

角果藜地上部分甲醇提取物的化学成分

杨鑫, 刘紫凡, 阿依夏·吾木特尔, 安学瑞, 俞泽楠, 刘伟^①

(伊犁师范大学化学化工学院 新疆生物质资源清洁转化与高值利用重点实验室, 新疆 伊宁 835000)

摘要: 从角果藜 (*Ceratocarpus arenarius* Linn.) 地上部分甲醇提取物中分离并鉴定出 9 个化合物, 分别为 threo-3,3'-dimethoxy-4,8'-oxyneoligna-9,4',7',9'-tetraol-7(8)-ene (I)、threo-guaiacylglycerol- β -O-4'-conifery ether (II)、(-)-(7R,8S,7'E)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8,4'-oxolane-7'E-9-O- β -D-glucopyranoside (III)、(-)-(7S,8S,7'E)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8,4'-oxolane-7'E-9-O- β -D-glucopyranoside (IV)、isorhamnetin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranosyl-7-O- β -D-glucopyranoside (V)、isorhamnetin 3-O- β -D-rutinoside (VI)、quercetin 3-O- α -L-rhamnopyranoside (VII)、kaempferol 3-O- α -L-rhamnopyranoside (VIII)、*p*-coumaric acid (IX), 包括 4 个木脂素类 (化合物 I ~ IV)、4 个黄酮类 (化合物 V ~ VIII) 和 1 个苯丙素类 (化合物 IX)。所有化合物均首次从角果藜中分离得到。

关键词: 角果藜; 甲醇提取物; 化学成分; 木脂素

中图分类号: Q946.8; R284.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2025)02-0112-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2025.02.14

Chemical constituents of methanol extract from above-ground part of *Ceratocarpus arenarius* YANG Xin, LIU Zifan, Ayisha WUMUTEE, AN Xuerui, YU Zenan, LIU Wei^① (Xinjiang Key Laboratory of Clean Conversion and High Value Utilization of Biomass Resources, School of Chemistry and Chemical Engineering, Yili Normal University, Yining 835000, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2025, 34(2): 112-114, 118

Abstract: Nine compounds were isolated and identified from the methanol extract from above-ground part of *Ceratocarpus arenarius* Linn., viz. threo-3,3'-dimethoxy-4,8'-oxyneoligna-9,4',7',9'-tetraol-7(8)-ene (I), threo-guaiacylglycerol- β -O-4'-conifery ether (II), (-)-(7R,8S,7'E)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8,4'-oxolane-7'E-9-O- β -D-glucopyranoside (III), (-)-(7S,8S,7'E)-4,7,9,9'-tetrahydroxy-3,3'-dimethoxy-8,4'-oxolane-7'E-9-O- β -D-glucopyranoside (IV), isorhamnetin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranosyl-7-O- β -D-glucopyranoside (V), isorhamnetin 3-O- β -D-rutinoside (VI), quercetin 3-O- α -L-rhamnopyranoside (VII), kaempferol 3-O- α -L-rhamnopyranoside (VIII), and *p*-coumaric acid (IX), including four lignans (compounds I-IV), four flavonoids (compounds V-VIII), one phenylpropanoids (compound IX). All compounds were isolated from *C. arenarius* for the first time.

Key words: *Ceratocarpus arenarius* Linn.; methanol extract; chemical constituent; lignan

角果藜 (*Ceratocarpus arenarius* Linn.) 为一年生草本植物, 隶属于藜科 (Chenopodiaceae) 角果藜属 (*Caratocarpus* Linn.), 主要分布在亚洲中部地区的荒漠中, 在中国主要生长在新疆北部, 为新疆特有野生植物资源^[1]。角果藜雌雄同株, 花单性, 具有地上地下结果特性, 果实为胞果, 地上果实数量较多, 呈倒三角形, 地下果实仅 2 个, 呈倒卵形^[2]。角果藜抗逆性强, 生态学效应显著, 是盐碱化和荒漠化土壤中的先行植物, 为哈萨克族民间常用药用植物, 用于治疗肺癌^[3]。角果藜化学成分复杂多样, 主要含有甾体类、黄酮类、生物碱类、三萜类等化合物, 具有抗氧化、抗癌、抗炎、抗菌等活性^[4]。为进一步丰富角果藜的化学成分, 本研究对角果藜地上部分甲醇提取

