泽泻中的两个新原萜烷型三萜

朱兰珠, 张玉林, 宗晓语, 尚 蕊, 陈宣钦*

(昆明理工大学生命科学与技术学院, 云南 昆明 650500)

摘要: 采用硅胶、凝胶 (Sephadex LH-20) 和高效液相色谱等色谱分离技术, 从泽泻 (*Alisma plantago-aquatica* Linn) 干燥块茎的乙酸乙酯相中分离得到17个化合物, 通过质谱和核磁共振等波谱学方法, 鉴定均为原萜烷型三萜 (**1**～**17**), 其中化合物**1**和化合物**2**为新化合物。对其中16个化合物进行了抑制*α*-葡萄糖苷酶活性筛选, 发现它们均无抑制*α*-葡萄糖苷酶活性。

关键词: 泽泻; 原萜烷型三萜; 乙酸乙酯相; *α*-葡萄糖苷酶抑制活性

中图分类号: R284 **文献标识码**: A **文章编号**: 0513-4870(2025)06-1855-06

Two new prototerpenoid triterpenoids from *Alisma plantago-aquatica*

ZHU Lan-zhu, ZHANG Yu-lin, ZONG Xiao-yu, SHANG Rui, CHEN Xuan-qin*

(*Faculty of Life Science and Technology, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China*)

Abstract: Seventeen compounds were isolated from the ethyl acetate extract of the tubers of dry *Alisma plantago-aquatica* by silica gel, Sephadex LH-20 and high performance liquid chromatography. All of them were identified as the prototerpene triterpenoids by the analysis of mass spectrometry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. Compounds **1** and **2** are the new compounds. Among of them, 16 compounds were screened for *α*-glucosidase inhibitory activity, however, none of them was active.

Key words: *Alisma plantago-aquatica*; proterpane-type triterpenes; ethyl acetate phase; *α* -glucosidase inhibitory activity

泽泻始载于《神农本草经》, 列为上品;《本草纲目》等历代医著都有关于泽泻的记载[1]。六味地黄丸 (熟地黄、酒萸肉、牡丹皮、山药、茯苓、泽泻)[2]、龙胆泻肝汤 (龙胆草、黄芩、栀子、泽泻、木通、车前子等)[3]、泽泻汤 (泽泻、白术)[4]等经典名方中均有泽泻的配伍使用。古代使用的泽泻主流基原植物为泽泻属泽泻 *Alisma plantago-aquatica* 与东方泽泻 *Alisma orientale*[4]。泽泻在中国药典 (1963年版) 中便开始收录, 中国药典 (2020年版) 收载的泽泻药材为泽泻科植物东方泽泻 *Alisma orientale* (Sam.) Juzep. 或泽泻 *Alisma plantago-aquatica* Linn的干燥块茎[5], 其广泛种植于江西、广东、广西、福建、四川等地, 是四川和福建的道地药材[6]。泽泻性寒, 味甘、淡, 归肾、膀胱经, 具有利水渗湿、泄热、化浊调脂的功效, 可用于小便不利、水肿胀满、泄泻尿少、痰饮眩晕、热淋涩痛、高脂血症等[7]。

植物化学研究表明泽泻中的化学成分主要为三萜和倍半萜, 其他还有糖类、含氮化合物、苯丙素、黄酮、甾体和二萜等[8]。原萜烷型四环三萜及愈创木烷型倍半萜为泽泻的特征化合物[9]。到目前为止, 已经从泽泻中分离鉴定出共约118种三萜类化合物[1], 主要成分包括泽泻醇A、泽泻醇B、23-乙酰泽泻醇B、23-乙酰泽泻醇C和24-乙酰泽泻醇A等化合物, 其中, 23-乙酰泽泻醇B为泽泻中含量最高的三萜类成分[10], 23-乙酰泽泻醇B和23-乙酰泽泻醇C是《中国药典, 2020版》收录的泽泻的质量控制标志物[5]。现代药理学研究表明泽泻具有利尿[11,12]、抗结石及肾脏保护[13,14]、降血脂及保

收稿日期: 2025-01-23; 修回日期: 2025-03-24.

基金项目: 云南省重点研发计划—中药防治新发突发传染病产业技术创新平台建设及示范应用 (202103AC10005).

