

黄毛榕中具有 α -葡萄糖苷酶抑制活性化合物的研究

代德财*, 张笑笑, 徐晓娟, 李子昂, 董凌嫣, 陈青霞, 张蕊

海南科技职业大学化学与材料工程学院, 海口 571126

摘要:为研究黄毛榕中具有降糖活性的成分,综合运用硅胶柱色谱、ODS 柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱以及半制备高效液相色谱法从黄毛榕 95% 的乙醇浸提物中共分离得到 9 个化合物,并通过核磁共振(NMR)、高分辨质谱(HR-ESI-MS)等技术鉴定了这 9 个化合物的结构,分别为 *N*-阿魏烷基-*L*-脯氨酸甲酯(1)、*N*-反式-对香豆酰酪胺(2)、3',4',5'-三甲氧基肉桂醇(3)、Icariside H₁(4)、(-)-dendrolactone(5)、3-羟基-1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-1-丙酮(6)、反式阿魏酸(7)、4'-羟基-3',5'-二甲氧基肉桂醇(8)和对羟基反式肉桂酸(9),化合物 1 为新化合物,化合物 2~6 和 8 首次从黄毛榕中分离得到。 α -葡萄糖苷酶抑制活性测试结果表明得到的苯丙素类化合物 1~6 和 8 显示一定的 α -葡萄糖苷酶抑制活性,IC₅₀ 值范围为 76.25~263.18 μ mol/L。

关键词:黄毛榕;化学成分;苯丙素; α -葡萄糖苷酶

中图分类号:R284.2

文献标识码:A

文章编号:1001-6880(2024)9-1537-06

DOI:10.16333/j.1001-6880.2024.9.009

Study on the compounds with α -glucosidase inhibitory activity from leaves of *Ficus esquiroliana*

DAI De-cai*, ZHANG Xiao-xiao, XU Xiao-juan, LI Zi-ang, DONG Ling-yan, CHEN Qing-xia, ZHANG Rui

College of Chemistry and Materials Engineering, Hainan Vocational University of Science and Technology, Haikou 571126, China

Abstract: This study aims to investigate the chemical constituents from the leaves *Ficus esquiroliana* H. Lév., together with their α -glucosidase inhibitory activities. Nine compounds were isolated and purified from the 95% ethanol extract of the title plant by using systematic separation methods, including silica gel, ODS, Sephadex LH-20 column chromatography and semi-preparative liquid chromatography. Their structures were identified as *N*-*p*-feruloyl-L-proline methyl ester (1), *N*-*p*-coumaroyltyramine (2), 3',4',5'-trimethoxycinnamyl alcohol (3), Icariside H₁ (4), (-)-dendrolactone (5), 3-hydroxy-1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-1-propanone (6), *trans*-ferulic acid (7), sinapyl alcohol (8) and (*E*)-*p*-coumaric acid (9) by NMR and HR-ESI-MS. Compound 1 is a new compound, compounds 2-6 and 8 were isolated for the first time from the leaves of *F. esquiroliana*. Compounds 1-6 and 8 showed α -glucosidase inhibitory activities with IC₅₀ values of 76.25-263.18 μ mol/L.

Key words: *Ficus esquiroliana*; chemical constituents; phenylpropanoids; α -glucosidase

黄毛榕(*Ficus esquiroliana* H. Lév.)属于桑科榕属的小乔木植物,主要分布在中国西南部、越南及老挝等地^[1]。榕属约有 800 个种,其中大多具有药理活性,可用于治疗与消化、呼吸、内分泌以及生殖系统有关的疾病^[1,2]。在《新华本草纲要》中有记载“黄毛榕的根和皮有健脾益气、活血祛风之功效,可治疗气血虚弱、脱肛、子宫下垂和风湿麻痹等急症”^[3]。对于该植物的植物化学研究只有本课题组

成员在进行,为深入研究我国特有热带药用植物在预防和治疗各类重大疾病方面的巨大潜力,我们前期已对黄毛榕根茎的活性成分进行了研究。在对黄毛榕根茎的研究中我们发现了两个新的异黄酮以及一个新的苯丙素类衍生物^[4,5]。