物的化学成分进行了分离和鉴定, 以期合理开发利用这一药用植物资源提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

角果藜地上部分于 2022 年 9 月采自新疆塔城地区裕民县江格斯乡, 由伊犁师范大学生物科学与技术学院杨晓绒教授鉴定, 凭证标本 (HX-JGL-220925) 存放于伊犁师范大学天然产物化学与应用重点实验室。将角果藜地上部分阴干后粉碎为粗粉, 备用。

收稿日期: 2024-06-03

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82060774); 新疆生物质资源清洁转化与高值利用重点实验室开放课题 (XJSWZ202415); 伊犁师范大学研究生创新项目 (YS2023G009)

作者简介: 杨鑫 (1997—), 男, 四川雅安人, 硕士研究生, 主要从事天然产物化学研究。

^①通信作者 E-mail: ucasliuwei@126.com

引用格式: 杨鑫, 刘紫凡, 阿依夏·吾木特尔, 等. 角果藜地上部分甲醇提取物的化学成分[J]. 植物资源与环境学报, 2025, 34(2): 112-114, 118.

1.2 主要仪器和试剂

实验用主要仪器为 Primaide 半制备型高效液相色谱仪(日立高新技术公司), Hei-VAP Precision 旋转蒸发仪(德国 Heidolph 科学仪器有限公司), Varian 400, 600 MHz 核磁共振仪(美国瓦里安公司); 实验用主要耗材为 MCI gel CHP 20P 柱填料(75~150 μm)(日本三菱化学公司)、ODS 柱填料(40~63 μm)(日本 FUJI 公司)、Sephadex LH-20 柱填料(20~100 μm)(瑞典 Ge Healthcare Bio Sciences 公司)、GF254 薄层用硅胶板和 300~400 目硅胶(青岛海洋化工有限公司)、YMC-Pack ODS-A C_{18} 分析型色谱柱(250 mm \times 4.6 mm, 5 μm)(日本 YMC 公司)、YMC-Pack ODS-A C_{18} 半制备型色谱柱(250 mm \times 10 mm, 5 μm)(日本 YMC 公司); 分析级甲醇、乙醇和二氯甲烷购自天津市鑫铂特化工有限公司, 色谱级甲醇和乙腈产自美国 Sigma-Aldrich 公司, 纯度 99.8% 的氘代甲醇和氘代 DMSO- d_6 产自上海 Adamas 公司。

