

藏药绿萝花化学成分及其降糖活性研究

王洁雪¹, 陶果¹, 杨帆¹, 杨敏¹, 冯晴琴¹, 马明芳³, 陈静^{2*}

(1. 成都师范学院化学与生命科学学院, 功能分子结构优化与应用四川省高校重点实验室, 四川 成都 611130;
2. 西藏藏医药大学, 西藏 拉萨 850000; 3. 青海省产品质量监督检验所, 青海 西宁 810008)

摘要: 采用硅胶柱色谱、凝胶色谱及高压制备色谱等方法对绿萝花的成分进行分离纯化, 通过其理化性质及波谱数据对分离得到的化合物进行结构表征。从绿萝花醇提取物中共分离得到7个化合物: 绿萝花苷 A (**1**)、2,4,6-trichlorol-3-methyl-5-methoxy-phenol 1-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1-6)- β -*D*-glucopyranoside (**2**)、2,6-dimethoxy-4-(2-propen-1-yl)phenyl 6-*O*-(6-deoxy- α -*L*-mannopyranosyl)- β -*D*-glucopyranoside (**3**)、丁香酚芸香糖苷 (**4**)、银锻苷 (**5**)、结香苷 C (**6**) 和水杨酸 (**7**)。其中**1**为新化合物, **2**~**4**首次从该植物中分离得到。药理活性表明, 化合物**1**、**2**均对 α -葡萄糖苷酶具有显著的抑制活性, 其抑制率与阿卡波糖相当。

关键词: 藏药; 绿萝花; 绿萝花苷 A; α -葡萄糖苷酶; 化学成分

中图分类号: R284 文献标识码: A 文章编号: 0513-4870(2021)05-1434-05

Chemical composition and hypoglycemic activity of *Edgeworthia gardneri*

WANG Jie-xue¹, TAO Guo¹, YANG Fan¹, YANG Min¹, FENG Qing-qin¹,
MA Ming-fang³, CHEN Jing^{2*}

(1. College of Chemistry and Life Science, Sichuan Provincial Key Laboratory for Structural Optimization and Application of Functional Molecules, Chengdu Normal University, Chengdu 611130, China; 2. Tibet University of Tibetan Medicine, Lhasa 850000, China; 3. Qinghai Province Institute for Food Control, Xining 810008, China)

Abstract: Seven compounds were isolated from the alcohol extract of *Edgeworthia gardneri* by various technologies, including silica gel, Sephadex LH-20 and high performance liquid chromatography, and were identified as edgeworthiaside A (**1**), 2,4,6-trichlorol-3-methyl-5-methoxy-phenol 1-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1-6)- β -*D*-glucopyranoside (**2**), 2,6-dimethoxy-4-(2-propen-1-yl)phenyl 6-*O*-(6-deoxy- α -*L*-mannopyranosyl)- β -*D*-glucopyranoside (**3**), eugenol rutinoside (**4**), tiliroside (**5**), edgeworoside C (**6**), and salicylic acid (**7**). Compound **1** is a new chlorophenyl glycoside and **2-4** were isolated for the first time from *Edgeworthia gardneri*. The *in vitro* inhibition of α -glucosidase showed that the inhibition rate of compounds **1** and **2** were similar to acarbose.

Key words: Tibetan material herb; *Edgeworthia gardneri*; edgeworthiaside A; α -glucosidase; chemical constituent

藏药绿萝花是瑞香科植物结香属滇结香 [*Edgeworthia gardneri* (Wall.) Meisn.] 的干燥花蕾, 又名黄金

葛、石柑子、马蹄金, 主要分布在西藏及云南寒冷的高海拔地区, 是西藏特色的民族习用药材。民间主要通过热水泡茶直接饮用的方式来治疗糖尿病、高血压等慢性疾病^[1,2], 现代药理研究表明, 其具有降血糖、抗氧化、激活PPARs、抑制DNA聚合酶P等多种药理活性^[3-7]。绿萝花是西藏的珍贵药材, 现代药理学实验结果证实绿

收稿日期: 2020-12-28; 修回日期: 2021-01-12.