本文继续对黄毛榕的叶子进行系统的活性成分研究,在对黄毛榕的叶子粗提物的活性筛选中发现其具有显著的降糖活性。因此本文对黄毛榕叶子中具有降糖活性的成分进行了追踪分离纯化以及鉴定。结合降糖活性并综合利用各种色谱分离技术,对黄毛榕叶的乙醇浸提物进行活性成分的分离鉴定。

收稿日期:2024-03-14 接受日期:2024-07-01

基金项目:国家级大学生创新训练项目(14172);海南省大学生创新训练项目(S202114172029)

*通信作者 E-mail:15120843678@163.com

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Bruker AV-400 型核磁共振仪(德国布鲁克公司);GAA076 LC 质谱仪(德国布鲁克公司);Agilent 1260 半制备型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司);旋光仪:JASCO P-1020(日本电子株式会社)。

硅胶(100~200目,200~300目)、ODS 硅胶(中国青岛海洋化工厂);Sephadex LH-20(中国圣一恒德(北京)科技有限公司);色谱纯乙腈、分析纯甲醇、分析纯乙酸乙酯、分析纯氯仿、分析纯石油醚以及分析纯乙醇均(中国西陇化工股份有限公司);Eclipse XDB-C₁₈ 半制备型色谱柱(250 mm × 9.4 mm, 5 μm)。

1.2 植物材料

植物材料于2021年8月采自海南省国家级自然保护区霸王岭,经海南科技职业大学化学与材料工程学院代德财教授将其鉴定为黄毛榕的枝叶,并制作了凭证标本(标本号:HMR20210803)。

1.3 实验方法

1.3.1 提取与分离

将15 kg 风干粉碎的黄毛榕枝叶用25 L 的95%乙醇在室温下浸泡5 d(每天搅拌6次),浸泡液用8层纱布过滤。相同条件重复浸泡4次,并合并所有的浸泡液,浸泡液在减压条件下50摄氏度浓缩得到乙醇的浸提物。黄毛榕乙醇浸提物(521 g)与等质量100~200目的硅胶进行混合并搅拌均匀,200~300目硅胶作为柱填料(16 000 g),以石油醚和乙酸乙酯混合溶剂作为洗脱剂并按100:0→0:100(V/V)极性增大的顺序进行梯度柱层析,洗脱液按1 L 一收集并减压浓缩。经薄层层析(TLC)检测后合并相似流分后得到八个组分 Fr. 1~Fr. 8(以香草醛浓硫酸显色剂进行显色)。对组分 Fr. 1~Fr. 8 进行α-葡萄糖苷酶抑制活性测试,结果表明组分 Fr. 4 和 Fr. 6 具有明显的α-葡萄糖苷酶抑制活性。因此,对 Fr. 4 和 Fr. 6 组分进行进一步研究。Fr. 4 (21.3 g)采用200~300目硅胶柱色谱分离,以石油醚和乙酸乙酯混合溶剂作为洗脱剂并按从5:1至1:2(V/V)极性增大的顺序进行柱层析,按照250 mL 收集流分,并经TLC检测后合并为5个小组分 Fr. 4.1~Fr. 4.5。组分 Fr. 4.2 进一步用Sephadex LH-20 凝胶柱除去色素,洗脱剂为氯仿和甲醇(1:1, V/V)的混合溶剂,除去色素后用半制备 HPLC 进行分离(洗脱剂为色谱乙腈和去离子水体积比为35:65,