*通讯作者 E-mail: chenxuanqin12@sina.com

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2025-0087

肝[15,16]、降血糖[17]、抗癌[18]、抗氧化损伤[19]、抗炎[20]、抗骨质疏松[21]、抗菌[22]和抗病毒[9]等多种药理活性。本文从泽泻干燥块茎95%乙醇提取物的乙酸乙酯相中分离得到17个原萜烷型三萜 (图1), 分别鉴定为$\Delta^{11,12}$ alisol I (**1**)、$\Delta^{11,12}$11-deoxyalisol B (**2**)、11-deoxyalisol B 23-acetate (**3**)、11-deoxyalisol B (**4**)、11-anhydro-alisol F (**5**)、16*S*, 24*S*-dihydroxy-24-deacetyl alisol O (**6**)、alisol B 23-acetate (**7**)、16,23-oxidoalisol B (**8**)、25-anhydroalisol F (**9**)、alisol N 23-acetate (**10**)、11-deoxyalisol C 23-acetate (**11**)、11-deoxy-25-anhydroalisol E (**12**)、16β-hydroxyalisol B acetate (**13**)、11-deoxyalisol A (**14**)、16β-methoxyalisol B monoacetate (**15**)、13(17),15-dehydroalisol B 23-acetate (**16**) 和 alisol R (**17**), 并对 **1** 和 **3**～**17** 进行了抑制α-葡萄糖苷酶活性评价。

结果与讨论

1 结构鉴定

化合物**1**为白色无定形粉, 通过HR-ESI-MS的准分子离子峰 *m/z* 475.317 7 $[M+Na]^+$ (计算值475.318 3, $C_{30}H_{44}O_3Na$) 确定其分子式为 $C_{30}H_{44}O_3$, 不饱和度为9。化合物**1**的^{1}H NMR谱 (表1) 显示了2个烯键氢信号 δ_H 6.25 (1H, dd, *J* = 10.0, 3.3 Hz, H-11) 和 5.65 (1H, d, *J* = 10.0 Hz, H-12), 3个含氧甲基质子信号 δ_H 4.54 (1H, d, *J* = 8.8 Hz, H-16)、3.60 (1H, m, H-23) 和2.71 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, H-24), 8个甲基信号 δ_H 0.86 (3H, s, H-30)、0.89 (3H, s, H-19)、1.04 (3H, s, H-29)、1.07 (3H, s, H-28)、1.09 (3H, s, H-18)、1.17 (3H, d, *J* = 7.2 Hz, H-21)、1.31 (3H, s, H-26) 和1.31 (3H, s, H-27)。化合物**1**的^{13}C NMR (表1) 谱显示了30个碳信号, 结合DEPT谱, 包括8个甲基碳信号, 6个亚甲基碳信号, 3个次甲基碳信号, 4个季碳信号, 4个含氧甲基, 以及两对双键碳信号和1个酮羰基碳信号。

化合物**1**的波谱数据与alisol I[23]非常相似, 主要区别在于alisol I中的两个亚甲基信号 (C-11和-C12) 在化合物**1**中转变为两个烯碳信号, 推测化合物**1**是alisol I的C-11和C-12脱氢衍生物。HMBC谱 (图2) 中, H-9到C-8、C-10和C-11、H-11到C-9和C-13及H-12到C-9和C-13的相关进一步证实了化合物**1**中C-11和C-12位之间双键的存在。

化合物**1**的相对构型通过生源途径、ROESY谱分析 (图3) 和与已知化合物对比化学位移综合确定。从生源角度考虑, 天然存在的原萜烷型三萜的Me-18、Me-21和Me-28为α构型, Me-19、Me-29和Me-30为β构型, H-5为α构型, H-9为β构型。在ROESY谱中, H-16/Me-18以及H-16/H-23的ROESY相关, 说明H-16和H-23均为α取向, 即16,23-环氧为β取向。化合物**1**的H-24与C-24的化学位移与alisol I [alisol I: $\delta_{H\text{-}24}$ 2.78, $\delta_{C\text{-}24}$ 65.7; **1**: $\delta_{H\text{-}24}$ 2.71, $\delta_{C\text{-}24}$ 65.8] 非常相似, 可以确定

