植物资源与环境学报，2023，**32**(5)：89-91
Journal of Plant Resources and Environment

川楝树皮乙酸乙酯提取物中甘遂烷型三萜类化学成分

董晶晶[1]，邵莉莉[2]，李金玉[2]，刘翰飞[2]，娄华勇[2]，潘卫东[1,①]
（1. 贵州大学药学院，贵州 贵阳 550025；2. 贵州省天然产物研究中心，贵州 贵阳 550014）

摘要：从川楝（*Melia azedarach* Linn.）树皮乙酸乙酯提取物共鉴定到 10 种甘遂烷型三萜类化合物，即苦内酯（1）、3α-hydroxytirucalla-7，24（25）-dien-6-oxo-21，16-olide（2）、meliasenin B（3）、sendanolactone（4）、12β-hydroxykulactone（5）、mesendanin O（6）、6β-hydroxykulactone（7）、meliasenin L（8）、meliastatin 5（9）和 toosendine G（10），其中化合物 2 和 5 首次从川楝中分离得到。

关键词：川楝树皮；乙酸乙酯提取物；甘遂烷型三萜类；化学成分

中图分类号：Q946.8；R284.1　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1674-7895(2023)05-0089-03
DOI：10.3969/j.issn.1674-7895.2023.05.09

Chemical components of tirucallane-type triterpenoids in ethyl acetate extract from the barks of *Melia azedarach*

DONG Jingjing[1], SHAO Lili[2], LI Jinyu[2], LIU Hanfai[2], LOU Huayong[2], PAN Weidong[1,①] (1. School of Pharmaceutical Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Natural Products Research Center of Guizhou Province, Guiyang 550014, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2023, **32**(5): 89-91

Abstract: Ten compounds of tirucallane-type triterpenoids were identified from the ethyl acetate extract from the barks of *Melia azedarach* Linn., namely kulactone (1), 3α-hydroxytirucalla-7,24(25)-dien-6-oxo-21,16-olide (2), meliasenin B (3), sendanolactone (4), 12β-hydroxykulactone (5), mesendanin O (6), 6β-hydroxykulactone (7), meliasenin L (8), meliastatin 5 (9), and toosendine G (10), among which compound 2 and 5 are isolated from *M. azedarach* for the first time.

Key words: bark of *Melia azedarach* Linn.; ethyl acetate extract; tirucallane-type triterpenoids; chemical component

川楝（*Melia azedarach* Linn.）为楝科（Meliaceae）楝属（*Melia* Linn.）植物，主要分布于四川、贵州和云南等地，具有行气止痛和驱虫等功效[1]。川楝的干燥根皮及树皮是传统中药苦楝皮的重要来源，但有关川楝树皮化学成分分离纯化的研究尚不全面，川楝树皮中化学成分结构类型及其物质活性有待进一步探索。鉴于此，本文对川楝树皮乙酸乙酯提取物开展了分离纯化研究，以期为川楝树皮的进一步开发和利用提供基础数据。

1　材料和方法

1.1　材料

于 2019 年 9 月，在贵州省兴义市南盘江镇采集株龄 5 a 川楝的树皮，晒干后保存、备用。标本由贵州黔西南喀斯特区域发展研究院的邓超义教授鉴定。

1.2　方法

1.2.1　*化合物分离*　将晒干的川楝树皮样品（23 kg）粉碎成粗粉，用体积分数 95% 乙醇加热回流提取 2 次，每次 2 h，减压浓缩得到浸膏，浸膏用乙酸乙酯（分析纯）萃取，得到乙酸乙酯部位浸膏（800 g）。对乙酸乙酯部位浸膏用聚酰胺拌样，用体积分数 40%～100% 甲醇（分析纯）溶液梯度洗脱，分离得到 6 个流分（Fr.A～F），然后依次通过 C_{18} 反相柱层析、硅胶柱层析、凝胶柱层析以及高效液相色谱仪纯化后得到化合物 1（500.0 mg）、化合物 2（2.6 mg）、化合物 3（31.8 mg）、化合物 4（119.8 mg）、化合物 5（9.2 mg）、化合物 6（8.9 mg）、化合物 7（11.1 mg）、化合物 8（3.7 mg）、化合物 9（2.4 mg）和化合物 10（4.0 mg）。