1.3 方法

取 6.2 kg 角果藜地上部分粗粉, 用 16 L 甲醇在室温下浸提 3 次, 每次 7 d, 提取液减压浓缩后得到浸膏 494.8 g。取 490.0 g 浸膏, 经 AB-8 型大孔树脂柱层析(用体积分数 10%~60% 的乙醇溶液作为流动相进行梯度洗脱)得到 Fr.A 至 Fr.E。Fr.A(19.0 g)经硅胶柱层析(用体积比 1:0, 4:1, 3:2, 2:3, 1:4, 0:1 的二氯甲烷-甲醇溶液依次进行梯度洗脱)得到 Fr.A1 至 Fr.A8。Fr.A3(82.6 mg)经 Sephadex LH-20 凝胶柱层析(流动相为体积分数 100% 甲醇)得到 Fr.A3c1 至 Fr.A3c6。Fr.A3c1(20.1 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为体积分数 20% 乙腈溶液)纯化得到化合物 1(11.3 mg)。Fr.A3c2(33.8 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为体积分数 33%~100% 甲醇溶液)纯化得到化合物 2(9.0 mg)。Fr.A3c5(42.5 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为体积分数 40% 甲醇溶液)纯化得到化合物 9(10.1 mg)。Fr.A8(4.2 g)经 MCI 柱层析(流动相为体积分数 20%~100% 甲醇溶液)得到 Fr.A8a 至 Fr.A8e。Fr.A8c(1.2 g)经 ODS 柱层析(流动相为体积分数 10%~100% 甲醇溶液)得到 Fr.A8c1 和 Fr.A8c4。Fr.A8c3(348.0 mg)经 Sephadex LH-20 凝胶柱层析(流动相为体积分数 100% 甲醇)得到 Fr.A8c3 α 和 Fr.A8c3 β 。Fr.A8c3 β (171.0 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为 30% 甲醇溶液)纯化得到化合物 5(12.3 mg)和化合物 6(9.2 mg)。Fr.A4(1.3 g)经 MCI 柱层析(流动相为体积分数 20%~100% 甲醇溶液)得到 Fr.A4a 至 Fr.A4e。Fr.A4b(202 mg)经 ODS 柱层析(流动相为体积分数为 25%~100% 甲醇溶液)得到 Fr.A4b1 至 Fr.A4b3。Fr.A4b1(90.2 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为体积分数 35% 甲醇溶液)纯化得到化合物 7(13.5 mg)和化合物 8(15.7 mg)。Fr.A4d(452.0 mg)经 Sephadex LH-20 凝胶柱层析(流动相为体积分数 100% 甲醇)得到 Fr.A4d1 至 Fr.A4d2。Fr.A4d1(348.0 mg)经 ODS 柱层析(流动相为体积分数为 15%~100% 甲醇溶液)得到 Fr.A4d1 α 和 Fr.A4d1 β 。Fr.A4d1 α

(132 mg)经半制备型高效液相色谱(流动相为体积分数 25% 甲醇溶液)纯化得到化合物 3(44.0 mg)和化合物 4(27.0 mg)。

2 结果和分析

化合物 I 黄色固体, 分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_7$, ESI-MS m/z : 377.0[$\text{M}+\text{H}$] $^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD) δ_{H} : 7.02(1H, s, H-2), 6.99(1H, s, H-2'), 6.86(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-6), 6.83(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-6'), 6.75(1H, d, $J=8.0$ Hz, H-5), 6.73(1H, s, H-5'), 6.52(1H, s, H-7), 6.25(1H, dt, $J=15.0, 5.3$ Hz, H-8), 4.37(1H, d, $J=5.4$ Hz, H-7'), 4.18(1H, m, H-8'), 3.85(4H, m, $\text{H}_2-9, \text{H}_2-9'$), 3.77(3H, s, 3-OCH $_3$), 3.72(3H, s, 3'-OCH $_3$); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD) δ_{C} : 151.9(C-3), 148.6(C-3'), 148.7(C-4), 147.0(C-4'), 134.1(C-1'), 133.0(C-1), 131.4(C-8), 128.5(C-7), 121.0(C-6), 120.6(C-6'), 118.9(C-5), 115.6(C-5'), 111.9(C-2), 111.4(C-2'), 86.2(C-8'), 74.1(C-7'), 63.7(C-9), 62.2(C-9'), 56.5(3-OMe), 56.3(3'-OMe)。以上数据与文献[5]报道数据基本一致, 故鉴定化合物 1 为 threo-3, 3'-dimethoxy-4, 8'-oxyneolign-9, 4', 7', 9'-tetraol-7(8)-ene。

