

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201706019

引文格式: 李薇, 黄淼, 梅文莉, 等. 大叶山楝根的化学成分及细胞毒活性研究 [J]. 广西植物, 2018, 38(4):457-462
LI W, HHUANG M, MEI WL, et al. Chemical constituents and cytotoxic activities of roots from *Aphanamixis grandifolia* [J]. *Guihaia*, 2018, 38(4):457-462

大叶山楝根的化学成分及细胞毒活性研究

李薇^{1,2}, 黄淼¹, 梅文莉^{1,2}, 董文化^{1,2}, 王军^{1,2},
蔡彩虹^{1,2}, 盖翠娟^{1,2}, 戴好富^{1,2*}

(1. 中国热带农业科学院热带生物技术研究所 农业部热带作物生物学与遗传资源利用重点实验室, 海口 571101;
2. 海南省黎药资源天然产物研究与利用重点实验室, 海口 571101)

摘要: 该研究从大叶山楝根 95%乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物中分离得到 10 个化合物, 经波谱解析分别鉴定为 schleicheol 2 (1), β -扶桑甾醇(2), fregenedadiol (3), 异巴西红厚壳素(4), 丁香酯素(5), 表丁香酯素(6), graminone A (7), sylvatesmin (8), Z-6-十九烯酸甲酯(9), 棕榈酸(10)。其中, 化合物 1-4、化合物 7-9 为首次从山楝属植物中分离得到。细胞毒活性测试结果表明, 化合物 1 和化合物 2 对人胃癌细胞 SGC-7901 生长具有一定的抑制活性。

关键词: 楝科, 大叶山楝, 化学成分, 细胞毒活性

中图分类号: Q946.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2018)04-0457-06

Chemical constituents and cytotoxic activities of roots from *Aphanamixis grandifolia*

LI Wei^{1,2}, HUANG Miao¹, MEI Wenli^{1,2}, DONG Wenhua^{1,2}, WANG Jun^{1,2},
CAI Caihong^{1,2}, GAI Cuijuan^{1,2}, DAI Haofu^{1,2*}

(1. *Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Tropical Crops, Ministry of Agriculture, Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China*; 2. *Hainan Key Laboratory for Research and Development of Natural Products from Li Folk Medicine, Haikou 571101, China*)

Abstract: *Aphanamixis grandifolia* belongs to genus *Aphanamixis* of family Meliaceae. We made the experiment to clarify the constituents from the roots of *A. grandifolia* in this paper. The chemical constituents were isolated by silica gel, Sephadex LH-20 column chromatographic methods. The structures were identified by spectral analysis and comparing with the previously reported literatures. The results showed that ten compounds were isolated from the ethyl acetate of ethanol extract from *A. grandifolia* and identified respectively as schleicheol (1), β -rosasterol (2), fregenedadiol (3), isojaca-

收稿日期: 2017-09-18

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项项目(201303117); 海南省重点研发计划项目(ZDYF2016140); 海南自然科学基金(2017CXTD020) [Supported by Special Fund for Agro-Scientific Research in the Public Interest (201303117); Special Fund for Key Research Program of Hainan Province (ZDYF2016140); Natural Science Foundation of Hainan (2017CXTD020)]。

作者简介: 李薇(1988-), 女, 湖北随州人, 硕士, 从事天然产物化学研究, (E-mail) liwei@itbb.org.cn。

*通信作者: 戴好富, 博士, 研究员, 主要从事天然产物物质基础、生物活性与创新利用研究, (E-mail) daihaofu@itbb.org.cn。

reubin (4), syringaresinol (5), episyringaresinol (6), graminone A (7), sylvatesmin (8), methyl-Z-6-nonadecenoate (9), ralmitic acid (10). The compounds 1-4, 7-9 were obtained from *A. grandifolia* for the first time. The results of cytotoxic activity showed that compounds 1 and 2 had certain inhibitory activity on the growth of human gastric cancer cell SGC-7901.