1.2.2　*高效液相条件*　Agilent 色谱柱（250 mm×9.4 mm，5 μm），柱温 28 ℃，流动相为体积分数 85%～45% 的甲醇-水溶液，流速 2 mL·min^{-1}，检测波长为 210、230、254 和 280 nm。

2　结果和分析

化合物 1：无色晶体，熔点 163 ℃～164 ℃，分子式 $C_{30}H_{44}O_3$，ESI-MS *m/z*：475[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR（600 MHz，$CDCl_3$）δ_H：5.30（1H，d，*J*=3.0 Hz，H-7），5.06（1H，m，H-24），4.12（1H，m，H-16），2.72（2H，m，H-2），2.46（1H，m，H-9），2.38（1H，ddd，*J*=12.5，8.1，4.4 Hz，H-20），2.25（2H，m，H-15），2.21（2H，m，H-6），2.11（2H，d，*J*=3.9 Hz，H-11），1.99（2H，m，H-23），1.92（2H，dd，*J*=11.3，6.3，3.7 Hz，H-12），1.75（2H，m，H-22），1.69（1H，m，H-5），1.65（3H，s，

收稿日期：2023-04-27
基金项目：国家自然科学基金项目（32160102）；贵州省科技支撑计划（黔科合基础-ZK[2021]一般 558；黔科合基础-ZK[2021]一般 512）
作者简介：董晶晶（1994—），女，贵州遵义人，硕士研究生，主要从事天然药物化学方面的研究。
①通信作者 E-mail：wdpan@163.com

引用格式：董晶晶，邵莉莉，李金玉，等. 川楝树皮乙酸乙酯提取物中甘遂烷型三萜类化学成分[J]. 植物资源与环境学报，2023，32(5)：89-91.

H-27),1.57(3H,s,H-26),1.42(2H,m,H-1),1.21(3H,s,H-30),1.08(3H,s,H-29),1.01(3H,s,H-28),0.99(3H,s,H-18),0.92(3H,s,H-19)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:216.1(C-3),180.5(C-21),143.3(C-8),132.5(C-25),123.3(C-24),118.3(C-7),82.3(C-16),58.0(C-17),55.0(C-14),52.4(C-5),47.7(C-9),47.7(C-4),45.3(C-20),39.4(C-13),38.1(C-1),35.5(C-15),35.3(C-10),34.6(C-2),32.1(C-30),29.5(C-22),29.1(C-12),25.9(C-6),25.6(C-27),24.3(C-11),24.2(C-28),21.4(C-29),21.3(C-19),17.8(C-26),16.7(C-23),12.3(C-18)。与文献[2]比对,鉴定化合物1为苦内酯(kulactone)。

化合物2:无色晶体,熔点203 ℃~204 ℃,分子式$C_{30}H_{44}O_4$,ESI-MS *m/z*:491[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.68(1H,d,*J*=2.8 Hz,H-7),5.09(1H,m,H-24),4.14(1H,m,H-16),3.35(1H,s,H-3),3.03(1H,m,H-9),2.57(1H,s,H-5),2.43(2H,m,H-20),2.32,1.79(2H,m,H-15),2.13(1H,m,H-17),2.11,2.03(2H,m,H-23),1.96,1.94(2H,m,H-11),1.92,1.86(2H,m,H-12),1.87,1.78(2H,m,H-2),1.82,1.34(2H,m,H-1),1.68(3H,s,H-27),1.61(3H,s,H-26),1.48(3H,m,H-22),1.26(3H,s,H-30),1.25(3H,s,H-28),1.13(3H,s,H-29),0.97(3H,s,H-18),0.86(3H,s,H-19)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:200.8(C-6),180.1(C-21),167.3(C-8),132.8(C-25),124.6(C-7),123.2(C-24),81.6(C-16),76.5(C-3),60.7(C-5),57.6(C-17),55.9(C-14),49.7(C-9),45.2(C-20),44.1(C-10),39.2(C-4),36.7(C-13),34.8(C-15),30.9(C-1),29.6(C-30),29.1(C-22),29.0(C-12),27.9(C-28),26.0(C-23),25.6(C-27),24.4(C-2),21.4(C-29),21.3(C-18),17.9(C-26),16.4(C-11),14.0(C-19)。与文献[3]比对,鉴定化合物2为3α-hydroxytirucalla-7,24(25)-dien-6-oxo-21,16-olide。