基金项目: 四川省科技计划项目 (2019YJ0440); 四川省大学生创新创业项目训练计划 (202014389133).

*通讯作者 Tel: 15889097799, E-mail: cjtmc@sina.cn

DOI: 10.16438/j.0513-4870.2020-1970

萝花的降血糖作用尤为明显,但是其有效成分与作用机制并不明确,一般降糖活性研究仅仅是对绿萝花粗提物进行,对具体的药效物质基础缺乏深入、系统性研究。绿萝花的各种功效仅局限于当地人的认知,有针对性、大规模的开发不足,制约了绿萝花这一宝贵传统资源的利用^[8]。因此,为了进一步研究绿萝花的化学成分,明确其降血糖活性的药效物质基础,科学合理地开发该药用资源,本实验从绿萝花中分离到了7个化合物(图1),分别为绿萝花昔A(1)、2,4,6-trichlorol-3-methyl-5-methoxy-phenol 1-*O*- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside(2)、2,6-dimethoxy-4-(2-propen-1-yl)phenyl 6-*O*-(6-deoxy- α -L-mannopyranosyl)- β -D-glucopyranoside(3)、丁香酚芸香糖昔(4)、银锻昔(5)、结香昔C(6)和水杨酸(7)。其中1为新化合物,2~4首次从该植物中分离得到。药理活性表明,化合物1、2均对 α -葡萄糖苷酶具有显著的抑制活性,其降糖效果与阿卡波糖相当。

结果与讨论

1 结构鉴定

化合物1 白色针状晶体(甲醇-水), $[\alpha]_{20}^D$ -38.2 (c 0.1, MeOH); mp 257~259 °C; TLC薄层色谱在254 nm紫外灯下有暗斑,喷5%的硫酸乙醇溶液,105 °C加热显色,呈黄色。ESI-MS m/z 558.8 $[M-H]^-$, 560.8 $[M-H]^-$, 562.8 $[M-H]^-$, 564.8 $[M-H]^-$, 分子质量两两相差2.0 Da,从质谱图的丰度显示可以分成两组,且同组中两个分子质量丰度比例大约为3:1,推测该化合物含有两个氯

原子^[9],相对分子质量为560; HR-ESI-MS (positive) m/z 583.096 2 $[M+Na]^+$ (计算值: 583.096 1, $C_{21}H_{30}O_{13}Cl_2Na$); HR-ESI-MS (negative) m/z 559.098 0 $[M-H]^-$ (计算值: 559.098 5, $C_{21}H_{29}O_{13}Cl_2$) 确定其分子式为 $C_{21}H_{30}O_{13}Cl_2$ 。在氢谱(表1)的低场区,只有一个质子信号 δ_H 7.39 (1H, s),结合紫外吸收情况,说明该化合物含有一个五-取代的苯环;在中间区域显示有两个葡萄糖端基氢质子信号 δ_H 4.29 (1H, d, $J = 7.6$ Hz)、4.26 (1H, d, $J = 7.6$ Hz)及两个甲氧基质子信号 δ_H 3.88 (3H, s)、3.82 (3H, s)。碳谱结合DEPT 135°分析,该化合物共有21个碳原子,包括5个季碳、11个叔碳、3个仲碳、2个伯碳;低场部分显示一个5取代苯环及两个葡萄糖的端基碳信号 δ_C 154.8、152.6、136.7、117.8、115.5、108.2、103.7、102.7,中间场区主要是两个葡萄糖的碳信号 δ_C 77.3、77.2、76.9、76.3、74.0、73.8、70.5、70.3、68.7、66.8、61.5,从数据上看,有一个葡萄糖的6位碳向低场移动,说明有一个取代基连在葡萄糖的6位上,除了两个葡萄糖以外,该化合物还有一个连氧的亚甲基;在高场部分显示有两个甲氧基的碳信号 δ_C 60.8、57.0,说明苯环上有两个甲氧基取代基。