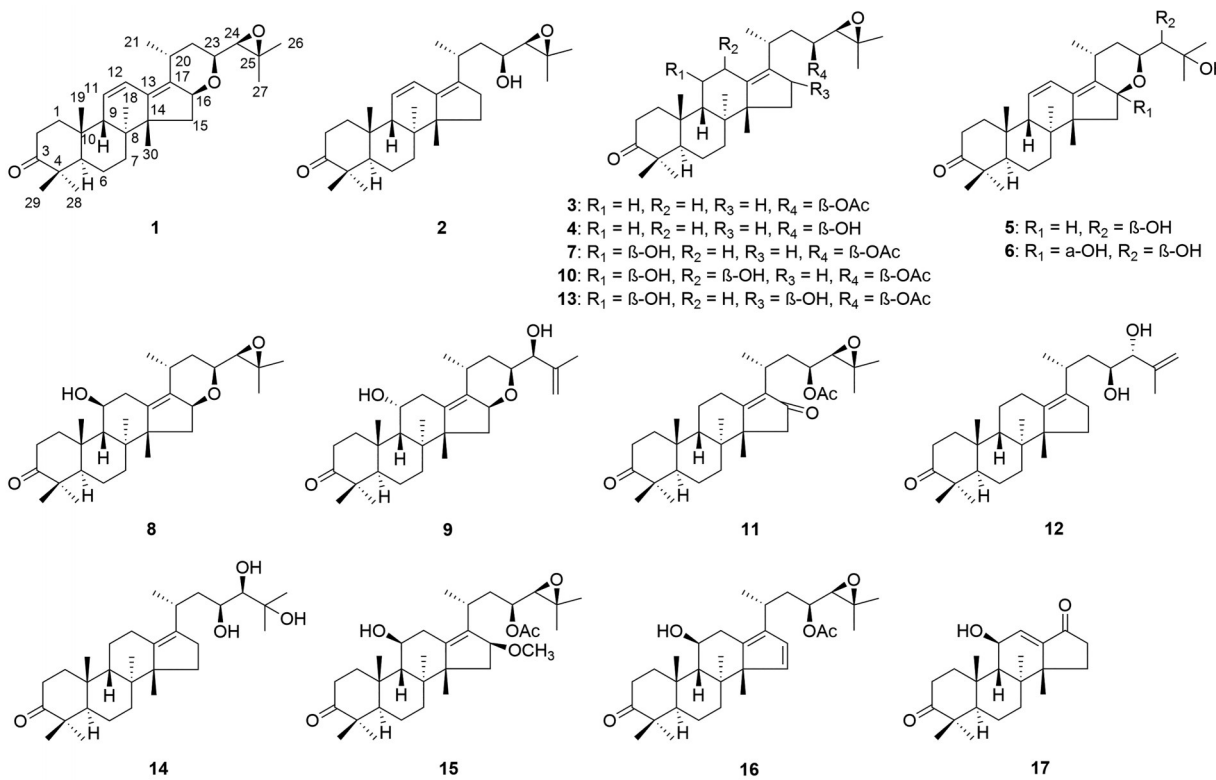


Figure 1 Chemical structures of compounds **1**−**17**

Table 1 ^{1}H (600 MHz) and ^{13}C NMR (151 MHz) data of **1** ($CDCl_3$) and **2** (CD_3OD)

No.	1		2	
	δ_H (*J* in Hz)	δ_C, mult.	δ_H (*J* in Hz)	δ_C, mult.
1	1.60 m	31.2 (t)	1.63 m	32.5 (t)
	1.64 m		2.14 m	
2	2.29 m	33.7 (t)	1.47 m	33.4 (t)
	2.70 m		2.80 m	
3		220.4 (s)		223.2 (s)
4		47.3 (s)		48.3 (s)
5	2.32 m	46.4 (d)	2.36 m	47.6 (d)
6	1.26 m	19.4 (t)	1.39 m	20.4 (t)
	1.34 m		2.10 m	
7	1.48 m	32.3 (t)	1.33 m	34.5 (t)
	1.90 m		1.90 m	
8		38.2 (s)		39.0 (s)
9	2.27 m	47.3 (d)	2.32 m	48.3 (d)
10		36.0 (s)		36.9 (s)
11	6.25 dd (10.0, 3.3)	121.1 (d)	6.32 dd (10.0, 3.3)	123.1 (d)
12	5.65 d (10.0)	129.9 (d)	5.56 d (10.0)	128.4 (d)
13		138.5 (s)		141.5 (s)
14		55.0 (s)		56.4 (s)
15	1.40 m	37.0 (t)	1.81 m	30.0 (t)
	2.10 m		2.28 m	
16	4.54 d (8.8)	80.1 (d)	1.40 m	29.4 (t)
			2.26 m	
17		135.3 (s)		139.3 (s)
18	1.09 s	24.8 (q)	0.98 s	23.4 (q)
19	0.89 s	24.9 (q)	0.85 s	20.9 (q)
20	2.96 m	27.4 (d)	2.96 m	28.7 (d)
21	1.17 d (7.2)	17.9 (q)	1.01 d (7.0)	20.7 (q)
22	1.37 m	36.3 (t)	1.42 m	40.0 (t)
	1.74 m		1.45 m	
23	3.60 m	73.0 (d)	3.11 m	70.2 (d)
24	2.71 d (7.8)	65.8 (d)	2.60 d (8.5)	69.6 (d)
25		57.4 (s)		59.9 (s)
26	1.31 s	19.4 (q)	1.23 s	19.7 (q)
27	1.31 s	25.2(q)	1.18 s	25.3 (q)
28	1.07 s	29.4 (q)	1.04 s	29.5 (q)
29	1.04 s	19.3 (q)	0.98 s	19.8 (q)
30	0.86 s	22.7 (q)	0.87 s	25.1 (q)