化合物3:白色粉末,分子式$C_{30}H_{44}O_4$,ESI-MS *m/z*:491[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.70(1H,d,*J*=2.8 Hz,H-7),5.09(1H,t,*J*=7.1,1.5 Hz,H-24),4.15(1H,ddd,*J*=11.3,10.1,7.7 Hz,H-16),3.45(1H,s,H-5),3.20(1H,dd,*J*=11.7,3.6 Hz,H-3),2.90(1H,m,H-9),2.44(1H,ddd,*J*=12.5,7.9,4.6 Hz,H-20),2.32,1.76(2H,dd,*J*=13.8,10.1 Hz,H-15),2.12(1H,m,H-17),2.03(2H,m,H-23),1.94,1.48(2H,m,H-22),1.92,1.64(2H,m,H-11),1.82(2H,m,H-12),1.68(3H,s,H-26),1.66,1.39(2H,m,H-1),1.66,1.57(2H,m,H-2),1.61(3H,s,H-27),1.30(3H,s,H-28),1.26(3H,s,H-30),1.10(3H,s,H-29),0.98(3H,s,H-18),0.85(3H,s,H-19)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:199.2(C-6),180.0(C-21),167.2(C-8),132.7(C-25),124.6(C-7),123.1(C-24),81.5(C-16),78.7(C-3),65.6(C-5),57.5(C-17),55.8(C-14),49.8(C-9),45.1(C-20),44.3(C-10),39.2(C-13),37.9(C-4),36.6(C-1),34.7(C-15),29.5(C-30),29.0(C-22),28.9(C-12),28.2(C-28),26.3(C-2),25.9(C-23),25.6(C-26),21.3(C-18),17.8(C-27),16.4(C-11),14.7(C-29),13.8(C-19)。与文献[4]比对,鉴定化合物3为meliasenin B。

化合物4:白色粉末,分子式$C_{30}H_{42}O_4$,ESI-MS *m/z*:489[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.73(1H,t,*J*=2.4 Hz,H-7),5.05(1H,t,*J*=5.4 Hz,H-24),4.13(1H,m,H-16),2.94(1H,ddd,*J*=11.3,7.8,2.8 Hz,H-9),2.71,2.28(2H,m,H-2),2.70(1H,m,H-20),2.41(1H,s,H-5),2.32,1.89(2H,m,H-15),2.13(1H,d,*J*=12.0 Hz,H-17),2.06,2.00(2H,m,H-23),1.95,1.70(2H,m,H-1),1.94,1.45(2H,m,H-22),1.91,1.75(2H,m,H-11),1.82,1.66(2H,m,H-12),1.64(3H,s,H-27),1.57(3H,s,H-26),1.31(3H,s,H-29),1.29(3H,s,H-28),1.29(3H,s,H-30),1.07(3H,s,H-19),0.95(3H,s,H-18)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:214.0(C-3),197.6(C-6),179.7(C-21),167.5(C-8),132.6(C-25),124.3(C-7),123.0(C-24),81.2(C-16),65.3(C-5),57.4(C-17),55.8(C-14),48.9(C-9),46.8(C-4),44.9(C-20),43.6(C-10),39.1(C-13),37.0(C-1),34.6(C-15),33.7(C-2),29.4(C-30),28.9(C-22),28.7(C-12),25.8(C-23),25.5(C-27),24.9(C-28),21.4(C-29),21.1(C-18),17.7(C-26),16.4(C-11),13.3(C-19)。与文献[5]比对,鉴定化合物4为sendanolactone。

