, H-13); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 197.7 (C-9), 150.7 (C-7), 130.3 (C-8), 77.8 (C-6), 66.4 (C-3), 45.0 (C-2), 39.9 (C-1), 38.9 (C-4), 33.9 (C-5), 28.2 (C-10), 25.1 (C-11), 24.6 (C-12), 15.9 (C-13)。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 4 为 (3*S*,5*R*,6*S*,9*R*)-3,6-二羟基-5,6-二氢- β -香堇酮。

化合物 5: 黄色油状物, 易溶于甲醇, ESI-MS m/z : 227.0 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 6.88 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7), 6.34 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8), 3.83 (1H, m, H-3), 2.27 (3H, s, H-10), 2.10 (1H, m, H-5), 1.71 (1H, brt, $J = 12.6$ Hz, H-4a), 1.66 (1H, t, $J = 12.5$ Hz, H-2a), 1.45 (1H, ddd, $J = 12.5, 5.3, 2.9$ Hz, H-2b), 1.39 (1H, t, $J = 12.6$ Hz, H-4b), 1.04 (3H, s, H-11), 0.82 (3H, s, H-12), 0.80 (3H, s, H-13); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 199.4 (C-9), 153.0 (C-7), 130.2 (C-8), 77.5 (C-6), 65.8 (C-3), 44.3 (C-2), 39.6 (C-1), 38.2 (C-4), 33.9 (C-5), 26.0 (C-10), 24.5 (C-11), 23.8 (C-12), 15.0 (C-13)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 5 为 (+)-博氏木林素。

化合物 6: 黄色油状物, 易溶于甲醇。ESI-MS m/z : 225.1 $[M+H]^+$ 。 1H -NMR (400 MHz, CD_3OD) δ : 5.73 (1H, s, H-8), 4.11 (1H, m, H-3), 2.09 (3H, s, H-10), 2.04 (1H, dd, $J = 13.0, 4.1$ Hz, H-4a), 1.81 (1H, dd, $J = 12.5, 4.1$ Hz, H-2a), 1.28 (3H, s, H-12), 1.28 (3H, s, H-13), 1.23 (1H, dd, $J = 13.0, 3.2$ Hz, H-4b), 1.19 (1H, dd, $J = 12.5, 2.9$ Hz, H-2b), 1.06 (3H, s, H-11); ^{13}C -NMR (100 MHz, CD_3OD) δ : 210.2 (C-7), 199.5 (C-9), 118.6 (C-6), 99.7 (C-8), 71.0 (C-5), 63.0 (C-3), 48.5 (C-4), 48.3 (C-2), 35.6 (C-1), 30.9 (C-11), 29.4 (C-13), 27.9 (C-12), 25.1 (C-10)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 6 为蚱蜢酮。

3.2 细胞毒活性

对 6 个化合物的细胞毒活性评价结果显示, 化合物 **5** 对 H460 细胞具有一定的细胞毒性, 其半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC_{50}) 值为 $(12.58 \pm 1.37) \mu\text{mol/L}$, 与阳性对照顺铂 [$IC_{50} = (44.69 \pm 3.25) \mu\text{mol/L}$] 相比, 具有较好的细胞毒活性, 而其余化合物均未表现出细胞毒性。

4 讨论

本研究对顶花板凳果 80%乙醇水提取物的二氯甲烷部位的化学成分进行了系统分离与鉴定, 共分离鉴定了 6 个化合物, 其中化合物 **1** 和 **2** 为新化合物; 化合物 **3** 为新天然产物; 化合物 **4~6** 首次从板凳果属植物中分离得到。进一步丰富了顶花板凳果药材的化学成分。其中化合物 **5** 对 H460 细胞具有一定的细胞毒性。2 个新化合物并没有表现出抑制活性, 后续可将分离得到的化合物进行多种生物活性研究, 为顶花板凳果的开发利用提供科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 陕西省革命委员会卫生局商业局. 陕西中草药 [M]. 北京: 科学出版社, 1971: 526-529.
- [2] 刘辰旺, 丁超, 孙玉, 等. 板凳果属植物化学成分及药理作用研究进展 [J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(8): 65-76.
- [3] Sun Y, Chen J X, Chen J C, *et al.* Three new pregnane alkaloids from *Pachysandra terminalis* [J]. *Helv Chim Acta*, 2016, 99(7): 513-517.
- [4] 丁超, 孙玉, 王冯瑞, 等. 顶花板凳果中一个新的甾体生物碱 [J]. 中药材, 2022, 45(7): 1606-1609.
- [5] Zhang Y Y, Li Y Z, Xu Y, *et al.* A new C21 steroidal compound from the whole herb of *Pachysandra terminalis* Sieb. et Zucc [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2020, 91: 104056.
- [6] 丁超, 吴莹, 黄欣悦, 等. 捆仙七化学成分研究 [J]. 陕西中医药大学学报, 2022, 45(4): 32-36.
- [7] Zhao C, Gan C C, Jin M N, *et al.* Antitumor metastasis pregnane alkaloids from *Pachysandra terminalis* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2014, 16(5): 440-446.
- [8] Watanabe H, Watanabe K, Shimadzu M, *et al.* Anti-ulcer effect of steroidal alkaloids extracted from *Pachysandra terminalis* [J]. *Planta Med*, 1986(1): 56-58.
- [9] 翟慧媛, 李晨阳, 唐生安, 等. 转筋草中的酚类成分及其抗氧化活性 [J]. 中国中药杂志, 2010, 35(14): 1820-1823.
- [10] 李晨阳. 转筋草中极性化学成分及生物活性研究 [D]. 天津: 天津医科大学, 2010.
- [11] 王莹莹. 富贵草杀钉螺活性研究 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2007.
- [12] 阎新佳, 郑威, 温静, 等. 白花败酱草的化学成分研究 [J]. 中草药, 2017, 48(2): 247-251.
- [13] Aldogman B, Bilel H, Moustafa S M N, *et al.* Investigation of chemical compositions and biological activities of *Mentha suaveolens* L. from Saudi Arabia [J]. *Molecules*, 2022, 27(9): 2949.
- [14] Pérez C, Trujillo J, Almonacid L N, *et al.* Absolute structures of two new C13-norisoprenoids from *Apollonias barbuja* [J]. *J Nat Prod*, 1996, 59(1): 69-72.
- [15] 双鹏程, 张东明, 罗永明, 等. 雷公藤叶的化学成分研究 [J]. 中药材, 2020, 43(10): 2453-2458.

[责任编辑 王文倩]