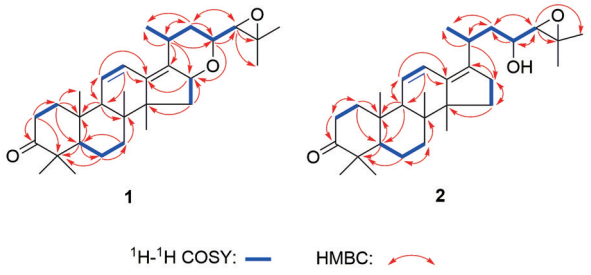


Figure 2 ^{1}H-^{1}H COSY correlations and key HMBC correlations of **1** and **2**

C-24 的绝对构型应与 alisol I 一致, 即 24*R*。综上所述, 化合物 **1** 的结构被确定为 $\Delta^{11,12}$ alisol I。

化合物 **2** 为无色油状物, 通过 HR-ESI-MS 中的准分子离子峰 *m/z* 477.334 7 $[M+Na]^+$ (计算值 477.333 9, $C_{30}H_{46}O_3Na$) 确定其分子式为 $C_{30}H_{46}O_3$, 不饱和度为 8。

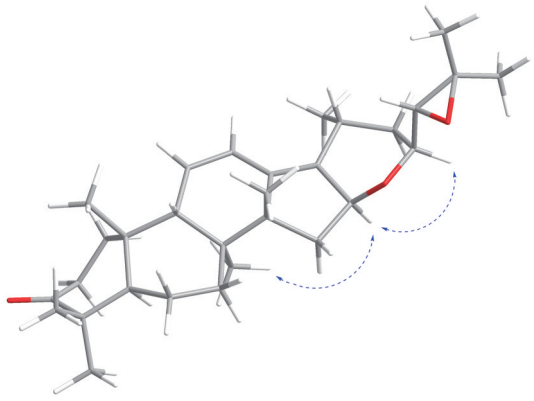


Figure 3 Key ROESY correlations of **1**

化合物 **2** 的 ^{1}H NMR (表 1) 显示 2 个烯键氢信号 δ_H 6.33 (1H, dd, *J* = 10.0, 3.3 Hz, H-11) 和 5.56 (1H, d, *J* = 10.0 Hz, H-12), 2 个含氧甲基质子信号 δ_H 3.11 (1H, m, H-23) 和 2.60 (1H, d, *J* = 8.5 Hz, H-24), 8 个甲基信号 δ_H 0.85 (3H, s, H-30)、0.87 (3H, s, H-19)、0.98 (3H, s, H-29)、0.99 (3H, s, H-18)、1.01 (3H, d, *J* = 7.0 Hz, H-21)、1.03 (3H, s, H-28)、1.18 (3H, s, H-26) 和 1.23 (3H, s, H-27)。化合物 **2** 的 ^{13}C NMR (表 1) 谱显示了 30 个碳信号, 结合 DEPT 谱, 包括 8 个甲基碳信号, 7 个亚甲基碳信号, 3 个次甲基碳信号, 4 个季碳信号, 3 个含氧甲基, 以及两对双键碳信号和 1 个酮羰基碳信号。

化合物 **2** 的上述 NMR 数据与 11-deoxyalisol B (**4**)[24]非常相似, 主要区别是 11-deoxyalisol B 中的 C-11 和 C-12 亚甲基在化合物 **2** 中转变为烯碳, 化合物 **2** 是 11-deoxyalisol B 的 C-11 和 C-12 脱氢衍生物。HMBC 谱 (图 2) 中, H-9 到 C-5、C-10 和 C-11, H-11 到 C-9 和 C-13 及 H-12 到 C-9 和 C-13 的相关进一步证实了 $\Delta^{11,12}$ 双键的存在。

化合物 **2** 的相对构型通过生源途径和与已知化合物对比化学位移确定。从生源角度考虑, Me-18、Me-21 和 Me-28 为 α 构型, Me-19、Me-29 和 Me-30 为 β 构型, H-5 为 α 构型, H-9 为 β 构型。通过与 11-deoxyalisol B 化学位移比较 [11-deoxyalisol B: $\delta_{H\text{-}23}$ 3.23, $\delta_{C\text{-}23}$ 69.2, $\delta_{H\text{-}24}$ 2.70, $\delta_{C\text{-}24}$ 67.8; **2**: $\delta_{H\text{-}23}$ 3.25, $\delta_{C\text{-}23}$ 69.1, $\delta_{H\text{-}24}$ 2.69, $\delta_{C\text{-}24}$ 67.9] 可确定 C-23 和 C-24 的绝对构型应与 11-deoxyalisol B 一致, 即 23*S* 和 24*R*。综上所述, 化合物 **2** 最终被确定为 $\Delta^{11,12}$11-deoxyalisol B。