化合物 II 白色固体, 分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_7$, ESI-MS m/z : 377.3[$\text{M}+\text{H}$] $^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CD_3OD) δ_{H} : 7.02(1H, d, $J=2.4$ Hz, H-2), 7.00(1H, d, $J=2.4$ Hz, H-2'), 6.98(1H, d, $J=11.0$ Hz, H-5'), 6.91(1H, dd, $J=11.0, 2.5$ Hz, H-6'), 6.85(1H, dd, $J=10.7, 2.4$ Hz, H-6), 6.74(1H, s, H-5), 6.51(1H, s, H-7'), 6.25(1H, dt, $J=21.0, 7.6$ Hz, H-8'), 4.88(1H, d, $J=8.4$ Hz, H-7), 4.28(1H, m, H-8), 4.19(1H, dd, $J=7.6, 2.7$ Hz, H-9'), 3.87(3H, s, 3'-OMe), 3.81(3H, s, 3-OMe), 3.72(1H, dd, $J=15.8, 6.7$ Hz, H-9a), 3.45(1H, dd, $J=15.8, 7.2$ Hz, H-9b); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CD_3OD) δ_{C} : 151.7(C-3'), 149.2(C-4'), 148.8(C-3), 147.2(C-4), 133.8(C-1), 133.1(C-1'), 131.4(C-7'), 128.6(C-8'), 120.8(C-6), 120.7(C-6'), 118.9(C-5'), 115.9(C-5), 111.8(C-2), 111.3(C-2'), 87.1(C-8), 74.0(C-7), 63.7(C-9'), 62.0(C-9), 56.8(3'-OMe), 56.4(3-OMe)。以上数据与文献[6]报道数据基本一致, 故鉴定化合物 2 为 threo-guaiacylglycerol- β -O-4'-conifery ether。

化合物 III 白色固体, 分子式为 $\text{C}_{26}\text{H}_{34}\text{O}_{12}$, ESI-MS m/z : 539.1[$\text{M}+\text{H}$] $^+$ 。 $^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ_{H} : 7.00(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-2'), 6.98(1H, d, $J=2.1$ Hz, H-2), 6.91(1H, d, $J=10.6$ Hz, H-5'), 6.86(1H, dd, $J=10.6, 2.0$ Hz, H-6'), 6.77(1H, dd, $J=9.8, 2.1$ Hz, H-6), 6.66(1H, d, $J=9.8$ Hz, H-5), 6.55(1H, d, $J=3.5$ Hz, H-7'), 6.51(1H, ddd, $J=19.8, 7.6, 7.3$ Hz, H-8'), 4.70(H, s, H-7), 4.40(1H, dd, $J=2.9$ Hz, H-9b), 4.21(1H, d, $J=9.8$ Hz, glc-1-H), 4.19(1H, dd, $J=1.3$ Hz, H-9a), 3.72(3H, s, 3'-OCH $_3$), 3.60(2H, s, H_2-9'); $^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, $\text{DMSO-}d_6$) δ_{C} : 150.3(C-2'), 148.5(C-4'), 147.6

(C-3), 146.1 (C-4), 133.8 (C-1), 132.1 (C-7'), 130.2 (C-1'), 124.6 (C-8'), 120.0 (C-6), 116.0 (C-6'), 115.2 (C-5'), 114.6 (C-5), 112.1 (C-2), 110.6 (C-2'), 102.7 (1-glc), 84.3 (C-8), 77.6 (5-glc), 77.4 (3-glc), 74.1 (2-glc), 72.2 (C-7), 70.7 (4-glc), 69.4 (C-9'), 61.7 (6-glc), 60.7 (C-9), 56.3 (3'-OCH₃), 56.2 (3-OCH₃)。以上数据与文献[7]报道数据基本一致,故鉴定化合物3为(-)-(7*R*, 8*S*, 7'*E*)-4, 7, 9, 9'-tetrahydroxy-3, 3'-dimethoxy-8, 4'-oxolane-7'*E*-9-*O*-β-*D*-glucopyranoside。