通过HSQC对碳氢进行全归属,由HMBC确定各基团的连接顺序, δ_H 7.39 (H-6)与 δ_C 136.7 (C-1)、117.8 (C-2)、115.5 (C-4)、154.8 (C-5)、66.8 (C-7)相关,说明该化合物含有苜蓿基的结构单元; δ_H 3.88 (H-3-OMe)与 δ_C 152.6 (C-3), δ_H 3.82 (H-5-OMe)与 δ_C 154.8 (C-5)相关,说明甲氧基连在苜蓿基的3、5位上,2、4位被氯取代;同时, δ_H 4.26 (H-1')与 δ_C 66.8 (C-7)相关,提示一个葡萄

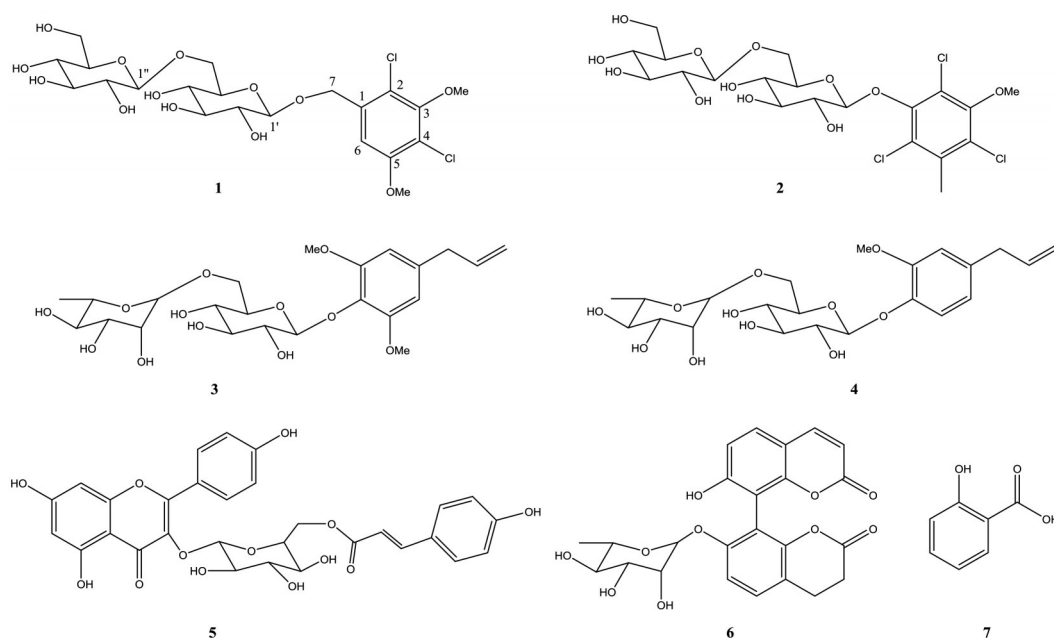


Figure 1 Chemical structures of compounds 1-7

糖基团连在苜基的7位上, δ_{H} 4.29 (H-1'') 与 δ_{C} 68.7 (C-6') 相关, 则进一步证实第二个葡萄糖基团是连在第一个葡萄糖的6位上(图2)。

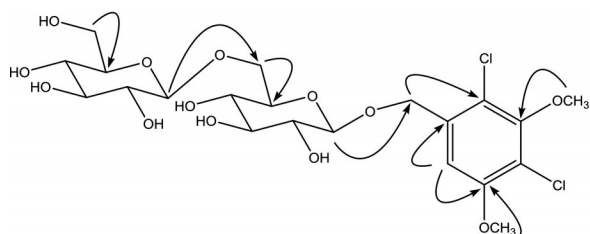


Figure 2 Key HMBC correlations of compound 1

对化合物 1 进行酸水解, 通过薄层色谱的方式与对照品进行比较分析, 同时将水解液与 *D*-葡萄糖对照品通过 HPLC 进一步确认, 说明该化合物只含有 *D*-葡萄糖, 结合 ^1H NMR 端基氢的耦合常数, 连接的糖为 β -*D*-葡萄糖。通过以上分析, 确认该化合物结构为: 2,4-二氯-3,5-二甲氧基-苜基-7-*O*- β -*D*-葡萄糖(1 \rightarrow 6)-*O*- β -*D*-葡萄糖苷。经 Scifinder 查询, 未有该化合物的报道, 为新化合物, 命名为绿萝花苷 A。

