

• 化学成分 •

多籽五层龙中 1 个新的木栓烷型三萜

牛琦¹, 许浩楠¹, 王浩鑫¹, 陈林¹, 谢红茜¹, 丁祖霄², 左爱学¹, 江志勇^{1*}

1. 云南中医药大学 云南省傣医药彝医药重点实验室 云南省高校民族药现代研究重点实验室 云南 昆明 650500

2. 昆明医科大学药学院 云南 昆明 650500

摘要: 目的 对多籽五层龙 *Salacia polysperma* 枝叶进行化学成分研究。方法 采用正反相硅胶柱色谱、MCI、Sephadex LH-20 柱色谱以及半制备高效液相色谱等分离手段进行分离纯化, 根据 1D 和 2D NMR、MS、IR 等波谱数据和理化性质对化合物进行结构鉴定。采用分光光度法测定化合物对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用。结果 从多籽五层龙枝叶 90%乙醇提取物的石油醚萃取部分中分离鉴定了 7 个化合物, 分别为 3 α ,27,28-三羟基木栓烷 (1)、kokoonol (2)、28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid (3)、maytenfolone (4)、黑蔓醇酯乙 (5)、 α -香树脂素 (6)、赤桐甾醇 (7)。化合物 3 表现出较好的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, 半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC₅₀) 值为 15.1 μ mol/L。化合物 1、2、4 也具有一定的 α -葡萄糖苷酶抑制作用, IC₅₀ 值分别为 57.8、39.4、27.6 μ mol/L, 其余化合物在 100 μ mol/L 的较高浓度下未显示出对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用。结论 化合物 1 为 1 个新的木栓烷型三萜, 命名为多籽五层龙醇 (polysperol); 所有化合物均为首次从该植物中分离得到。化合物 3 具有较好的 α -葡萄糖苷酶抑制活性。

关键词: 多籽五层龙; 3 α ,27,28-三羟基木栓烷; α -葡萄糖苷酶; 28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid; 多籽五层龙醇

中图分类号: R284.1

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2024)06-1884-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.06.011

A new friedelane triterpenoid from *Salacia polysperma*

NIU Qi¹, XU Haonan¹, WANG Haoxin¹, CHEN Lin¹, XIE Hongxi¹, DING Zuxiao¹, ZUO Aixue¹, JIANG Zhiyong¹

1. Yunnan Key Laboratory of Dai and Yi Medicines, Key Laboratory of Modern Research on Ethnic Medicine in Yunnan Provincial Universities, Yunnan University of Chinese Medicine, Kunming 650500, China

2. School of Pharmacy, Kunming Medical University, Kunming 650500, China

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents of branches and leaves of *Salacia polysperma*. **Methods** The compounds were isolated and purified by positive and negative phase silica gel column chromatography, MCI, Sephadex LH-20 column chromatography and semi-preparative high performance liquid chromatography. Their structures were identified by 1D, 2D NMR, MS and IR spectra and physicochemical properties. The inhibitory effect of these compounds on α -glucosidase was determined by spectrophotography. **Results** A total of seven compounds were isolated from the petroleum ether extract part of 90% EtOH extract of branches and leaves of *S. polysperma*. Their structures were identified as 3 α ,27,28-trihydroxy friedelane (1), kokoonol (2), 28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid (3), maytenfolone (4), regelindiol B (5), α -amyrin (6), and clerosterol (7). Compound 3 exhibited moderate α -glucosidase inhibitory activity with a median inhibition concentration (IC₅₀) value of 15.1 μ mol/L. Compounds 1, 2 and 4 showed slight α -glucosidase inhibitory activities with IC₅₀ values of 57.8, 39.4, and 27.6 μ mol/L, respectively. The other compounds displayed none inhibitory activity even in a high concentration of 100 μ mol/L. **Conclusion** Compound 1, named polysperol, was a new friedelane type triterpenoid and all compounds were isolated from this medicinal plant for the first time. Compound 3 showed moderate α -glucosidase inhibitory activity.