化合物IV 白色固体,分子式为C₂₆H₃₄O₁₂,ESI-MS *m/z*: 539.1[M+H]⁺。¹H-NMR(400 MHz, DMSO-*d*₆)δ_H: 7.05(1H, d, *J*=1.5 Hz, H-2'), 6.99(1H, d, *J*=10.3 Hz, H-5'), 6.96(1H, s, H-2), 6.89(1H, d, *J*=4.1 Hz, H-6'), 6.76(1H, dd, *J*=10.1, 1.5 Hz, H-6), 6.68(1H, d, *J*=10.1 Hz, H-5), 6.57(1H, d, *J*=8.2 Hz, H-7'), 6.26(1H, ddd, *J*=19.9, 7.6, 7.0 Hz, H-8'), 4.72(1H, s, H-7), 4.41(1H, dd, *J*=6.6 Hz, H-9'b), 4.21(1H, d, *J*=9.8 Hz, glc-H-1), 4.19(1H, dd, *J*=3.1 Hz, H-9'a), 3.72(3H, s, 3'-OCH₃), 3.68(1H, d, *J*=5.6 Hz, glc-H-6); ¹³C-NMR(100 MHz, DMSO-*d*₆)δ_C: 149.0(C-3'), 147.5(C-4'), 146.4(C-3), 144.9(C-4), 132.3(C-1), 130.8(C-7'), 129.0(C-1'), 123.5(C-8'), 118.8(C-6), 118.4(C-6'), 115.7(C-5'), 114.6(C-5), 110.4(C-2), 109.0(C-2'), 101.5(1-glc), 83.5(C-8), 76.3(3-glc), 76.0(5-glc), 73.0(2-glc), 70.2(4-glc), 69.5(C-7), 68.2(C-9'), 60.5(C-9), 59.4(6-glc), 55.1(3'-OCH₃), 55.0(3-OCH₃)。以上数据与文献[8]报道数据基本一致,故鉴定化合物4为(-)-(7*S*, 8*S*, 7'*E*)-4, 7, 9, 9'-tetrahydroxy-3, 3'-dimethoxy-8, 4'-oxolane-7'*E*-9-*O*-β-*D*-glucopyranoside。

化合物V 黄色固体,分子式为C₃₃H₄₂O₂₁,ESI-MS *m/z*: 757.1[M+H]⁺。¹H-NMR(400 MHz, DMSO-*d*₆)δ_H: 7.85(1H, d, *J*=1.9 Hz, H-2'), 7.57(1H, dd, *J*=1.8 Hz, H-6'), 6.94(1H, d, *J*=8.4 Hz, H-5'), 6.78(1H, d, *J*=1.9 Hz, H-8), 6.45(1H, d, *J*=2.0 Hz, H-6), 5.46(1H, d, *J*=7.3 Hz, H-1'), 5.08(1H, d, *J*=7.4 Hz, H-1'''), 4.42(1H, d, *J*=0.9 Hz, H-1'''), 3.85(3H, s, OCH₃), 0.99(1H, d, *J*=6.2 Hz, H-6'''); ¹³C-NMR(100 MHz, DMSO-*d*₆)δ_C: 177.8(C-4), 163.2(C-7), 160.8(C-5), 157.4(C-9), 156.4(C-2), 150.6(C-3'), 147.0(C-4'), 133.6(C-3), 122.9(C-6'), 120.9(C-1'), 115.7(C-5'), 113.6(C-2'), 106.0(C-10), 101.1(C-1''), 100.8(C-1'''), 100.3(C-6), 99.9(C-1'''), 95.1(C-8), 77.2(C-5'''), 76.5(C-5''), 76.3(C-3''), 75.9(C-3'''), 74.3(C-2''), 73.1(C-2'''), 71.8(C-4'''), 70.5(C-3'''), 70.3(C-2'''), 70.1(C-4''), 69.6(C-4'''), 68.2(C-5''), 66.8(C-6''), 60.6(C-6'''), 17.8(C-6''')。以上数据与文献[9]报道数据基本一致,故鉴定化合物5为isorhamnetin 3-*O*-α-*L*-rhamnopyranosyl(1→6)-β-*D*-gluco-pyranosyl-7-*O*-β-*D*-glucopyranoside。