2 α-葡萄糖苷酶活性评价

采用 α-葡萄糖苷酶诱导 4-硝基苯基-α-吡喃葡萄糖苷 (pNPG) 生成对硝基苯酚 (pNP) 的体外筛选模型, 对化合物 **1** 和 **3**～**17** 进行了抑制 α-葡萄糖苷酶活性评价。在 50 μmol·L^{-1}浓度下化合物均未对 α-葡萄糖苷酶表现出明显的抑制活性。

3 讨论

研究表明, 泽泻及其单体化合物具有一定的降血糖活性。Zhang 等[25]发现 23-乙酰泽泻醇 B 可以降低 2 型糖尿病小鼠血糖, 促进前脂肪细胞分化和葡萄糖吸收。Chen 等[26]发现 24-乙酰泽泻醇 A 能够促进 C2C12 肌管葡萄糖的摄取。泽泻正丁醇萃取部分可显著降低小鼠体内 *α*-葡萄糖苷酶活性, 乙酸乙酯部位可有效调节体内糖和脂代谢, 对 2 型糖尿病有一定治疗作用[27,28]。糖尿病治疗药物靶点众多, 其中, *α*-葡萄糖苷酶抑制剂通过抑制多糖的水解, 阻止小肠对葡萄糖的吸收, 达到降血糖的效果。目前上市的 *α*-葡萄糖苷酶抑制剂主要包括伏格列波糖、阿卡波糖和米格列醇, 但是也有一些不良反应, 主要表现为腹部不适。寻找新型安全的 *α*-葡萄糖苷酶抑制剂仍然具有一定的临床需求。本研究对从泽泻中分离得到的 16 个化合物进行了抑制 *α*-葡萄糖苷酶活性筛选, 但是它们均无明显的活性。

实验部分

BrukerAvance III HD 600 MHz 核磁共振波谱仪; Q Exactive 液相色谱超高分辨质谱联用仪 (美国 Thermo 公司); Agilent 1260 型高效液相色谱仪, 配备 ZORBAX SB-C_{18} 反相柱 (分析型: 150 mm × 4.6 mm, 1 mL·min^{-1}; 半制备型: 9.4 mm × 250 mm, 3 mL·min^{-1}) 和二极管阵列检测器 (美国 Agilent 公司); Hei-VAP Value G3 型旋转蒸发仪 (德国 Heidolph 公司); 薄层色谱硅胶 GF254、柱色谱硅胶 (青岛海洋化工厂); SephadexLH-20 (瑞典 GE Healthcare Biosciences 公司); ODS-C_{18} (75 μm) 反相填充材料(日本 YMC 公司); DMSO (北京 Solarbio 公司); *α*-葡萄糖苷酶、对硝基苯基-*α*-*D*-吡喃葡萄糖苷 (pNPG, 上海源叶生物科技有限公司)。

泽泻 (*Alisma plantago-aquatica* Linn) 干燥块茎于 2023 年 8 月购自昆明螺蛳湾药材市场, 并由昆明理工大学李洪梅教授鉴定, 样品标本 (KUST0801) 存于昆明理工大学生命科学技术大楼资源药物化学重点实验室。

1 提取与分离

干燥的泽泻块茎 (25.0 kg) 粉碎后, 在室温下用 95% 乙醇浸渍提取 3 次, 提取液合并, 减压浓缩得到浸膏。浸膏依次用石油醚、乙酸乙酯和正丁醇萃取, 分别得到石油醚相 (200.0 g)、乙酸乙酯相 (450.0 g) 和正丁醇相 (50.0 g)。乙酸乙酯相 (450.0 g) 经硅胶柱层析 (石油醚−乙酸乙酯, 100∶1～0∶1), TLC 检测合并相同组分后, 得到 7 个组分 (Fr.1～Fr.7)。

Fr.2 (41.0 g) 经过硅胶柱色谱 (石油醚−乙酸乙酯, 50∶1～0∶1) 分离, 得到 3 个组分, Fr.2.1～Fr.2.3。Fr.2.1 (9.1 g) 经过硅胶柱 (二氯甲烷−乙酸乙酯, 80∶1) 纯化, 得到 4 个组分, Fr.2.1.1～Fr.2.1.4。Fr.2.1.4 (2.2 g) 经过硅胶柱 (二氯甲烷−丙酮, 90∶1) 分离纯化, 得到 2 个组分, Fr.2.1.4.1～Fr.2.1.4.2。通过半制备 HPLC (90% 甲醇水) 纯化, 从 Fr.2.1.4.2 (931.6 mg) 中得到化合物 **1** (5.1 mg)、化合物 **3** (9.4 mg) 和化合物 **4** (95.8 mg)。