Key words: *Salacia polysperma* Hu; 3 α ,27,28-trihydroxy friedelane; α -glucosidase; 28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid; polysperol

收稿日期: 2024-02-06

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82360688); 国家自然科学基金项目 (81860620); 云南省中医药联合专项重点项目 (202101AZ070001-164); 云南省教育厅高原特色民族药用植物研究科技创新团队; 国家中医药管理局高水平中医药重点学科建设项目-傣药学 (Zyyzdxk-2023192)

作者简介: 牛琦, 硕士研究生, 研究方向为中药化学。E-mail: 468370712@qq.com

*通信作者: 江志勇, 教授, 主要从事天然抗肿瘤及降糖活性成分的研究。E-mail: jiangzy2010@163.com

五层龙属 *Salacia* L. 植物为翅子藤科 (Hippocrateaceae) 多年生灌木或小乔木。该属植物目前报道约有 200 余种, 主要分布于泰国、越南、斯里兰卡、印度等东南亚热带地区。我国约有 10 余种, 广泛分布于广东、广西、海南、云南等地^[1]。由于该属植物多具有显著的降糖活性^[1-3], 本研究组开展了系列关于该属植物的化学成分及降糖活性研究^[4-8], 并发现柳叶五层龙中的部分化合物如 salaciacochoinoside A^[4] 具有较好的 α -葡萄糖苷酶抑制作用。多籽五层龙 *S. polysperma* Hu 主要分布于云南西双版纳, 目前没有关于该植物的化学成分及生物活性研究报道。本研究组前期开展了多籽五层

龙枝叶 90%乙醇提取物氯仿萃取部分的化学成分研究^[9], 为了明确该药用植物的化学成分及生物活性, 进一步对其石油醚萃取部分的化学成分进行了研究, 从中分离得到了 7 个化合物 (图 1)。经波谱学分析, 结合文献比较, 将该 7 个化合物分别鉴定为 3 α ,27,28-三羟基木栓烷 (3 α ,27,28-trihydroxyfriedelane, **1**)、kokoonol (**2**)、28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid (**3**)、maytenfolone (**4**)、黑蔓醇酯乙 (regelindiol B, **5**)、 α -香树脂素 (α -amyrin, **6**)、赤桐甾醇 (clerosterol, **7**)。其中化合物 **1** 为 1 个新的木栓烷型三萜, 命名为多籽五层龙醇。所有化合物均为首次从该植物中分离得到。