Table 1 ^1H , ^{13}C NMR (400, 100 MHz, $\text{DMSO}-d_6$) data compound 1

Position	δ_{H} (J in Hz)	δ_{C}
1	–	136.7
2	–	117.8
3	–	152.6
4	–	115.5
5	–	154.8
6	7.39 (1H, s)	108.2
7 α	4.80 (1H, m)	–
7 β	4.72 (1H, m)	66.8
3-OCH ₃	3.88 (3H, s)	57.0
5-OCH ₃	3.82 (3H, s)	60.8
Glc'		
1'	4.26 (1H, d, $J = 7.6$)	102.7
2'	2.96 (1H, m)	74.0
3'	3.06 (1H, m)	77.3
4'	3.03 (1H, m)	70.5
5'	3.16 (1H, m)	76.9
6' α	4.00 (1H, m)	–
6' β	3.61 (1H, m)	68.7
Glc''		
1''	4.29 (1H, d, $J = 7.6$)	103.7
2''	3.12 (1H, m)	73.8
3''	3.15 (1H, m)	77.2
4''	3.12 (1H, m)	70.3
5''	3.34 (1H, m)	76.3
6'' α	3.66 (1H, m)	–
6'' β	3.42 (1H, m)	61.5

2 α -葡萄糖苷酶活性筛选结果

依据文献^[10]方法, 以 PNPg 为底物, 阿卡波糖为阳性对照, 对化合物 1~6 进行降糖活性筛选, 化合物 1、2

均显示良好的降糖活性(表2), 这对于进一步深度开发该药用资源提供参考依据。

Table 2 α -Glucosidase inhibition by compounds 1–6 ($n = 3$)

Compd.	$\text{IC}_{50}/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$
1	2.03 ± 0.12
2	2.41 ± 0.67
3	18.30 ± 0.35
4	13.45 ± 0.85
5	15.67 ± 0.34
6	9.59 ± 0.78
Acarbose	1.93 ± 0.22

实验部分

AB SCIEX Triple TOFTM 5600 高分辨质谱仪(美国 AB 公司), Bruker AV 400 型核磁共振波谱仪(TMS 为内标), 中压制备色谱仪(MPLC) FS-9200T(天津博纳艾杰尔科技有限公司), 半制备型高效液相色谱仪 Waters 2545, 2487 检测器(美国 Waters 公司), 酶标仪及培养箱(美国 Thermo 公司), 阿卡波糖(上海源叶生物科技有限公司), α -葡萄糖苷酶(酿酒酵母)(上海源叶生物科技有限公司), 葡聚糖凝胶 Sephadex LH-20(瑞典 Pharmacia 公司), 柱色谱硅胶、薄层色谱硅胶(青岛海洋化工), 乙腈、甲醇(色谱纯), 其余试剂为国产分析纯均购自成都市科龙化工试剂厂。

实验所用藏药绿萝花于 2019 年 9 月购买于西藏拉萨市亚郎藏药, 经中国科学院成都生物研究所赵佐成研究员鉴定为瑞香科结香属植物滇结香(*Edgeworthia gardneri* Wall. Meisn.) 的干燥花蕾, 标本保存于成都师范学院化学与生命科学学院标本室(标本号: 20190903)。