Fr.3 (43.0 g) 经过硅胶柱色谱 (二氯甲烷−乙酸乙酯, 100∶1～0∶1) 分离纯化, 得到 4 个组分, Fr.3.1～Fr.3.4。Fr.3.1 (15.8 g) 经过硅胶柱 (石油醚−乙酸乙酯, 10∶1) 纯化, 得到 3 个组分, Fr.3.1.1～Fr.3.1.3。Fr.3.1.1 (12.0 g) 先后经过 3 次硅胶柱 (流动相分别为石油醚−异丙醇, 45∶1; 二氯甲烷−甲醇, 150∶1; 氯仿−异丙醇, 120∶1) 和 Sephadex LH-20 柱 (甲醇) 分离纯化, 得到化合物 **2** (2.8 mg)、化合物 **5** (3.4 mg) 和化合物 **6** (4.0 mg)。

Fr.4 (25.0 g) 经过硅胶柱 (二氯甲烷−甲醇, 70∶1～0∶1) 分离纯化, 得到 Fr.4.1～Fr.4.4。Fr.4.2 (7.2 g) 经过硅胶柱 (石油醚−乙酸乙酯, 10∶1) 分离纯化, 得到 4 个组分, Fr.4.2.1～Fr.4.2.4。Fr.4.2.2 (696.8 mg) 先后经过 3 次硅胶柱 (石油醚−丙酮, 5∶1; 二氯甲烷−乙酸乙酯, 30∶1; 氯仿−丙酮, 20∶1) 分离纯化, 得到化合物 **8** (33.0 mg) 和化合物 **9** (13.3 mg)。Fr.4.2.3 (927.4 mg) 先后经过 2 次硅胶柱色谱 (石油醚−异丙醇, 15∶1; 二氯甲烷−丙酮, 50∶1) 分离纯化, 得到化合物 **10** (38.8 mg)、化合物 **11** (24.9 mg) 和化合物 **12** (3.3 mg)。Fr.4.4 (3.0 g) 经过硅胶柱色谱 (石油醚−异丙醇, 20∶1) 分离, 得到 3 个组分, Fr.4.4.1～Fr.4.4.3。Fr.4.4.3 (1.2 g) 经过硅胶柱 (石油醚−乙酸乙酯, 3∶1) 纯化, 得到化合物 **7** (308.3 mg)。

Fr.5 (84.0 g) 经过硅胶柱色谱 (二氯甲烷−甲醇, 60∶1～0∶1) 分离, 得到 4 个组分, Fr.5.1～Fr.5.4。Fr.5.4 (14.0 g) 经过硅胶柱 (石油醚−乙酸乙酯, 7∶1) 分离, 得到 3 个组分, Fr.5.4.1～Fr.5.4.3。Fr.5.4.3 (940.7 mg) 先后经过 2 次硅胶柱 (氯仿−异丙醇, 35∶1; 石油醚−异丙醇, 10∶1) 分离纯化, 得到化合物 **13** (3.0 mg)。

Fr.6 (40.0 g) 经过硅胶柱 (二氯甲烷−甲醇, 55∶1～0∶1) 层析, 得到 3 个组分, Fr.6.1～Fr.6.3。Fr.6.1 (17.5 g) 经过硅胶柱 (石油醚−异丙醇, 15∶1) 纯化, 得到 4 个组分, Fr.6.1.1～Fr.6.1.4。Fr.6.1.1 (4.9 g) 先后经过硅胶柱 (二氯甲烷−异丙醇, 40∶1)、Sephadex LH-20 柱 (甲醇) 及半制备 HPLC (75% 甲醇水) 纯化得到化合物 **15** (24.0 mg) 和化合物 **16** (3.0 mg)。

Fr.6.2 (4.3 g) 经过硅胶柱色谱 (石油醚−异丙醇, 15∶1) 分离, 得到 3 个组分, Fr.6.2.1～Fr.6.2.3。Fr.6.2.1 (1.7 g) 经过硅胶柱 (二氯甲烷−异丙醇, 40∶1) 和 Sephadex