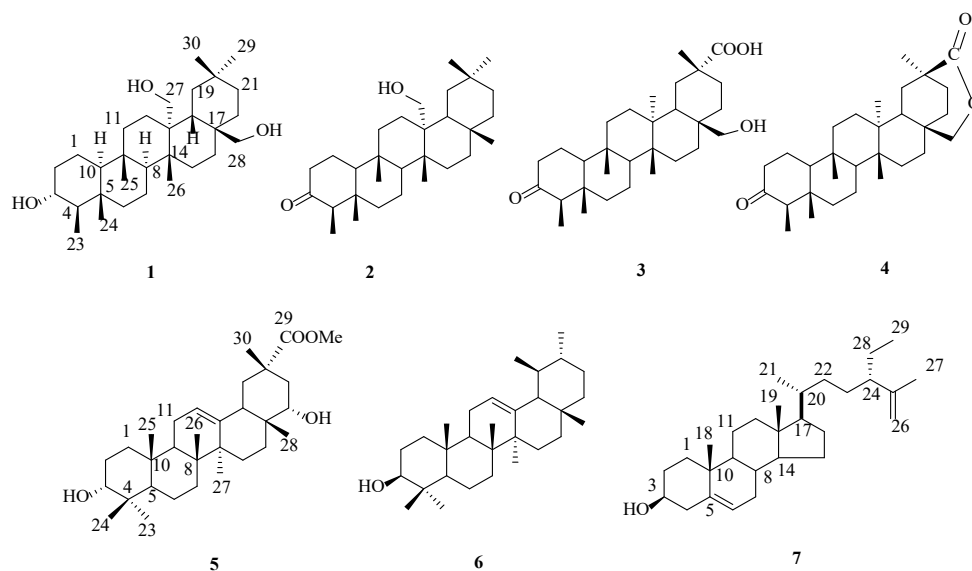


图 1 化合物 1~7 的结构

Fig. 1 Structures of compounds 1—7

1 仪器与材料

Agilent 6030 Q-TOF 型质谱仪 (美国 Agilent 公司); Bruker AM-600/400 型核磁共振仪 (瑞士 Bruker 公司); 柱色谱硅胶 (100~200、200~300 目)、薄层色谱硅胶 GF₂₅₄ (青岛美高化工有限公司); MCI (日本三菱化工), Sephadex LH-20 (Pharmacia 公司)。Agilent 1260 半制备液相色谱仪 (美国安捷伦科技公司), DAD 检测器。Shimadzu shim-pack GIS 色谱柱 (日本岛津公司); C₁₈ 柱色谱硅胶 (德国默克公司); 高效液相色谱仪使用色谱纯甲醇 (德国默克公司) 和娃哈哈纯净水, 其余试剂为工业纯二次重蒸试剂。 α -葡萄糖苷酶 (上海宝曼生物科技有限公司); 阿卡波糖 (acarbose, 质量分数为 99%, Sigma 公司)。

多籽五层龙枝叶于 2019 年 9 月采集于西双版

纳, 经中国科学院西双版纳热带植物园周仕顺高级工程师鉴定为 *S. polysperma* Hu 的枝叶, 标本 (YMU-2019027) 保存于云南中医药大学民族医药学院。

2 提取和分离

室温风干的多籽五层龙枝叶 13.2 kg, 粉碎后用 8 倍量的 90%乙醇提取 3 次 (每次室温浸泡 24 h)。合并 3 次乙醇提取液后减压浓缩, 得到 1.7 kg 浸膏。将浸膏混悬于适量的水中, 依次用石油醚、氯仿和正丁醇萃取, 得到石油醚部分浸膏 232 g、氯仿部分浸膏 180 g, 正丁醇部分浸膏 120 g。石油醚部分用 100~200 目硅胶 600 g 拌样进行柱色谱, 石油醚-丙酮系统 (100:0、98:2、95:5、90:10、80:20、70:30、60:40) 梯度洗脱, 经 TLC 检测合并相同组分, 得到 6 个组分 (Fr. 1~6)。

取 Fr. 4 部分的样品 (10 g), 以 MCI 柱色谱脱色, 甲醇-水 (60:40→100:0) 梯度洗脱, 得到 4 个流分 (Fr. 4.1~4.4)。Fr. 4.1 (1.7 g) 经硅胶柱色谱 (石油醚-醋酸乙酯 98:2→70:30) 进行梯度洗脱分离得到 3 个流分 (Fr. 4.1.1~4.1.3), 其中 Fr. 4.1.1 经硅胶柱色谱 (石油醚-丙酮 90:10) 分离得到化合物 **7** (135 mg), Fr. 4.1.2 经 Sephadex LH-20 (甲醇-氯仿 1:1), 再进一步经硅胶柱色谱 (石油醚-丙酮 80:20) 得化合物 **4** (37 mg)。Fr. 4.2 (0.9 g) 经硅胶柱色谱 (石油醚-醋酸乙酯 90:10→80:20) 得到 2 个流分 (Fr. 4.2.1~4.2.2), 其中 Fr. 4.2.2 经反相 C₁₈ 柱色谱 (甲醇-水 85:15) 分离纯化得化合物 **2** (28 mg) 和 **6** (19 mg)。Fr. 4.3 (2.1 g) 经硅胶柱色谱 (石油醚-醋酸乙酯 90:10→60:40) 梯度分离得到 4 个流分 (Fr. 4.3.1~4.3.4)。Fr. 4.3.2 经半制备 HPLC 分离纯化 (甲醇-水 83:17) 得到化合物 **3** (*t_R*=20.5 min, 21 mg) 和 **5** (*t_R*=24.1 min, 16 mg)。Fr. 4.3.3 经硅胶柱色谱 (氯仿-甲醇 95:5) 反复分离纯化得化合物 **1** (9.8 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 白色无定型粉末。其 HR-ESI-MS 在 *m/z* 505.390 9 [M+COOH]⁻ (计算值 505.389 8, C₃₁H₅₃O₅) 处给出 -COOH 的加合离子峰, 提示其分子式为 C₃₀H₅₂O₃, 不饱和度为 5。化合物 **1** 的红外