流速为:2.5 mL/min)得到化合物 1(6.8 mg, t_R = 14.2 min)、2(5.7 mg, t_R = 18.7 min)与化合物 5(4.8 mg, t_R = 11.3 min);组分 Fr. 4.3 同样用 Sephadex LH-20 凝胶柱除去色素后,用半制备 HPLC 进一步分离(洗脱剂为色谱乙腈和去离子水体积比为30:70,流速为:2.5 mL/min)得到化合物 3(8.1 mg, t_R = 17.5 min)、化合物 6(9.5 mg, t_R = 12.6 min)和化合物 8(4.2 mg, t_R = 13.7 min)。组分 Fr. 4.4 用 ODS 柱除去色素后,进一步采用半制备 HPLC 进行纯化(洗脱剂为色谱乙腈和去离子水体积比为28:72,流速为:2.5 mL/min)得到化合物 7(11.2 mg, t_R = 15.2 min)与化合物 9(15.7 mg, t_R = 16.8 min)。组分 Fr. 6(4.5 g)以 ODS 柱进行分离(洗脱剂为甲醇和水的混合溶剂体积比为20:80, V/V)纯化后,进一步用半制备 HPLC 进行分离(洗脱剂为色谱乙腈和去离子水体积比为25:75,流速为:2.5 mL/min),并获得了化合物 4(6.6 mg, t_R = 14.3 min)。

1.3.2 α-葡萄糖苷酶活性测试

α-葡萄糖苷酶活性测定按照文献报道的对硝基苯-β-D-半乳糖苷(PNPG)法进行^[6],阿卡波糖用作阳性对照,PBS 缓冲液代替α-葡萄糖苷酶作为空白对照,每个实验分三组平行进行并重复三次。抑制率计算方法为:抑制率 = $[(OD_{\text{对照}} - OD_{\text{空白对照}}) - (OD_{\text{样品}} - OD_{\text{样品对照}})] / [(OD_{\text{对照}} - OD_{\text{空白对照}})] \times 100\%$ 。IC₅₀ 数据分析均采用 SPSS 统计分析软件进行分析计算。

2 结果

2.1 结构鉴定

化合物 1 白色粉末状物; $[\alpha]_D^{25} = -65.6$ (c 0.1, MeOH); HR-ESI-MS: m/z 290.139 6 [M-H]⁻ (计算值 C₁₆H₂₀NO₄, 290.139 8), 根据 HR-ESI-MS 确定其分子式为 C₁₆H₂₁NO₄。化合物 1 的¹H NMR 谱中有两个反式双键的质子信号 δ_H 6.58(1H, d, J = 16.0 Hz, H-3) 和 6.11(1H, dt, J = 16.0, 7.2 Hz, H-2), 一组1,3,4-三取代苯环上的芳香质子信号 δ_H 7.00(1H, d, J = 2.0 Hz, H-5) / 6.81(1H, dd, J = 8.0, 2.0 Hz, H-8) 和 6.72(1H, d, J = 8.0 Hz, H-9), 一个连氮次甲基氢信号 δ_H 3.50(1H, m, H-1'), 两组连氮亚甲基氢信号 3.72(1H, dd, J = 12.8, 7.2 Hz, H-1a) / 3.56(1H, dd, J = 12.8, 7.2 Hz, H-1b) / 3.41(1H, m, H-4'a) 和 2.80(1H, m, H-4'b), 两组亚甲基氢信号 δ_H 2.20(1H, m, H-2'a) / 1.90(1H, m, H-2'a) / 1.85(1H, m, H-3'a) 和 1.68(2H, m, H-3'b), 两

个甲氧基信号 δ_{H} 3.76 (3H, s, 6-OMe) 和 3.66 (3H, s, 5'-OMe); ^{13}C NMR 谱中有 16 个碳信号, 包括一个酯羰基碳信号 (δ_{C} 169.1), 8 个双键碳信号, 一个连氮次甲基碳信号 (δ_{C} 65.1), 两个连氮亚甲基碳信号 (δ_{C} 56.0 和 53.2), 两个亚甲基碳信号 (δ_{C} 30.2 和 23.5), 以及两个甲氧基碳信号 (δ_{C} 55.9 和 51.5) (见表 1)。化合物 **1** 的 ^1H - ^1H COSY 谱中 H-1 和 H-2、H-2 和 H-3、H-8 和 H-9 分别相关, 结合 HMBC 谱中 H-3 与 C-4/5/9、H-5/H-8/6-OMe 与 C-6 分别相关, 可以确定阿魏烷基片段的存在。 ^1H - ^1H COSY 谱中 H-1' 和 H-2'、H-2' 和 H-3'、H-3' 和 H-4' 分别相关, 结合 HMBC 谱中 H-1' 与 C-4'/5'、5'-OMe 与 C-5' 分别相关, 可以确定脯氨酸甲酯片段的存在 (见图 1)。这两个片段的连接方式是通过 HMBC 相关确认的, HMBC 谱中 H-1 与 C-1' 和 4' 相关说明这两个片段是通过 C-1 与氮原子直接连在一起的。由于化合物 **1** 与其类似的化合物 (*L*-脯氨酸: $[\alpha]_{\text{D}}^{25} = -85.2^{[4]}$, phenylana: $[\alpha]_{\text{D}}^{25} = -68.8^{[7]}$) 具有相似的旋光值, 因