1 提取与分离

将绿萝花药材 4 kg 粗粉, 加 10 倍体积的 95% 乙醇。加热回流提取 3 次, 第一、二次 2 h, 第三次 1.5 h, 将 3 次提取液合并, 减压回收至溶液基本无醇味, 再加 2 倍体积的水进行分散稀释。中速滤纸过滤, 滤渣用 50% 乙醇水洗涤两次, 合并滤液。先用石油醚萃取除去大部分叶绿素, 再用乙酸乙酯和正丁醇依次萃取, 减压回收溶剂, 得乙酸乙酯相 86 g, 正丁醇相 53 g。将正丁醇部分(50 g)用甲醇溶解, 60~80 目硅胶拌样, 200~300 目硅胶湿法装柱, 进行硅胶柱色谱分离。洗脱剂为二氯甲烷-甲醇(20:1 \rightarrow 2:1), 约 500 mL 收集一份, 共收集 35 份。用 TLC 对各流分进行检测, 显色剂为 5% 硫酸-香草醛溶液, 合并相同部分, 得到 Fr. A~F。将 Fr. B (0.8 g) 再次进行硅胶柱色谱, 洗脱剂为二氯甲烷-甲醇(15:1), TLC 进行过程监控, 收集主要斑点, 用半制备反相色谱对收集部分再次分离, 流动相为乙腈-水-磷酸(45:55:0.2), 检测波长为 254 nm, 得到化合物

5 (21 mg)、化合物 6 (17 mg); 对具有明显斑点的 Fr. C (1.3 g) 再次进行硅胶柱色谱分离, 洗脱剂为二氯甲烷-甲醇 (10:1), TLC 进行过程监控, 收集较为单一部分 Fr. C1, 用半制备反相色谱分离, 流动相为乙腈-水-磷酸 (38:62:0.2), 得化合物 3 (17 mg)、化合物 4 (8 mg), 将 Fr. D (1.5 g) 用常压反相硅胶柱色谱进行再次粗分, 以甲醇-水 (50:50→90:10) 进行梯度洗脱, TLC 过程监控, 得到 Fr. D3、Fr. D4 两个组分, 对得到的每一部分样品再用半制备高效液相进行精制, 流动相为乙腈-水-磷酸, 检测波长为 254 nm, 得到化合物 1 (13 mg)、化合物 2 (16 mg)。Fr. F (0.7 g) 再次进行硅胶柱色谱分离, 洗脱剂为二氯甲烷-甲醇 (6:1), TLC 进行过程检测, 收集合并主要斑点, 用半制备反相色谱分离, 流动相为乙腈-水-磷酸 (18:82:0.2), 检测波长为 254 nm, 收集主要目标化合物, 减压浓缩至干, 甲醇溶解, 过滤, 滤液上 Sephadex LH-20 再次精分, 纯甲醇为洗脱剂, 得到化合物 7 (32 mg)。

2 结构鉴定

化合物 1 白色针状晶体 (甲醇-水), $[\alpha]_{20}^D -38.2$ (c 0.1, MeOH); mp 257~259 °C; HR-ESI-MS (positive) m/z 583.096 2 $[M+Na]^+$ (计算值: 583.096 1, $C_{21}H_{30}O_{13}Cl_2Na$), HR-ESI-MS (negative) m/z 559.098 0 $[M-H]^-$ (计算值: 559.098 5, $C_{21}H_{29}O_{13}Cl_2$), 确定其分子式为 $C_{21}H_{30}O_{13}Cl_2$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) 和 ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) 数据见表 1。

化合物 2 白色针状晶体 (甲醇-水), ESI-MS m/z : 562 $[M-H]^-$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_H : 5.08 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1'), 4.05 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1''), 3.89 (1H, dd, $J = 11.2, 1.6$ Hz, H-6' α '), 3.84 (3H, s, H-5-OCH₃), 2.82~3.62 (m, H-2', 2''~6', 6''), 2.45 (3H, s, H-3-CH₃); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ_C : 149.0 (C-1), 126.9 (C-2), 135.4 (C-3), 126.3 (C-4), 152.6 (C-5), 123.1 (C-6), 19.5 (C-3-CH₃), 62.0 (C-5-OMe), 104.3 (C-1'), 75.4 (C-2'), 78.6 (C-3'), 71.5 (C-4'), 78.1 (C-5'), 69.4 (C-6'), 103.2 (C-1''), 74.8 (C-2''), 78.0 (C-3''), 71.4 (C-4''), 77.8 (C-5''), 61.4 (C-6'')。以上波谱数据与文献报道的化合物^[11]对照基本一致, 故鉴定化合物 2 为 2,4,6-trichlorol-3-methyl-5-methoxy-phenol 1-*O*- β -*D*-glucopyranosyl-(1→6)- β -*D*-glucopyranoside。