(IR) 光谱在 3 428 cm⁻¹ 处给出强的吸收峰, 提示分子中存在羟基官能团。其 ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) 谱 (表 1) 中给出 30 个碳原子信号, 包括 6 个季碳, 5 次甲基, 13 个亚甲基和 6 个甲基。其中 δ_C 72.8 (CH) 为 1 个与氧相连的次甲基, δ_C 66.9 (CH₂), 63.4 (CH₂) 为 2 个与氧相连的亚甲基。化合物 **1** 的 ¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) 谱 (表 1) 在 δ_H 4.04 (1H, d, *J* = 11.9 Hz), 3.95 (1H, d, *J* = 11.9 Hz) 和 δ_H 3.73 (1H, d, *J* = 11.0 Hz), 3.52 (1H, d, *J* = 11.0 Hz) 处给出 2 组特征的与氧相连的偕偶亚甲基质子信号, 与碳谱中观察到的 2 个连氧亚甲基信号 δ_C 66.9 (CH₂), 63.4 (CH₂) 相吻合。同时还在 δ_H 1.02 (3H, s), 0.98 (3H, s), 0.98 (3H, s), 0.89 (3H, s), 0.81 (3H, s) 处给出 5 个单峰甲基质子信号, δ_H 0.88 (3H, d, *J* = 6.2 Hz) 处给出 1 个双峰甲基质子信号。以上波谱数据和五层龙属植物分离得到的木栓烷型三萜较为相似, 提示化合物 **1** 为 1 个木栓烷型三萜。将化合物 **1** 的波谱数据与 fridelane-3 α ,28,29-triol^[10] 相比较, 发现两者的 A 环和 B 环的数据极为相近, 提示化合物 **1** 的 C-3 位含有 α 连接的羟基。为了进一步明确化合物 **1** 的另外 2 个连氧亚甲基连接位置, 测试了化合物 **1** 的 2D NMR 相关图谱。如图 2 所示, 其 HMBC 谱中清楚地观察到 C-18 (δ_C 40.8) 和 δ_H 4.04 (1H, d, *J* = 11.9 Hz, H-27a), 3.95 (1H, d, *J* = 11.9 Hz,

表 1 化合物 **1** 的 ¹H- 和 ¹³C-NMR (600/150 MHz, CDCl₃) 数据
Table 1 ¹H- and ¹³C-NMR (600/150 MHz, CDCl₃) data of compound **1**

碳位	δ _C	δ _H	碳位	δ _C	δ _H
1	20.8 (CH ₂)	1.36~1.40 (m), 1.60~1.63 (m)	16	29.5 (CH ₂)	1.03~1.09 (m), 1.87~1.90 (m)
2	37.3 (CH ₂)	1.20~1.24 (m), 2.02 (m)	17	37.0 (C)	
3	72.8 (CH)	3.26 (dt, <i>J</i> = 4.8, 10.8 Hz)	18	40.8 (CH)	1.23~1.30 (m)
4	54.4 (CH)	1.02~1.05 (m)	19	36.9 (CH ₂)	1.20~1.24 (m), 1.73 (m)
5	39.3 (C)		20	29.1 (C)	
6	42.9 (CH ₂)	1.03~1.08 (m), 1.80~1.83 (m)	21	33.9 (CH ₂)	1.27~1.31 (m), 1.36~1.40 (m)
7	19.2 (CH ₂)	1.43 (m)	22	33.1 (CH ₂)	1.22~1.24 (m)
8	54.9 (CH)	1.40~1.43 (m)	23	10.6 (CH ₃)	0.88 (d, <i>J</i> = 6.2 Hz)
9	38.1 (C)		24	15.1 (CH ₃)	0.81 (s)
10	61.7 (CH)	0.98~1.02 (m)	25	19.0 (CH ₃)	0.89 (s)
11	38.5 (CH ₂)	1.26~1.30 (m), 1.44~1.48 (m)	26	22.8 (CH ₃)	1.02 (s)
12	25.1 (CH ₂)	1.12~1.17 (m), 1.95~1.99 (m)	27	63.4 (CH ₂)	3.95 (d, <i>J</i> = 11.9 Hz), 4.04 (d, <i>J</i> = 11.9 Hz)
13	46.3 (C)		28	66.9 (CH ₂)	3.52 (d, <i>J</i> = 11.0 Hz), 3.73 (d, <i>J</i> = 11.0 Hz)
14	38.9 (C)		29	36.4 (CH ₃)	0.98 (s)
15	33.2 (CH ₂)	1.24~1.30 (m), 1.45~1.48 (m)	30	31.0 (CH ₃)	0.98 (s)