表 1 化合物 **1** 的 ^1H NMR (400 MHz) 和 ^{13}C NMR (100 MHz) 数据 (DMSO- d_6)

Table 1 ^1H NMR (400 MHz) and ^{13}C NMR (100 MHz) data of compound **1** (DMSO- d_6)

位置 Position	1	
	δ_{H} (J in Hz)	δ_{C}
1	3.72 (dd, 12.8, 7.2, H-1a); 3.56 (dd, 12.8, 7.2, H-1b)	56.0
2	6.11 (dt, 16.0, 7.2)	118.5
3	6.58 (d, 16.0)	136.4
4	-	127.4
5	7.00 (d, 2.0)	109.2
6	-	148.0
7	-	147.4
8	6.72 (d, 8.0)	115.8
9	6.81 (dd, 8.0, 2.0)	120.4
1'	3.50 (m)	65.1
2'	2.20 (m, H-2'a); 1.90 (m, H-2'b)	30.2
3'	1.85 (m, H-3'a); 1.68 (m, H-3'b)	23.5
4'	3.41 (m, H-4'a); 2.80 (m, H-4'b)	53.2
5'	-	169.1
6-OMe	3.76 (s)	55.9
5'-OMe	3.66 (s)	51.5

此 **1** 的构型被确定为 $1'S$ 构型。化合物 **1** 的结构与课题组之前从黄毛榕茎中分离得到的 phenylana 结构极为相似, 只是化合物 **1** 中在 5' 多了一个甲氧基, 基于生源合成途径也可以推断该化合物具有 $1'S$ 构型。至此, 该化合物可以确定为一个新的苯丙素类化合物, 命名为 *N*-阿魏烷基-*L*-脯氨酸甲酯。目前从自然界发现的同时具有脯氨酸与苯丙素单元的化合物只有 *N*-阿魏烷基-*L*-脯氨酸甲酯和 phenylana。化合物 **1** 的原始鉴定图谱均可从本刊官网免费下载 (www.trew.ac.cn)。

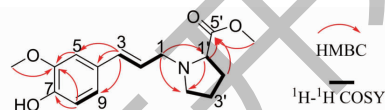


图 1 化合物 **1** 关键的 ^1H - ^1H COSY 和 HMBC 相关

Fig. 1 Key ^1H - ^1H COSY and HMBC corrections of compound **1**

化合物 **2** 无色针状晶体 (甲醇); ESI-MS: m/z 282.1 $[\text{M} - \text{H}]^-$; ^1H NMR (400 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.38 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-2, 6), 7.29 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-7), 7.01 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-2', 6'), 6.72 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-3', 5'), 6.38 (2H, d, $J = 8.0$ Hz, H-3, 5), 6.37 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8), 3.31 (2H, t, $J = 6.8$ Hz, H-8'), 2.64 (2H, t, $J = 6.8$ Hz, H-7'); ^{13}C NMR (100 MHz, DMSO- d_6) δ : 130.1 (C-1), 129.1 (C-2, 6), 116.0 (C-3, 5), 157.8 (C-4), 139.7 (C-7), 118.6 (C-8), 165.3 (C-9), 129.8 (C-1'), 129.3 (C-2', 6'), 115.3 (C-3', 5'), 155.9 (C-4'), 34.7 (C-7'), 40.8 (C-8')。该化合物的鉴定数据与文献^[8,9]结果基本一致, 故被鉴定为 *N*-反式-对香豆酰酪胺。