LH-20柱 (甲醇) 纯化分离得到化合物**14** (15.4 mg) 和化合物**17** (13.5 mg)。

2 结构鉴定

化合物**1** 白色无定形粉末, HR-ESI-MS (+): *m*/*z* 475.317 7 $[M+Na]^+$ (计算值 475.318 3, $C_{30}H_{44}O_3Na$); ^1H NMR ($CDCl_3$, 600 MHz) 和 ^{13}C NMR ($CDCl_3$, 151 MHz) 见表1。

化合物**2** 无色油状物, HR-ESI-MS (+): *m*/*z* 477.334 7 $[M+Na]^+$ (计算值 477.333 9, $C_{30}H_{46}O_3Na$); ^1H NMR (CD_3OD, 600 MHz) 和 ^{13}C NMR (CD_3OD, 151 MHz) 见表1。

3 抑制*α*-葡萄糖苷酶活性

采用*α*-葡萄糖苷酶诱导pNPG生成pNP的体外筛选模型[29], 对化合物**1**、**3**～**17**抑制*α*-葡萄糖苷酶活性进行了评价。实验分为四个组: 空白组 (B)、对照组 (C)、样品空白组 (SB) 和样品组 (S)。每组6个平行。以pNPG为底物, 阿卡波糖作为阳性对照, 将*α*-葡萄糖苷酶溶液 (0.4 $U·mL^{-1}$) 20 μL、磷酸盐缓冲溶液 (0.1 $mol·L^{-1}$, pH 6.8) 90 μL和不同浓度的样品溶液30 μL加入96孔板, 37 ℃孵育20 min, 再加入pNPG溶液 (10 $mmol·L^{-1}$) 40 μL, 37 ℃孵育 20 min, 最后加入0.2 $mol·L^{-1}$碳酸钠溶液70 μL终止反应, 在405 nm处测定样品吸光度 (*A*)。空白和样品空白组中用等体积的磷酸盐缓冲液代替*α*-葡萄糖苷酶溶液, 空白和对照组中用等体积的磷酸盐缓冲溶液代替样品溶液, 根据不同浓度样品的抑制率可计算出IC_{50}, 见式1。

$$抑制率=\frac{(A_C-A_B)-(A_S-A_{SB})}{(A_C-A_B)}\times 100\% \quad (1)$$

作者贡献: 陈宣钦负责课题的设计和稿件修订; 朱兰珠负责药材的提取、实验实施、数据核实、文章撰写和化合物的活性筛选工作; 张玉林负责技术指导和实验实施; 宗晓语负责药材的提取和实验实施; 尚蕊负责药材的实验实施和修改论文。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

References

[1] Hu ZQ, Chen BB, Jia JJ, et al. Research progress on the mechanism of action of Alismatis Rhizoma and its active ingredients in the treatment of metabolic diseases [J]. Chin J Mod Appl Pharm (中国现代应用药学), 2024, 41: 2156-2166.

[2] Wang X, Chen SQ, Zhang X, et al. Clinical application progress of Liuwei Dihuang Pills [J]. China Mod Doct (中国现代医生), 2023, 61: 126-130.

[3] Zhang D, Zhang Y, Shi JH, et al. Study on bitter inhibition and application of Chinese medicine decoction mates based on traditional human taste panel method [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2023, 54: 6603-6615.

[4] Wang SS, Jiang HL, Liu Y, et al. Analysis on prescription verification and historical evolution of Zexie Decoction [J]. Acta Chin Med Pharmacol (中医药学报), 2023, 51: 91-96.

[5] Chinese Pharmacopoeia Committee. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (中华人民共和国药典) [S]. Vol 1. 2020 Ed. Beijing: China Medical Science Press, 2020: 239.

[6] Cheng ZH, Xiao W, Wang ZZ, et al. Research progress on hypolipidemic constituents in Alismatis Rhizoma and their pharmacology and clinical application [J]. Chin Tradit Herbal Drugs (中草药), 2015, 46: 3420-3426.

[7] Zhang WJ, Han DW, Li J, et al. Advances in chemical compositions and pharmacological effects of Alismatis Rhizoma [J]. Acta Chin Med Pharmacol (中医药学报), 2021, 49: 98-102.

[8] Liu SS, Guo J, Li ZA, et al. Advances in studies on chemical compositions of Alismatis Rhizoma and their biological activities [J]. China J Chin Mater Med (中国中药杂志), 2020, 45: 1578-1595.

[9] Jiang ZY, Zhang XM, Zhang FX, et al. A new triterpene and anti-hepatitis B virus active compounds from *Alisma orientalis* [J]. Planta Med, 2006, 72: 951-954.

[10] Zhang SM, Qiu HX, Shu LX, et al. Research progress on ancient and modern understanding of toxicity of Alismatis Rhizoma and detoxification strategies [J]. Chin Tradit Herbal Drugs (中草药), 2024, 55: 1407-1414.