化合物VI 黄色固体,分子式为C₂₈H₂₂O₁₂,ESI-MS *m/z*:

625.2[M+H]⁺。¹H-NMR(600 MHz, DMSO-*d*₆)δ_H: 12.50(1H, s, OH-5), 7.86(1H, d, *J*=4.0 Hz, H-2'), 7.56(1H, dd, *J*=16.8, 4.0 Hz, H-6'), 6.93(1H, d, *J*=16.8 Hz, H-5'), 6.41(1H, d, *J*=3.6 Hz, H-8), 5.92(1H, d, *J*=3.8 Hz, H-6), 5.45(1H, d, *J*=14.6 Hz, glc-H-1), 4.42(1H, d, *J*=10.8 Hz, rha-H-1), 3.83(3H, s, 3'-OCH₃), 0.98(1H, d, *J*=11.2 Hz, rha-H-6); ¹³C-NMR(150 MHz, DMSO-*d*₆)δ_C: 177.4(C-4), 166.0(C-7), 162.8(C-5), 156.7(C-2), 156.4(C-9), 149.5(C-3'), 147.0(C-4'), 133.2(C-3), 122.4(C-6'), 121.2(C-1'), 115.3(C-5'), 113.3(C-2'), 103.4(C-10), 101.0(1-glc), 100.8(1-rha), 99.8(C-6), 94.2(C-8), 77.1(3-glc), 76.4(5-glc), 74.2(2-glc), 73.1(4-rha), 71.2(4-glc), 70.5(3-rha), 70.2(2-rha), 68.5(5-rha), 66.7(6-glc), 55.6(3-OCH₃), 17.7(6-rha)。以上数据与文献[10]报道数据基本一致,故鉴定化合物6为isorhamnetin 3-*O*-β-*D*-rutinoside。

化合物VII 黄色固体,分子式为C₂₁H₂₀O₁₀,ESI-MS *m/z*: 433.3[M+H]⁺。¹H-NMR(400 MHz, CD₃OD)δ_H: 7.35(1H, d, *J*=8.1 Hz, H-2'), 7.33(1H, dd, *J*=6.6, 1.7 Hz, H-6'), 6.83(1H, d, *J*=8.3 Hz, H-5'), 6.20(1H, s, H-6), 5.54(1H, s, H-1''), 4.00(1H, s, H-2''), 3.73(1H, d, *J*=8.1 Hz, H-3''), 3.41(1H, m, H-5''), 0.92(1H, d, *J*=7.5 Hz, H-6''); ¹³C-NMR(100 MHz, CD₃OD)δ_C: 178.2(C-4), 164.4(C-7), 161.7(C-5), 157.9(C-9), 157.0(C-2), 148.3(C-4'), 144.9(C-3'), 134.8(C-3), 121.6(C-1'), 121.5(C-6'), 115.6(C-5'), 115.0(C-2'), 104.5(C-10), 102.1(C-1''), 98.4(C-6), 93.3(C-8), 71.9(C-4''), 70.7(C-3''), 70.6(C-2''), 70.5(C-5''), 16.2(C-6'')。以上数据与文献[11]报道数据基本一致,故鉴定化合物7为quercetin 3-*O*-α-*L*-rhamnopyranoside。