化合物5:无色油状,分子式$C_{30}H_{42}O_4$,ESI-MS *m/z*:491[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.38(1H,d,*J*=3.0 Hz,H-7),5.10(1H,t,*J*=6.6 Hz,H-24),4.18(2H,ddd,*J*=11.6,10.2,7.3 Hz,H-16),4.02(2H,dd,*J*=9.4,5.4 Hz,H-12),2.77(2H,td,*J*=14.6,5.6 Hz,H-2),2.52(1H,dd,*J*=12.6,11.4 Hz,H-17),2.28(2H,m,H-23),1.99(2H,m,H-1),1.73(1H,m,H-5),1.69(3H,s,H-26),1.62(3H,s,H-27),1.38(3H,s,H-30),1.12(3H,s,H-28),1.05(3H,s,H-29),1.04(3H,s,H-19),0.83(3H,s,H-18)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:216.1(C-3),180.4(C-21),143.0(C-8),132.7(C-25),123.6(C-24),119.2(C-7),82.1(C-16),72.0(C-12),54.9(C-13),53.2(C-17),52.4(C-5),48.0(C-9),47.8(C-4),45.5(C-20),44.4(C-14),38.4(C-1),36.3(C-15),35.3(C-10),34.7(C-2),33.8(C-30),30.1(C-11),29.1(C-22),26.0(C-23),25.7(C-26),24.4(C-29),24.3(C-6),21.4(C-28),19.9(C-27),17.9(C-18),12.6(C-19)。与文献[6]比对,鉴定化合物5为12β-hydroxykulactone。

化合物6:白色粉末,分子式$C_{30}H_{46}O_4$,ESI-MS *m/z*:493[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.35(1H,d,*J*=3.0 Hz,H-7),5.13(1H,t,*J*=6.6 Hz,H-24),4.20(1H,ddd,*J*=11.4,10.3,7.3 Hz,H-16),4.03(2H,dt,*J*=9.7,4.9 Hz,H-12),2.54(1H,dd,*J*=12.6,11.4 Hz,H-17),2.47(1H,ddt,*J*=12.8,6.5,3.0 Hz,H-9),2.40(2H,m,H-20),2.38,1.42(2H,m,H-11),2.29,1.74(2H,dd,*J*=13.7,10.2 Hz,H-15),2.20,2.13(2H,m,H-23),2.12,1.99(2H,m,H-6),1.96,1.50(2H,m,H-22),1.93,1.62(2H,m,H-2),1.82(1H,dd,*J*=12.2,5.8 Hz,H-5),1.71(2H,d,*J*=1.6 Hz,H-26),1.65(3H,d,*J*=1.3 Hz,H-27),1.59,1.40(2H,m,H-1),1.37(3H,s,H-30),0.97(3H,s,H-28),0.94(3H,s,H-29),0.86(3H,s,H-18),0.82(3H,s,H-19)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:180.6(C-21),143.0(C-8),132.7(C-25),123.7(C-24),119.3(C-7),82.2(C-16),76.0(C-3),72.2(C-12),54.9(C-14),53.2(C-17),48.2(C-9),45.5(C-20),44.6(C-5),44.4(C-13),37.4(C-4),36.2(C-15),35.1(C-10),33.6(C-30),31.1(C-1),30.3(C-11),29.1(C-22),27.7(C-28),26.0(C-23),25.7(C-26),25.3(C-2),23.9(C-6),21.6(C-29),19.8(C-18),17.9(C-27),12.8(C-19)。与文献[7]比对,鉴定化合物6为mesendanin O。

化合物7:无色油状,分子式$C_{30}H_{46}O_4$,ESI-MS *m/z*:491[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.48(1H,dd,*J*=4.2,2.8 Hz,

H-7)，5.12(1H,m,H-24)，4.50(1H,m,H-6)，4.17(1H,ddd,J=11.4,10.1,7.6 Hz,H-16)，2.88(2H,td,J=14.1,5.5 Hz,H-2)，2.32，1.77(2H,m,H-15)，2.00(1H,m,H-17)，1.71(3H,d,J=1.4 Hz,H-26)，1.64(3H,s,H-27)，1.54(3H,s,H-28)，1.51(1H,dd,J=4.3,2.6 Hz,H-5)，1.33(3H,s,H-30)，1.28(3H,s,H-29)，1.25(3H,s,H-19)，0.94(3H,s,H-18)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:215.8(C-3)，180.4(C-21)，146.0(C-8)，132.8(C-25)，123.3(C-24)，122.0(C-7)，82.1(C-16)，67.0(C-6)，58.0(C-17)，56.7(C-5)，55.1(C-14)，49.0(C-4)，48.8(C-9)，45.4(C-20)，40.0(C-1)，39.4(C-13)，35.5(C-10)，35.4(C-15)，34.6(C-2)，31.4(C-30)，29.5(C-22)，29.2(C-12)，26.0(C-23)，25.7(C-26)，24.7(C-28)，23.9(C-29)，21.4(C-18)，17.9(C-27)，16.8(C-11)，15.0(C-19)。与文献[8]比对，鉴定化合物 7 为 6β-hydroxykulactone。