[11] Chen DQ, Feng YL, Tian T, et al. Diuretic and anti-diuretic activities of fractions of Alismatis Rhizoma [J]. J Ethnopharmacol, 2014, 157: 114-118.

[12] Zhang X, Li XY, Lin N, et al. Diuretic activity of compatible triterpene components of Alismatis Rhizoma [J]. Molecules, 2017, 22: 1459.

[13] Qu SY, Su Q, Peng KL, et al. Effects of the total triterpenoids extract of *Alismatis Rhizoma* on calcium oxalate urinary stone formation in rats [J]. Acta Med Univ Med Tongji Med Sci Ed (华中科技大学学报 医学版), 2011, 40: 634-639.

[14] Zhu SY, Zhou YD, Du GH. Protective effect of extracts from Radixet Rhizoma Rhei and *Alisma orientalis* against acute kidney injury induced by diethylene glycol [J]. China Pharm (中国药房), 2009, 20: 641-643.

[15] Xu F, Yu H, Lu C, et al. The cholesterol - lowering effect of alisol acetates based on HMG - CoA reductase and its molecular mechanism [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2016, 2016: 4753852.

[16] Huo XK, Liu J, Yu ZL, et al. *Alisma orientale* extract exerts the reversing cholestasis effect by activation of farnesoid X receptor [J]. Phytomedicine, 2018, 42: 34-42.

[17] Li Q, Qu H. Study on the hypoglycemic activities and metabolism of alcohol extract of Alismatis Rhizoma [J]. Fitoterapia, 2012, 83: 1046-1053.

[18] Ma B, Xiang Y, Li T, et al. Inhibitory effects of *Alisma orientalis*

on spontaneous metastasis of Lewis lung carcinoma and its mechanism [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2003, 34: 74-77.

[19] Han CW, Kang ES, Ham SA, et al. Antioxidative effects of *Alisma orientale* extract in palmitate-induced cellular injury [J]. Pharm Biol, 2012, 50: 1281-1288.

[20] Kim KH, Song HH, Ahn KS, et al. Ethanol extract of the tuber of *Alisma orientale* reduces the pathologic features in a chronic obstructive pulmonary disease mouse model [J]. J Ethnopharmacol, 2016, 188: 21-30.

[21] Kim KJ, Leutou AS, Yeon JT, et al. The inhibitory effect of alisol A 24-acetate from *Alisma canaliculatum* on osteoclastogenesis [J]. Int J Endocrinol, 2015, 2015: 132436.

[22] Ma Q, Han L, Bi X, et al. Structures and biological activities of the triterpenoids and sesquiterpenoids from *Alisma orientale* [J]. Phytochemistry, 2016, 131: 150-157.

[23] Yoshikawa M, Tomohiro N, Murakami T, et al. Studies on *Alismatis Rhizoma*. III. Stereostructures of new protostane-type triterpenes, alisols H, I, J-23-acetate, K-23-acetate, L-23-acetate, M-23-acetate, and N-23-acetate, from the dried rhizome of *Alisma orientale* [J]. Chem Pharm Bull, 1999, 47: 524-528.

[24] Yoshikawa M, Hatakeyama S, Tanaka N, et al. Crude drugs from aquatic plants. II. On the constituents of the rhizome of *Alisma orientale* Juzep. originating from Japan, Taiwan, and China. Absolute stereostructures of 11-deoxyalisols B and B 23-acetate [J]. Chem Pharm Bull, 1993, 41: 2109-2112.

[25] Zhang WY, Liu HX, Wang Q, et al. Influence of alisol B 23-acetate on blood glucose in type 2 diabetic mice [J]. Chin Pharmacol Bull (中国药理学通报), 2019, 35: 639-643.

[26] Chen JX, Li HY, Li TT, et al. Alisol A-24-acetate promotes glucose uptake *via* activation of AMPK in C2C12 myotubes [J]. BMC Complement Med, 2020, 20: 22.

[27] Yi X, Gui FF, Yin HM, et al. Inhibitory effects of *Alisma orientailis* extracts on α-glucosidase of mice [J]. Nat Prod Res Dev (天然产物研究与开发), 2013, 25: 1644-1648.

[28] Cao LJ, Zhu KN, Jiang CH, et al. Intervention effects of the extract of *Alismatis Rhizoma* on streptozotocin-induced type 2 diabetic rats [J]. J China Pharm Univ (中国药科大学学报), 2017, 48: 601-608.

[29] Zhang YL, Li SQ, Zhu LZ, et al. Phenolic acid compounds from *Phellodendron chinense* and their activity on α-glucosidase inhibition [J]. Acta Pharm Sin (药学学报), 2024, 59: 3130-3134.