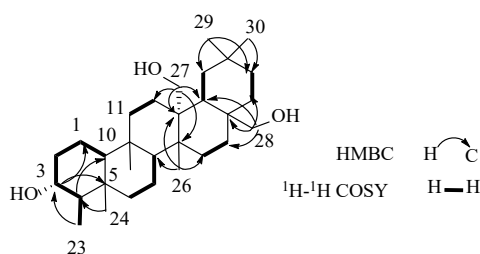


图2 化合物1的关键HMBC和COSY相关

Fig. 2 Key HMBC and COSY correlations of compound 1
 H-27b) 及 δ_{H} 3.73 (1H, d, $J = 11.0$ Hz), 3.52 (1H, d, $J = 11.0$ Hz) 相关, 提示另2个连氧亚甲基分别位于C-27和C-28位。同时其HMBC的远程相关谱中还观察到 δ_{H} 4.04, 3.95 分别与C-12 (δ_{C} 25.1), C-13 (δ_{C} 46.3), C-14 (δ_{C} 38.9) 相关, δ_{H} 3.73, 3.52 分别与C-16 (δ_{C} 29.5), C-17 (δ_{C} 37.0), C-22 (δ_{C} 33.1) 相关, 进一步证实了C-27和C-28位连有羟基。化合物1的C-3位连有羟基还通过HMBC谱中的 δ_{H} 3.26 (1H, dt, $J = 4.8, 10.8$ Hz, H-3) 与C-23 (δ_{C} 10.6), C-5 (δ_{C} 39.3) 相关, 以及¹H-¹H COSY (图2) 中的H-3/H-2 (δ_{H} 2.02, 1.20-1.24) 和H-3/H-4 (δ_{H} 1.02-1.05) 相关得到证实。其他HMBC和¹H-¹H COSY (图2) 相关进一步确定化合物1为3,27,28-三羟基木栓烷三萜。

为了更准确的确定化合物1中C-3位羟基的构型, 测定了其NOESY相关谱。如图3所示, 其NOESY谱中给出H-3/CH₃-23以及H-3/CH₃-24相关, 表明H-3处于 β 位(即竖立的a键)。H-3处于a键也从其氢谱中存在较大的耦合常数 δ_{H} 3.26 (1H, dt, $J = 4.8, 10.8$ Hz) 得到证实。综合以上分析, 最终将化合物1的结构鉴定为3 α ,27,28-三羟基木栓烷, 命名为多籽五层龙醇 (polysperol), 为1个新的三萜。

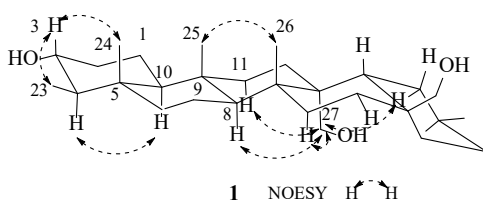


图3 化合物1的关键NOESY相关

Fig. 3 Key NOESY correlations of compound 1

化合物2: 白色无定型粉末。ESI-MS m/z : 465.371 7 [$M + Na$]⁺ (计算值 465.370 9, C₃₀H₅₀O₂Na⁺)。¹H-NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 4.34 (1H, d, $J = 11.2$ Hz, H-27a), 4.24 (1H, d, $J = 11.0$ Hz, H-27b), 0.95

(3H, d, $J = 6.4$ Hz, H-23), 1.41, 1.39, 1.17, 0.98, 0.86, 0.81 (各3H, s, H-28, 26, 30, 29, 25, 24); ¹³C-NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 22.8 (C-1), 41.9 (C-2), 212.2 (C-3), 58.3 (C-4), 42.4 (C-5), 41.6 (C-6), 19.0 (C-7), 54.0 (C-8), 37.8 (C-9), 59.8 (C-10), 38.1 (C-11), 24.9 (C-12), 45.9 (C-13), 38.6 (C-14), 32.8 (C-15), 37.0 (C-16), 30.7 (C-17), 43.9 (C-18), 37.2 (C-19), 28.7 (C-20), 33.2 (C-21), 40.6 (C-22), 7.6 (C-23), 15.0 (C-24), 18.5 (C-25), 22.7 (C-26), 62.9 (C-27), 33.1 (C-28), 36.3 (C-29), 31.2 (C-30)。上述波谱数据与文献报道一致^[11], 鉴定该化合物为 kokoonol。