化合物 8：无色粉末，分子式 $C_{30}H_{48}O_4$，ESI-MS m/z：495[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.31(1H,d,J=3.0 Hz,H-7)，5.05(2H,brs,H-26)，4.30(1H,m,H-24)，4.06(1H,m,H-16)，2.78，2.21(2H,td,J=14.4,5.4 Hz,H-2)，2.27(1H,m,H-9)，2.11(2H,ddd,J=11.5,8.9,5.6 Hz,H-6)，2.07，2.00(2H,m,H-15)，1.92，1.41(2H,m,H-1)，1.88，1.56(2H,m,H-12)，1.73(3H,s,H-27)，1.73，1.39(2H,m,H-23)，1.69(1H,m,H-5)，1.65(2H,d,J=5.1 Hz,H-11)，1.62(1H,m,H-20)，1.59，1.08(2H,m,H-22)，1.48(1H,m,H-17)，1.27(3H,s,H-30)，1.14(3H,s,H-28)，1.06(3H,s,H-29)，1.05(3H,s,H-21)，1.04(3H,d,J=1.5 Hz,H-19)，0.84(3H,d,J=2.1 Hz,H-18)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:216.9(C-3)，145.1(C-8)，143.8(C-25)，118.2(C-7)，114.4(C-26)，89.8(C-24)，78.1(C-16)，62.5(C-17)，52.4(C-5)，49.9(C-14)，47.9(C-4)，47.9(C-9)，45.8(C-15)，45.4(C-13)，38.5(C-1)，35.1(C-10)，34.9(C-2)，34.1(C-20)，33.2(C-12)，30.7(C-22)，27.9(C-30)，27.8(C-23)，24.5(C-28)，24.4(C-6)，23.5(C-18)，21.6(C-29)，18.5(C-21)，18.2(C-11)，17.2(C-27)，12.8(C-19)。与文献[9]比对，鉴定化合物 8 为 meliasenin L。

化合物 9：无色晶体，熔点 78 ℃～82 ℃，分子式 $C_{30}H_{48}O_4$，ESI-MS m/z：479[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.29(1H,s,H-7)，4.93(2H,dt,J=1.8,0.9 Hz,H-26)，4.85(1H,t,J=1.7 Hz,H-16)，4.03(1H,d,J=5.3 Hz,H-24)，2.75，2.24(2H,m,H-2)，2.25(1H,m,H-9)，2.11，1.48(2H,m,H-15)，2.10(2H,m,H-6)，1.99，1.44(2H,m,H-1)，1.90，1.60(2H,m,H-12)，1.73(3H,m,H-27)，1.71(1H,d,J=3.4 Hz,H-5)，1.69，1.45(2H,m,H-23)，1.65，0.98(2H,m,H-22)，1.62(1H,m,H-20)，1.57(2H,m,H-11)，1.44(1H,m,H-17)，1.25(3H,s,H-30)，1.11(3H,s,H-29)，1.05(3H,d,J=1.6 Hz,H-21)，1.04(3H,s,H-28)，1.01(3H,s,H-19)，0.82(3H,s,H-18)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:216.8(C-3)，147.7(C-25)，145.1(C-8)，118.1(C-7)，111.1(C-26)，78.0(C-16)，76.5(C-24)，62.5(C-17)，52.4(C-5)，49.9(C-14)，47.9(C-4)，47.9(C-9)，45.7(C-15)，45.4(C-13)，38.4(C-1)，35.0(C-10)，34.9(C-2)，34.2(C-20)，33.2(C-12)，31.8(C-23)，30.8(C-22)，27.8(C-30)，24.5(C-28)，24.3(C-6)，23.5(C-18)，21.6(C-29)，18.6(C-21)，18.2(C-11)，17.4(C-27)，12.8(C-19)。与文献[8]比对，鉴定化合物 9 为 meliastatin 5。