化合物 3 白色粉末, ESI-MS m/z : 501 $[M-H]^-$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_H : 6.51 (2H, s, H-3, 5), 6.00 (1H, m, H-8), 5.11 (1H, m, H-9), 4.73 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1'), 4.66 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-1''), 3.82 (6H, s, H-2, 6-OMe), 3.28~3.90 (m, H-2', 2''~6', 6''), 1.18 (3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6''); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO-

d_6) δ_C : 138.7 (C-1), 154.2 (C-2), 107.3 (C-3), 134.4 (C-4), 107.3 (C-5), 154.2 (C-6), 41.4 (C-7), 138.4 (C-8), 116.2 (C-9), 56.9 (C-2, 6-OMe), 105.5 (C-1'), 75.6 (C-2'), 77.8 (C-3'), 71.7 (C-4'), 77.2 (C-5'), 68.0 (C-6'), 102.2 (C-1''), 72.3 (C-2''), 72.1 (C-3''), 74.0 (C-4''), 69.7 (C-5''), 18.0 (C-6'')。以上波谱数据与文献报道的化合物^[12]对照基本一致, 故鉴定化合物 3 为 2,6-dimethoxy-4-(2-propen-1-yl)phenyl 6-*O*-(6-deoxy- α -*L*-mannopyranosyl)- β -*D*-glucopyranoside。

化合物 4 白色粉末, ESI-MS m/z : 473 $[M+H]^+$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_H : 7.12 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-3), 6.85 (1H, dd, $J = 8.4, 2.0$ Hz, H-5), 6.75 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 5.95 (1H, m, H-8), 5.10 (2H, m, H-9), 5.05 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1'), 4.45 (1H, d, $J = 6.4$ Hz, H-1''), 3.87 (3H, s, H-2-OMe), 3.38 (2H, d, $J = 6.4$ Hz, H-7), 1.18 (1H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6''); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ_C : 145.3 (C-1), 151.2 (C-2), 114.3 (C-3), 135.6 (C-4), 117.3 (C-5), 114.5 (C-6), 40.4 (C-7), 138.4 (C-8), 121.6 (C-9), 56.5 (C-2-OMe), 103.8 (C-1'), 75.8 (C-2'), 77.7 (C-3'), 71.3 (C-4'), 77.2 (C-5'), 67.8 (C-6'), 102.4 (C-1''), 72.3 (C-2''), 72.0 (C-3''), 73.7 (C-4''), 69.7 (C-5''), 18.0 (C-6'')。以上波谱数据与文献报道的化合物^[13]对照基本一致, 故鉴定化合物 4 为丁香酚芸香糖苷。

化合物 5 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 594 $[M+H]^+$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_H : 8.02 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 7.38 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2'', 6''), 7.33 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-7'''), 6.88 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.78 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3'', 5''), 6.39 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-8), 6.16 (1H, d, $J = 2.0$ Hz, H-6), 6.10 (1H, d, $J = 16.0$ Hz, H-8'''), 5.44 (2H, d, $J = 7.6$ Hz, H-1''); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ_C : 156.5 (C-2), 133.2 (C-3), 177.5 (C-4), 161.4 (C-5), 99.0 (C-6), 164.3 (C-7), 93.8 (C-8), 156.5 (C-9), 104.0 (C-10), 120.9 (C-1'), 130.9 (C-2', 6'), 115.3 (C-3', 5'), 159.9 (C-4'), 101.1 (C-1''), 74.3 (C-2''), 78.2 (C-3''), 70.3 (C-4''), 77.2 (C-5''), 62.9 (C-6''), 125.0 (C-1'''), 130.4 (C-2''', 6'''), 115.9 (C-3''', 5'''), 160.0 (C-4'''), 144.8 (C-7'''), 113.9 (C-8'''), 166.1 (C-9''')。以上波谱数据与文献报道的化合物^[14]对照基本一致, 故鉴定化合物 5 为银锻苷。