化合物3: 白色无定型粉末。ESI-MS m/z : 495.345 1 [$M + Na$]⁺ (计算值 495.345 0, C₃₀H₄₈O₄Na⁺)。¹H-NMR (400 MHz, C₅D₅N) δ : 3.93 (1H, d, $J = 10.4$ Hz, H-28a), 3.89 (1H, m, H-28b), 2.12 (1H, m, H-4), 1.43 (3H, s, H-30), 1.42 (3H, s, H-27), 1.04 (3H, s, H-26), 0.93 (1H, d, $J = 6.7$ Hz, H-23), 0.79 (3H, s, H-25), 0.65 (3H, s, H-24); ¹³C-NMR (100 MHz, C₅D₅N) δ : 22.7 (C-1), 41.8 (C-2), 212.2 (C-3), 58.2 (C-4), 42.5 (C-5), 41.5 (C-6), 18.8 (C-7), 51.4 (C-8), 38.1 (C-9), 59.6 (C-10), 35.7 (C-11), 30.1 (C-12), 39.8 (C-13), 39.7 (C-14), 29.5 (C-15), 31.8 (C-16), 35.8 (C-17), 40.6 (C-18), 30.6 (C-19), 41.1 (C-20), 31.4 (C-21), 32.5 (C-22), 7.6 (C-23), 15.0 (C-24), 18.9 (C-25), 16.1 (C-26), 19.0 (C-27), 69.8 (C-28), 181.8 (C-29), 33.3 (C-30)。上述波谱数据与文献报道一致^[12], 鉴定该化合物3为 28-hydroxyfriedelan-3-one-29-oic acid。

化合物4: 白色无定型粉末。ESI-MS m/z : 477.334 7 [$M + Na$]⁺ (计算值 477.334 5, C₃₀H₄₆O₃Na⁺)。¹H-NMR (600 MHz, CDCl₃) δ : 3.89 (1H, d, $J = 10.9$ Hz, H-28a), 3.95 (1H, d, $J = 11.0$ Hz, H-28b), 2.21 (1H, q, $J = 6.3$ Hz, H-4), 0.82 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-23), 1.17 (3H, s, H-27), 1.01 (3H, s, H-29), 0.88 (3H, s, H-26), 0.81 (3H, s, H-25), 0.69 (3H, s, H-24); ¹³C-NMR (150 MHz, CDCl₃) δ : 22.4 (C-1), 41.3 (C-2), 213.0 (C-3), 58.2 (C-4), 42.1 (C-5), 41.2 (C-6), 18.2 (C-7), 50.7 (C-8), 37.8 (C-9), 59.4 (C-10), 34.8 (C-11), 28.5 (C-12), 39.1 (C-13), 38.4 (C-14), 29.1 (C-15), 29.6 (C-16), 34.7 (C-17), 39.4 (C-18), 33.1 (C-19), 33.4 (C-20), 30.2 (C-21), 41.5 (C-22), 7.0 (C-23), 14.8 (C-24), 18.2 (C-25), 16.8 (C-26), 15.3 (C-27), 84.0 (C-28), 180.1 (C-29), 27.8 (C-30)。上述