化合物 10：白色粉末，分子式 $C_{30}H_{48}O_5$，ESI-MS m/z：511[M+Na]$^+$。^{1}H-NMR(600 MHz,$CDCl_3$)δ_H:5.32(1H,m,H-7)，4.17(1H,dd,J=12.0,3.5 Hz,H-24)，4.02(1H,dd,J=8.5,4.9 Hz,H-16)，3.50(1H,dd,J=6.8,4.0 Hz,H-3)，2.66(1H,td,J=11.2,7.9 Hz,H-20)，2.46，1.97(2H,m,H-2)，2.30(1H,m,H-9)，2.09(1H,m,H-17)，1.91(2H,m,H-6)，1.83(2H,m,H-12)，1.90，1.39(2H,m,H-22)，1.79(2H,dd,J=12.1,5.7 Hz,H-23)，1.75(1H,d,J=1.0 Hz,H-5)，1.73(2H,d,J=1.0 Hz,H-15)，1.64，1.56(2H,m,H-11)，1.53(2H,m,H-1)，1.33(3H,s,H-26)，1.31(3H,s,H-30)，1.26(3H,s,H-27)，0.96(3H,s,H-18)，0.94(3H,s,H-28)，0.93(3H,s,H-29)，0.81(3H,s,H-19)。^{13}C-NMR(150 MHz,$CDCl_3$)δ_C:178.5(C-21)，144.6(C-8)，118.8(C-7)，83.4(C-24)，77.6(C-16)，76.3(C-3)，71.1(C-25)，57.9(C-17)，50.0(C-14)，48.1(C-9)，45.8(C-13)，44.6(C-15)，43.9(C-5)，41.9(C-20)，37.4(C-4)，34.8(C-10)，33.6(C-12)，31.2(C-1)，27.8(C-28)，27.3(C-30)，26.2(C-26)，25.4(C-2)，24.4(C-27)，23.9(C-23)，23.2(C-18)，22.7(C-22)，21.8(C-29)，21.3(C-6)，17.9(C-11)，13.0(C-19)。与文献[10]比对，鉴定化合物 10 为 toosendine G。

以上 10 种化合物均为甘遂烷型三萜类化合物，其中化合物 2 和 5 首次从川楝中分离得到。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020 年版(一部)[M]. 北京：中国医药科技出版社，2020：44.

[2] SIDDIQUI S，SIDDIQUI B S，GHIASUDDIN，et al. Tetracyclic triterpenoids of the fruit coats of *Azadirachta indica*[J]. Journal of Natural Products，1991，54：408-415.

[3] TAN Q G，LI X N，CHEN H，et al. Sterols and terpenoids from *Melia azedarach*[J]. Journal of Natural Products，2010，73：693-697.

[4] ZHANG Y，TANG C P，KE C Q，et al. Limonoids and triterpenoids from the stem bark of *Melia toosendan*[J]. Journal of Natural Products，2010，73：664-668.

[5] FAIZI S，WASI A，SIDDIQUI B S，et al. New terpenoids from the roots of *Melia azedarach*[J]. Australian Journal of Chemistry，2002，55：291-296.

[6] CANTRELL C L，RAJAB M S，FRANZBLAU S G，et al. Antimycobacterial triterpenes from *Melia volkensii*[J]. Journal of Natural Products，1999，62：546-548.

[7] DONG S H，HE X F，DONG L，et al. Triterpenoids from *Melia toosendan*[J]. Helvetica Chimica Acta，2012，95：286-300.

[8] PETTIT G R，NUMATA A，IWAMOTO C，et al. Antineoplastic agents. 489. Isolation and structures of meliastatins 1-5 and related euphane triterpenes from the tree *Melia dubia*[J]. Journal of Natural Products，2002，65：1886-1891.

[9] WU S B，SU J J，SUN L H，et al. Triterpenoids and steroids from the fruits of *Melia toosendan* and their cytotoxic effects on two human cancer cell lines[J]. Journal of Natural Products，2010，73：1898-1906.

[10] HU Y，LI Y，QIU L，et al. New triterpenoids with diverse side-chains from the barks of *Melia toosendan*[J]. Fitoterapia，2018，127：62-68.

（责任编辑：郭严冬）