化合物 6 白色粉末, ESI-MS m/z : 469 $[M+H]^+$, 467 $[M-H]^-$ 。 1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_H : 8.10 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-4'), 8.04 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-4), 7.80 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5'), 7.65 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-5), 7.33 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6'), 7.00 (1H, d, $J = 8.4$ Hz, H-6), 6.34 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-3'), 6.20 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-3), 5.48 (1H, s, H-1'), 3.10~3.45 (m, H-2''~5''), 1.08

(3H, d, $J = 6.0$ Hz, H-6"); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ_{C} : 160.5 (C-2), 113.0 (C-3), 145.0 (C-4), 111.1 (C-4a), 129.4 (C-5), 112.7 (C-6), 159.4 (C-7), 106.5 (C-8), 153.3 (C-8a), 160.3 (C-2'), 112.8 (C-3'), 144.8 (C-4'), 113.5 (C-4a'), 129.4 (C-5'), 111.3 (C-6'), 157.2 (C-7'), 109.9 (C-8'), 152.7 (C-8a'), 98.5 (C-1"), 69.9 (C-2"), 70.1 (C-3"), 71.3 (C-4"), 69.5 (C-5"), 17.6 (C-6")。以上波谱数据与文献报道的化合物^[15]对照基本一致, 故鉴定化合物**6**为结香昔C。

化合物7 无色针状晶体, ESI-MS m/z : 139 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 137 $[\text{M}-\text{H}]^-$ 。 ^1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ_{H} : 7.80 (1H, dd, $J = 6.0, 1.6$ Hz, H-6), 7.51 (1H, m, H-4), 6.96 (1H, d, $J = 7.6$ Hz, H-3), 6.90 (1H, m, H-5); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ_{C} : 113.5 (C-1), 161.6 (C-2), 117.7 (C-3), 136.2 (C-4), 119.8 (C-5), 130.7 (C-6), 172.3 (C-7)。以上波谱数据与文献报道的化合物^[16]对照基本一致, 故鉴定化合物**7**为水杨酸。

3 降糖活性筛选

以PNPG为底物, 阿卡波糖为阳性对照, 根据文献实验方法: 将实验分为样品空白组(待测化合物+PBS+酶)、酶空白组(PBS+酶)、酶活性组(PBS+PNPG+酶)、对照组(阿卡波糖+PBS+PNPG+酶)和样品组(待测化合物+PBS+PNPG+酶)。操作步骤如下: 先在96微孔板中加入磷酸盐缓冲液(pH = 6.8) 20 μL , 加入 α -葡萄糖苷酶液($0.6 \text{ U} \cdot \text{mL}^{-1}$) 溶液 20 μL , 再加入浓度为 $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的样品溶液 40 μL , 低速震荡混匀, 于 37°C 恒温反应 10 min 后, 加入 PNPG 20 μL , 低速震荡混匀, 37°C 恒温条件下再反应 15 min, 加入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ Na}_2\text{CO}_3$ 80 μL 中止反应, 将反应液置于酶标仪 405 nm 波长下测定其吸光度值, 按以下公式计算化合物对 α -葡萄糖苷酶液活性的抑制率: α -葡萄糖苷酶抑制率 (%) = $1 - [(A_{\text{样}} - A_{\text{样空}}) \cdot (A_{\text{酶}} - A_{\text{酶空}})^{-1}] \times 100\%$ 。每一组重复3次, 用 Origin 9.1 计算其 IC_{50} 值。