化合物 **3** 无色膏状物; ESI-MS: m/z 225.1 $[\text{M} + \text{H}]^+$; ^1H NMR (400 MHz, CDCl_3) δ : 6.63 (2H, s, H-2', 6'), 6.57 (1H, d, $J = 16$ Hz, H-3), 6.22 (1H, dt, $J = 16.0, 6.4$ Hz, H-2), 4.73 (2H, dd, $J = 6.8, 1.2$ Hz, H-1), 3.88 (3H, s, 3'-OMe), 3.88 (3H, s, 5'-OMe), 3.84 (3H, s, 4'-OMe); ^{13}C NMR (100 MHz, CDCl_3) δ : 65.4 (C-1), 122.8 (C-2), 134.5 (C-3), 132.2 (C-1'), 103.9 (C-2', 6'), 153.7 (C-3', 5'), 138.6 (C-4'), 56.2 (3', 5'-OMe), 61.3 (4'-OMe)。该化合物的鉴定数据与文献^[10,11]结果基本一致, 故被鉴定为 3', 4', 5'-三甲氧基肉桂醇。

化合物 **4** 无色膏状物; $[\alpha]_{\text{D}}^{25} = -32.5$ (c 0.1,

CH₃OH), ESI-MS: m/z 387.2 [M + H]⁺; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.75 (2H, s, H-2, 6), 6.65 (1H, d, J = 16.0 Hz, H-7), 6.33 (1H, dd, J = 16.0, 6.4 Hz, H-8), 4.53 (1H, dd, J = 13.6, 6.0 Hz, H-9a), 4.38 (1H, d, J = 7.6 Hz, H-1'), 4.33 (1H, dd, J = 13.6, 1.6 Hz, H-9b), 3.86 (6H, s, 3,5-OMe), 3.77 (3H, s, 4-OMe), 3.20 ~ 3.92 (6H, m, H-2' ~ 6'); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 134.5 (C-1), 105.1 (C-2, 6), 154.8 (C-3, 5), 138.9 (C-4), 133.6 (C-7), 126.6 (C-8), 70.6 (C-9), 103.4 (H-1'), 75.4 (H-2'), 78.3 (H-3'), 71.6 (H-4'), 78.1 (H-5'), 62.9 (H-6'), 56.1 (3,5-OMe), 61.2 (4-OMe)。该化合物的鉴定数据与文献^[11]结果基本一致,故被鉴定为 lcariside H₁。

化合物 5 白色粉末状物; $[\alpha]_D^{25}$ = -105 (c 0.2, MeOH), ESI-MS: m/z 279.1 [M - H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 6.58 (2H, s, H-8a, 8b), 4.59 (2H, d, J = 6.4 Hz, H-6), 4.51 (1H, dd, J = 10.0, 6.4 Hz, H-4 β), 4.39 (1H, dd, J = 9.2, 8.4 Hz, H-3 β), 4.34 (1H, dd, J = 10.0, 2.0 Hz, H-4 α), 4.20 (1H, dd, J = 9.2, 2.4 Hz, H-3 α), 3.91 (6H, s, 9a, 9b-OMe), 3.46 (1H, m, H-2), 3.11 (1H, m, H-5); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 178.3 (C-1), 46.2 (C-2), 70.2 (C-3), 69.8 (C-4), 48.6 (C-5), 86.5 (C-6), 130.0 (C-7), 103.0 (C-8a, 8b), 147.6 (C-9a, 9b), 135.1 (C-10), 56.6 (9a, 9b-OMe)。该化合物的鉴定数据与文献^[12]结果基本一致,故被鉴定为 (-)-dendrolactone。

化合物 6 无色膏状物; ESI-MS: m/z 227.1 [M + H]⁺; ¹H NMR (400 MHz, (CD₃)₂CO) δ : 7.33 (2H, s, H-2, 6), 3.90 (2H, br s, H-9), 3.88 (6H, s, 3, 5-OMe), 3.15 (2H, t, J = 6.4 Hz, H-8); ¹³C NMR (100 MHz, (CD₃)₂CO) δ : 129.0 (C-1), 106.7 (C-2, 6), 148.3 (C-3, 5), 141.8 (C-4), 198.1 (C-7), 41.5