化合物VIII 黄色固体,分子式为C₂₁H₂₀O₁₁,ESI-MS *m/z*: 449.1[M+H]⁺。¹H-NMR(400 MHz, CD₃OD)δ_H: 7.75(2H, d, *J*=7.2 Hz, H-2', 6'), 6.92(2H, d, *J*=7.5 Hz, H-3', 5'), 6.36(1H, s, H-8), 6.18(1H, s, H-6), 5.36(1H, s, H-1''), 4.20(1H, s, H-2''), 3.70(1H, s, H-3''), 3.33(1H, ddd, *J*=19.9, 7.6, 7.0 Hz, H-4''), 0.90(1H, s, H-6''); ¹³C-NMR(100 MHz, CD₃OD)δ_C: 178.2(C-4), 164.4(C-7), 161.8(C-5), 160.1(C-9), 157.9(C-4'), 157.1(C-2), 134.8(C-3), 130.4(C-2', 6'), 121.2(C-1'), 115.1(C-3', 5'), 104.5(C-10), 102.1(C-1''), 98.4(C-6), 93.3(C-8), 71.7(C-4''), 70.7(C-3''), 70.6(C-2''), 70.5(C-5''), 16.2(C-6'')。以上数据与文献[12]报道数据基本一致,故鉴定化合物8为kaempferol 3-*O*-α-*L*-rhamnopyranoside。

化合物IX 白色固体,分子式为C₉H₈O₃,ESI-MS *m/z*: 163.3[M+H]⁺。¹H-NMR(400 MHz, CD₃OD)δ_H: 7.60(1H, d, *J*=15.9 Hz, H-4), 7.40(2H, d, *J*=8.6 Hz, H-2, 6), 6.76(2H, d, *J*=8.6 Hz, H-3, 5), 6.27(1H, d, *J*=15.9 Hz, H-1); ¹³C-NMR(100 MHz, CD₃OD)δ_C: 171.3(C-9), 161.1(C-4), 146.6(C-8),

(下转第118页 Continued on page 118)

- [7] JING S S, QU Z, ZHAO C C, et al. Dihydroisocoumarins and dihydroisoflavones from the rhizomes of *Dioscorea colletii* with cytotoxic activity and structural revision of 2,2'-oxybis(1,4-di-tert-butylbenzene)[J]. *Molecules*, 2021, 26(17): 5381.
- [8] AWAD N E. Bioactive brominated diterpenes from the marine red alga *Jania rubens* (L.) Lamx[J]. *Phytotherapy Research*, 2004, 18(4): 275-279.
- [9] MAGNUSSON C D, HARALDSSON G G. Activation of *n*-3 polyunsaturated fatty acids as oxime esters: a novel approach for their exclusive incorporation into the primary alcoholic positions of the glycerol moiety by lipase [J]. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2012, 165(7): 712-720.
- [10] YOO Y C, SHIN B H, HONG J H, et al. Isolation of fatty acids with anticancer activity from *Protoetia brevitarsis* Larva [J]. *Archives of Pharmacal Research*, 2007, 30(3): 361-365.
- [11] 屈慧, 杨志学. 马蹄莲中烷烃的分离与结构鉴定[J]. *中国药师*, 2009, 12(10): 1361-1362.
- [12] LI Z J, FAN F, YAN X N, et al. Isolation, separation, and structural elucidation of secondary metabolites of *Pinus pumila*[J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2020, 56(6): 1128-1131.
- [13] KIRKHAM J E D, COURTNEY T D L, LEE V, et al. Asymmetric synthesis of cytotoxic sponge metabolites *R*-strongylodiols A and B and an analogue[J]. *Tetrahedron*, 2005, 61(30): 7219-7232.
- [14] 豆晴楠, 赵丽丽, 姬汉轩, 等. 纳米塑料-重金属-塑化剂联合暴露对儿童肠道微生物菌群及代谢的影响[J]. *河南师范大学学报(自然科学版)*, 2024, 52(3): 33-43.
- [15] 赵建军, 李战国, 丁茜, 等. 大发表的化学成分研究[J]. *中草药*, 2024, 55(7): 2152-2159.
- [16] 周有文, 黄晟鸿, 王峰, 等. 龙胆叶的化学成分、药理活性及质量分析研究进展[J]. *武汉大学学报(理学版)*, 2024, 70(2): 201-212.
- [17] 李小万, 李洁琼, 王佳辉, 等. 天山假狼毒花的化学成分研究[J]. *西北药学杂志*, 2024, 39(2): 6-9.
- [18] 吕黎明, 张来宾, 吕洁丽. 茯苓的化学成分、药理作用及临床应用[J]. *滨州医学院学报*, 2024, 47(1): 61-67.
- [19] 刘思依, 张坤, 王小莺, 等. 基于网络药理学和分子对接探究凤尾草治疗炎症性肠病的作用机制[J]. *江西农业大学学报*, 2024, 46(3): 701-712.