波谱数据与文献报道一致^[13], 鉴定化合物 **4** 为 maytenfolone。

化合物 **5**: 无色针状晶体 (氯仿)。ESI-MS m/z : 509.360 7 $[M + Na]^+$ (计算值 509.360 7, $C_{31}H_{50}O_4Na^+$)。¹H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.22 (1H, brs, H-12), 3.65 (3H, s, OCH_3), 3.55 (1H, dd, $J = 4.6, 12.1$ Hz, H-22), 3.20 (1H, dd, $J = 4.2, 10.7$ Hz, H-3), 1.23 (3H, s, H-30), 1.13 (3H, s, H-27), 0.97 (6H, s, H-25, 26), 0.94 (3H, s, H-28), 0.91 (3H, s, H-23), 0.76 (3H, s, H-24); ¹³C-NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ : 38.7 (C-1), 27.4 (C-2), 79.1 (C-3), 39.0 (C-4), 55.3 (C-5), 18.5 (C-6), 32.6 (C-7), 40.1 (C-8), 47.7 (C-9), 37.0 (C-10), 23.7 (C-11), 123.7 (C-12), 143.1 (C-13), 42.9 (C-14), 25.6 (C-15), 19.3 (C-16), 38.5 (C-17), 46.5 (C-18), 42.5 (C-19), 39.0 (C-20), 37.0 (C-21), 75.6 (C-22), 28.3 (C-23), 15.7 (C-24), 15.8 (C-25), 16.9 (C-26), 26.4 (C-27), 24.6 (C-28), 178.5 (C-29), 20.8 (C-30), 52.1 (29- OCH_3)。上述波谱数据与文献报道一致^[14], 故鉴定化合物 **5** 为黑蔓醇酯乙。

化合物 **6**: 白色无定型粉末。ESI-MS m/z : 449.376 2 $[M + Na]^+$ (计算值 449.375 9, $C_{30}H_{50}ONa^+$)。¹H-NMR (600 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.10 (1H, brs, H-12), 3.20 (1H, m, H-3), 1.56 (3H, s, H-24), 1.55 (3H, s, H-28), 1.05 (3H, s, H-23), 0.99 (3H, s, H-27), 0.98 (3H, s, H-26), 0.93 (3H, s, H-25), 0.89 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-29), 0.87 (3H, d, $J = 6.4$ Hz, H-30); ¹³C-NMR (150 MHz, $CDCl_3$) δ : 38.9 (C-1), 27.5 (C-2), 79.3 (C-3), 38.8 (C-4), 55.4 (C-5), 18.6 (C-6), 33.1 (C-7), 40.2 (C-8), 47.9 (C-9), 37.1 (C-10), 23.6 (C-11), 124.6 (C-12), 139.8 (C-13), 42.3 (C-14), 28.3 (C-15), 26.8 (C-16), 34.0 (C-17), 59.2 (C-18), 39.8 (C-19), 40.2 (C-20), 31.5 (C-21), 41.7 (C-22), 28.3 (C-23), 15.8 (C-24), 15.9 (C-25), 17.1 (C-26), 23.5 (C-27), 28.9 (C-28), 17.7 (C-29), 21.6 (C-30)。上述波谱数据与文献报道一致^[15-16], 鉴定该化合物 **6** 为 α -香树脂素。

化合物 **7**: 白色无定型粉末。ESI-MS m/z : 435.380 5 $[M + Na]^+$ (计算值 435.380 2, $C_{29}H_{48}ONa^+$)。¹H-NMR (400 MHz, $CDCl_3$) δ : 5.33 (1H, m, H-6), 4.70 (1H, s, H-26a), 4.61 (1H, s, H-26b), 3.49 (1H, m, H-3), 1.53 (3H, s, H-27), 0.98 (3H, s, H-19), 0.64 (3H, s, H-18), 0.87 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-21), 0.77 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-29); ¹³C-NMR (100 MHz, $CDCl_3$) δ :

37.5 (C-1), 31.8 (C-2), 72.0 (C-3), 42.8 (C-4), 141.0 (C-5), 121.9 (C-6), 32.1 (C-7), 32.0 (C-8), 50.3 (C-9), 36.7 (C-10), 21.3 (C-11), 40.0 (C-12), 42.5 (C-13), 57.0 (C-14), 24.5 (C-15), 28.4 (C-16), 56.2 (C-17), 12.0 (C-18), 19.6 (C-19), 35.7 (C-20), 18.8 (C-21), 33.9 (C-22), 29.6 (C-23), 49.7 (C-24), 147.8 (C-25), 111.6 (C-26), 18.0 (C-27), 26.7 (C-28), 12.3 (C-29)。上述波谱数据与文献报道一致^[17], 鉴定化合物 **7** 为赤桐甾醇。