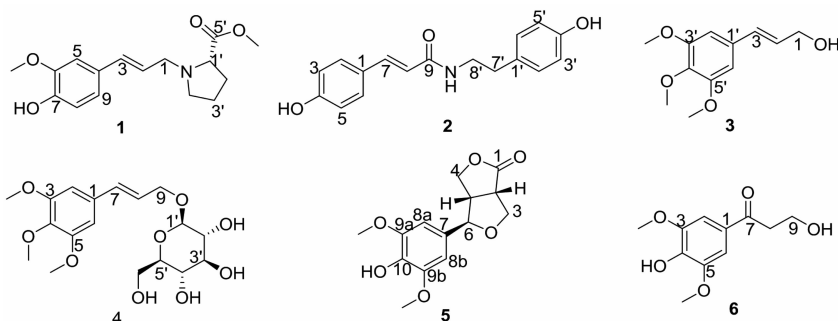
(C-8), 58.6 (C-9), 56.6 (3,5-OMe)。该化合物的鉴定数据与文献^[13,14]结果基本一致,故被鉴定为 3-羟基-1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-1-丙酮。

化合物 7 无色膏状物; ESI-MS: m/z 193.1 [M - H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 7.71 (1H, d, J = 15.6 Hz, H-3), 7.25 (1H, d, J = 2.0 Hz, H-5), 7.15 (1H, dd, J = 8.4, 2.0 Hz, H-9), 6.92 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-8), 6.41 (1H, d, J = 15.6 Hz, H-2), 3.96 (3H, s, 6-OMe); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 171.2 (C-1), 124.3 (C-2), 147.0 (C-3), 128.2 (C-4), 111.9 (C-5), 151.1 (C-6), 149.8 (C-7), 116.1 (C-8), 116.9 (C-9), 56.7 (6-OMe)。上述化合物 7 的数据与文献^[15,16]结果基本一致,故被鉴定为反式阿魏酸。

化合物 8 无色膏状物; ESI-MS: m/z 209.1 [M - H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CD₃OD) δ : 6.78 (2H, s, H-2, 6), 6.53 (1H, d, J = 15.6 Hz, H-7), 6.25 (1H, dd, J = 15.6, 6.4 Hz, H-8), 4.24 (2H, d, J = 6.4 Hz, H-9), 3.85 (6H, s, 3,5-OMe); ¹³C NMR (100 MHz, CD₃OD) δ : 138.5 (C-1), 106.2 (C-2, 6), 150.1 (C-3, 5), 130.4 (C-4), 133.2 (C-7), 127.5 (C-8), 64.4 (C-9), 56.5 (3,5-OMe)。该化合物的鉴定数据与文献^[17,18]结果基本一致,故被鉴定为 4'-羟基-3',5'-二甲氧基肉桂醇。

化合物 9 无色针晶 (甲醇); ESI-MS: m/z 163.0 [M - H]⁻; ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.53 (1H, d, J = 15.6 Hz, H-8), 7.38 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2, 6), 6.75 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-3, 5), 6.22 (1H, d, J = 15.6 Hz, H-7); ¹³C NMR (100 MHz, CDCl₃) δ : 127.3 (C-1), 130.9 (C-2, 6), 115.6 (C-3, 5), 160.6 (C-4), 146.6 (C-7), 116.7 (C-8), 171.2 (C-9)。该化合物的鉴定数据与文献^[19,20]结果一致,故被鉴定为对羟基反式肉桂酸。

化合物 1 ~ 9 的结构见图 2。



续图 2 (Continued Fig.2)