作者贡献: 王洁雪主要负责绿萝花化学成分的提取、分离、化合物结构鉴定和文章的整理; 陶果对绿萝花学成分分离得到的化合物进行活性筛选; 杨帆对绿萝花学成分提取、分离、结构鉴定以及文章写作时提供帮助; 杨敏协助对绿萝花学成分的提取、分离及相关文献查阅; 冯晴琴协助对绿萝花学成分分离得到的化合物进行活性筛选; 马明芳对绿萝花学成分分离得到的化合物进行活性筛选提供帮助; 陈静通讯作者, 负责实验设计和把关、论文框架的构建及稿件修改等。

利益冲突: 本文不存在利益冲突。

References

- [1] Editorial Board of Flora of China. Chinese Academy of Sciences. Flora of China (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, 1999: 391.
- [2] Huang FK. Illustrated Macrobiotics of Tibetan Medicine (藏医养生图说) [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2006: 153.
- [3] Nan CY, Zhong GY, Zhu JX, et al. Effects of components from *Edgeworthia gardneri* meissn on PPARs level in 3T3-L1 cells [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharm (中药新药与临床药理), 2019, 30: 282-288.
- [4] Li M, Yang J, Zhu JX, et al. A new coumarin from flowers of *Edgeworthia gardneri* [J]. Chin Tradit Herb Drugs (中草药), 2020, 51: 4109-4112.
- [5] Nan CY, Zhu JX, Jiang W, et al. Chemical constituents from *Edgeworthia gardneri* Flos [J]. J Chin Med Mater (中药材), 2017, 40: 1618-1621.
- [6] Li M, Wu LL, Qin LL, et al. Research progress on medicinal effect of flower of *Edgeworthia gardneri* [J]. Chin J Exp Tradit Med Form (中国实验方剂学杂志), 2020, 26: 209-215.
- [7] Dong JL, Huang CQ, Huang W, et al. Chemical constituents from *Edgeworthia gardneri* and their antioxidant activities [J]. Chin Tradit Pat Med (中成药), 2019, 41: 1578-1582.
- [8] Zhang XY, Zhang ZY, He X, et al. Effect of Tibet Scindapsus extract on glucose and lipid metabolism STZ diabetic rats and diabetic nephropathy [J]. Tradit Chin Drug Res Clin Pharm (中药新药与临床药理), 2015, 31: 129-133.
- [9] Xu JP, Xu RS. Phenyl glycosides from *Curculigo orchiooides* [J]. Acta Pharm Sinica (药学报), 1992, 27: 353-357.
- [10] Junior P. Exaltoside and 7-epiexaltoside, two novel acylated secoiridoid glucosides from *Villarsia exaltata* [J]. Plant Med, 1991, 57: 181-183.
- [11] Hong XX, Luo JG, Kong LY. Two new chlorophenyl glycosides from the bulbs of *Lilium brownii* var. *viridulum* [J]. J Asian Nat Prod Res, 2012, 14: 769-775.
- [12] Bai HY, Hu LH. Study on the chemical constituents of *Daphniphyllum angustifolium* [J]. Helv Chim Acta, 2006, 89: 884-894.
- [13] Zheng LP, He ZG, Wu ZJ, et al. Chemical constituents from *Dendropanax dentiger* [J]. Chem Nat Comp, 2012, 48: 883-885.
- [14] Xiao HM, Zu LB, Li SP, et al. Chemical constituents from dried fruits of *Rubus chingii* [J]. Chin J Med Chem (中国药物化学杂志), 2011, 21: 220-226.
- [15] Kimiye B, Masahiko T, Yuko Y, et al. Coumarin glycosides from *Edgeworthia chrysantha* [J]. Phytochemistry, 1990, 29: 247-249.
- [16] Xu HJ, Liang YF, Cai ZY, et al. CuI-nanoparticles-catalyzed selective synthesis of phenols, anilines and thiophenols from aryl halides in aqueous solution [J]. J Org Chem, 2011, 76: 2296-2300.