4 α -葡萄糖苷酶抑制活性

采用本研究组前期报道^[4]的分光光度法, 以阿卡波糖 (IC_{50} 0.75 $\mu\text{mol/L}$) 为阳性对照, 对本实验中分离得到的所有化合物等进行了 α -葡萄糖苷酶抑制活性的筛选。结果显示, 化合物 **3** 对 α -葡萄糖苷酶有较好的抑制作用, IC_{50} 达到 $(15.1 \pm 1.7) \mu\text{mol/L}$, 化合物 **1**、**2** 和 **4** 也有一定活性, 其抑制 α -葡萄糖苷酶的 IC_{50} 分别为 (57.8 ± 3.5) 、 (39.4 ± 2.9) 、 $(27.6 \pm 3.0) \mu\text{mol/L}$ 。其余化合物在 100 $\mu\text{mol/L}$ 的较高浓度下未显示出对 α -葡萄糖苷酶的抑制作用。

5 讨论

本研究从多籽五层龙枝叶 90%乙醇提取物的石油醚萃取部分分离得到的化合物多为三萜, 其中木栓烷型三萜多具有一定的 α -葡萄糖苷酶抑制作用, 表明木栓烷型三萜可能为该属植物降糖的主要活性成分之一。

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 46 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1981: 1-4.
- [2] 袁干军, 田育望, 王志琪. 海南五层龙根乙醇提取物的降血糖作用 [J]. 中药新药与临床药理, 2005, 16(4): 253-256.
- [3] Kishi A, Morikawa T, Matsuda H, *et al.* Structures of new friedelane- and norfriedelane-type triterpenes and polyacylated eudesmane-type sesquiterpene from *Salacia chinensis* Linn. (*S. prinoides* DC., Hippocrateaceae) and radical scavenging activities of principal constituents [J]. *Chem Pharm Bull*, 2003, 51(9): 1051-1055.
- [4] 张隽荣, 尤慧梅, 井宇星, 等. 柳叶五层龙正丁醇提取部分中的 3 个新酚性成分及其 α -葡萄糖苷酶抑制活性 [J]. 高等学校化学学报, 2019, 40(3): 456-461.
- [5] You H M, Zhao J W, Jing Y X, *et al.* Bioactive glycosides from *Salacia cochinchinensis* [J]. *Carbohydr Res*, 2019, 484: 107777.
- [6] Gao L, Duan L K, Feng J E, *et al.* Four new triterpene

- glucosides from *Salacia cochinchinensis* Lour [J]. *Nat Prod Res*, 2022, 36(9): 2292-2299.
- [7] Jing Y X, You H M, Zhao J W, *et al.* Bioactive constituents from *Salacia cochinchinensis* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2020, 22(8): 738-745.
- [8] 张广求, 尤慧梅, 赵佳文, 等. 柳叶五层龙中的 1 个新的木栓烷型三萜 [J]. *中草药*, 2019, 50(18): 4266-4271.
- [9] 严欣宇, 肖碟, 牛琦, 等. 多籽五层龙的化学成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2023, 48(24): 6676-6681.
- [10] Setzer W N, Setzer M C, Peppers R L, *et al.* Triterpenoid constituents in the bark of *Balanops australiana* [J]. *Aust J Chem*, 2000, 53(9): 809.
- [11] Giner R M, Gray A I, Gibbons S, *et al.* Friedelane triterpenes from the stem bark of *Caloncoba glauca* [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33(1): 237-239.
- [12] Sun C R, Hu H J, Xu R S, *et al.* A new friedelane type triterpene from *Euonymus hederaceus* [J]. *Molecules*, 2009, 14(7): 2650-2655.
- [13] Kuo Y H, Kuo L M. Antitumour and anti-AIDS triterpenes from *Celastrus hindsii* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(7): 1275-1281.
- [14] 庞国茂, 赵春久, 堀均, 等. 黑蔓中新三萜成分的研究 [J]. *药学学报*, 1989, 24(1): 75-79.
- [15] 刘普, 段宏泉, 潘勤, 等. 委陵菜三萜成分研究 [J]. *中国中药杂志*, 2006, 31(22): 1875-1879.
- [16] Seo S, Tomita Y, Tori K. Carbon-13 nmr spectra of urs-12-enes and application to structural assignments of components of *Isodon japonicus* Hara tissue cultures [J]. *Tetrahedron Lett*, 1975, 16(1): 7-10.
- [17] Leitão S, Kaplan M A C, Monache F D, *et al.* Sterols and sterol glucosides from two *Aegiphila* species [J]. *Phytochemistry*, 1992, 31(8): 2813-2817.

[责任编辑 王文倩]