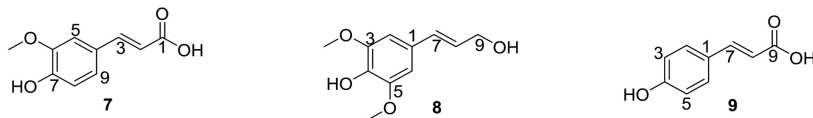


图2 从黄毛榕叶中分离的化合物1~9的结构

Fig. 2 Structures of compounds 1-9 from leaves of *F. equiroliana*

2.2 α -葡萄糖苷酶抑制活性

α -葡萄糖苷酶活性测定表明化合物1~6以及8显示一定的抑制活性,其 IC_{50} 范围为 76.25 ~ 263.18

$\mu\text{mol/L}$ (见表2),其中化合物1、4、5和6对 α -葡萄糖苷酶的抑制活性强于阳性对照阿卡波糖。

表2 化合物1~9的 α -葡萄糖苷酶抑制活性结果($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 2 α -Glucosidase inhibitory activity of compounds 1-9($\bar{x} \pm s, n=3$)

化合物 Compound	IC_{50} ($\mu\text{mol/L}$)	化合物 Compound	IC_{50} ($\mu\text{mol/L}$)
1	168.36 \pm 1.25	6	154.73 \pm 1.99
2	216.84 \pm 2.27	7	> 600
3	255.35 \pm 1.56	8	358.24 \pm 3.37
4	106.79 \pm 0.98	9	> 600
5	76.25 \pm 1.19	阿卡波糖 Acarbose	187.23 \pm 3.12

3 讨论与结论

本研究从黄毛榕叶子中分离鉴定了9个苯丙素类化合物,包括1个新化合物和8个已知化合物,化合物2~6和8首次从黄毛榕中分离得到。化合物1是一个罕见的具有脯氨酸甲酯单元的苯丙素,该类天然产物也是首次从黄毛榕茎中发现,目前报道的天然产物中仅有2个这类骨架的化合物。体外 α -葡萄糖苷酶抑制活性实验结果表明1~6和8具有一定的抑制活性,其 IC_{50} 范围为 76.25 ~ 263.18 $\mu\text{mol/L}$,其中苯丙素类化合物1、4、5和6显示显著的 α -葡萄糖苷酶抑制活性, IC_{50} 值均强于阳性对照。黄毛榕中主要以多酚类化合物为主,其中叶子中含苯丙素类成分较多,根中含黄酮比较多。本研究阐明了黄毛榕叶中具有 α -葡萄糖苷酶抑制活性的主要成分,为其药用提供了一定的科学依据。

参考文献

- Olaoluwa A, Taiwo O, Nahar L, et al. Ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities of selected African species of the genus *Ficus*[J]. Trends Phytochem Res, 2022, 6:46-69.
- Badgujar SB, Patel VV, Bandivdekar AH, et al. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of *Ficus carica*: a review[J]. Pharm Biol, 2014, 52:1487-1503.

- Institute of Botany Jiangsu Province. Xinhua Outline of Materia Medica: Vol II (新华本草纲要:第二册)[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing, 1991:16.
- Dai DC, Xu XF, Yan H, et al. Phenylpropanoid derivatives from *Ficus esquiroliana* and their chemotaxonomic significance[J]. Biochem Syst Ecol, 2022, 105:104509.
- Dai DC, Xu XF, Yan H, et al. Two novel isoflavone derivatives from *Ficus esquiroliana* Levl. and their cytotoxic effects on cancer cells[J]. Phytochem Lett, 2022, 52:45-48.
- Ma K, Han JJ, Bao L, et al. Two Sarcoviolins with antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity from the edible mushroom *Sarcodon leucopus* collected in Tibet[J]. J Nat Prod, 2014, 77:942-947.
- Babidge PJ, Massy-Westropp RA, Pyne SG, et al. The synthesis and stereochemistry of odorine[J]. Aust J Chem, 1980, 33:1841-1845.
- Victor GC, Maria YR. ^1H and ^{13}C NMR data, occurrence, biosynthesis, and biological activity of *Piper amides* [J]. Magn Reson Chem, 2019, 57:994-1070.
- Li XB, Chen GY, Shao TM, et al. Alkaloids from the Roots of *Polyalthia laui*[J]. J Chin Med Mater (中药材), 2017, 40:2069-2072.
- Mohammad I, Waterman PG, Thomas DW. Chemistry in the Annonaceae, XVII. Phenylpropenes from *Uvariadendron conivens* Seeds[J]. J Nat Prod, 1985, 48:328-329.