(责任编辑: 吴芯夷)

(上接第114页 Continued from page 114)

127.3(C-1), 116.8(C-2,6), 116.0(C-7), 31.0(C-3,5)。以上数据与文献[13]报道数据基本一致,故鉴定化合物9为 *p*-coumaric acid。

本研究从角果藜地上部分分离到9个化合物,包括4个木脂素类(化合物1~4)、4个黄酮类(化合物5~8)和1个苯丙素类(化合物9),均首次从角果藜中分离得到。值得注意的是,木脂素为植物体内的一类雌激素,可以通过抑制集落形成、细胞增殖,诱导细胞凋亡等方式发挥抗癌活性^[14],因此,角果藜中木脂素的发现可为该化合物临床治疗肺癌提供理论参考。

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: 第二十五卷第二分册[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 47.
- [2] 王喜勇, 高蕊, 周晓青, 等. 角果藜的结实格局及地下散布单位的入土机制[J]. *草业学报*, 2014, 23(2): 352-357.
- [3] 周琴, 贾新岳, 潘兰, 等. 哈萨克族民间药用角果藜化学成分初步研究[J]. *新疆农业科学*, 2012, 49(5): 891-894.
- [4] 李丽. 角果藜(*Ceratocarpus arenarius* L.)化学成分及其功能化研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2022: 1-7.
- [5] WANG L Q, ZHAO Y X, ZHOU L. Lignans from *Gnetum montanum* Markgr. f. *megalocarpua* [J]. *Chemistry of Natural Compounds*, 2009, 45(3): 424-426.
- [6] MATSUTOMO T, STARK T D, HOFMANN T. *In vitro* activity-guided identification of antioxidants in aged garlic extract [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2013, 61(12): 3059-3067.
- [7] MORIKAWA T, MATSUDA H, NISHIDA N, et al. Structures of new aromatics glycosides from a Japanese folk medicine, the roots of *Angelica furcijuga* [J]. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 2004, 52(11): 1387-1390.
- [8] 杨桢楠, 黄小英, 王尉, 等. 牛蒡子中一个新木脂素类化合物[J]. *药学学报*, 2017, 52(5): 779-784.
- [9] QIN Y, WEN Q, CAO J, et al. Flavonol glycosides and other phenolic compounds from *Viola tianshanica* and their anti-complement activities[J]. *Pharmaceutical Biology*, 2016, 54(7): 1140-1147.
- [10] WANG J, LOU J, LUO C, et al. Phenolic compounds from *Halimodendron halodendron* (Pall.) Voss and their antimicrobial and antioxidant activities [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(9): 11349-11364.
- [11] 谭莉, 张秀凤, 刘扬, 等. 细梗胡枝子全草中5种黄酮化合物的结构解析[J]. *中草药*, 2008, 39(2): 189-191.
- [12] 吴新星, 黄日明, 徐志防, 等. 广东蛇葡萄的化学成分研究[J]. *天然产物开发与研究*, 2014, 26(19): 1771-1774.
- [13] 张雷红, 殷志琦, 叶文才, 等. 海金沙草化学成分的研究[J]. *中国中药杂志*, 2005, 30(19): 46-48.
- [14] SHI Y M, WANG J, YAN H. Therapeutic potential of naturally occurring lignans as anticancer agents [J]. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 2022, 22: 1393-1405.

(责任编辑: 吴芯夷)