Key words: Meliaceae, *Aphanamixis grandifolia*, chemical constituents, cytotoxic activity

大叶山楝 (*Aphanamixis grandifolia*) 是楝科 (Meliaceae) 植物, 别名山楞 (海南)、红萝木 (广西)、罗浪果、苦柚木 (广东)、胡桐 (云南)、叶好娇 (云南哈尼族语), 生长于低海拔至中海拔 (500~1 000 m) 的山地、沟谷、密林或疏林中。国内主要分布在云南省的西双版纳自治州、普洱市和麻栗坡县, 广西、广东及海南也有分布。国外主要分布在中南半岛, 印度尼西亚 (爪哇、加里曼丹) 至帝汶岛, 马来半岛和伊里安岛, 有些地方已引为栽培 (如美国夏威夷等)。根据《新华本草纲要》中的记载, 大叶山楝的根及叶具有舒筋活络、通痹及祛风除湿等功效, 在民间用于治疗四肢麻木、屈伸不利、拘挛和风寒痹痛等疾病, 为祛风止痛药。

国内外学者从大叶山楝枝叶、茎皮、果实和种子中分离鉴定出了四环三萜类、二萜类、倍半萜类等多种化学成分, 但对于大叶山楝地下部分的物质基础研究较少。为了更全面地掌握大叶山楝的药效物质基础, 本研究对大叶山楝根 95% 乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物进行了化学成分的分离鉴定, 共得到 10 个化合物 (1-10), 并对这 10 个化合物进行了细胞毒活性测试。

1 材料与方法

1.1 仪器和材料

仪器: AV-500 型超导核磁仪 (Bruker, German); N-1000 (2L) 立式旋转蒸发仪; Autospec-3000 质谱仪; 柱色谱硅胶 (200~300 目) 和薄层层析硅胶 (Qingdao Marine Chemical Co. Ltd, China); Sephadex LH-20 (Merck, German); RP-18 反相材料 (20~45 μm) (Fuji Silysia Chemical Co. Ltd, Japan), MCI Gel (75~150 μm) (Mitsubishi chemical corporation, Japan)。

材料: 大叶山楝 (*Aphanamixis grandifolia*) 样品于 2013 年 9 月采自海南省海口市石山镇, 经中国热带农业科学院热带生物技术研究所刘寿柏博士鉴定, 凭证标本 (No. AG 20130920) 存放于中国热带农业科学院热带生物技术研究所。人胃癌细胞 SGC-7901 和慢性髓原白血病细胞 K562 均购于中国科学院上海细胞库。

1.2 提取和分离

将干燥的大叶山楝根粉碎成粗粉 (8.5 kg), 用 95% 乙醇加热回流提取 3 次, 每次 3 h。减压回收乙醇至无醇味, 得到乙醇提取物, 将乙醇提取物分散于水中成悬浊液, 依次用石油醚、乙酸乙酯、正丁醇各萃取 3 次, 分别浓缩得浸膏。

将乙酸乙酯萃取物 (104.0 g) 经减压硅胶柱色谱, 以氯仿-甲醇 (1:0~0:1) 梯度洗脱, 得到 10 个流分 (Fr.1-10)。Fr.2 (2.8 g) 经 Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (以氯仿-甲醇 1:1 为洗脱系统) 和反复硅胶柱色谱 (以石油醚-乙酸乙酯, 石油醚-丙酮为洗脱系统) 得到化合物 4 (2.4 mg) 和 10 (8.0 mg)。Fr.4 (5.1 g) 经 MCI 柱色谱、反相 RP-18 柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (以氯仿-甲醇 1:1, 甲醇为洗脱系统) 和反复硅胶柱色谱 (以石油醚-乙酸乙酯、石油醚-丙酮、石油醚-氯仿为洗脱系统) 得到化合物 1 (2.8 mg), 2 (13.1 mg) 和 9 (29.2 mg)。Fr.5 (5.1 g) 反相 RP-18 柱色谱、Sephadex LH-20 凝胶柱色谱 (以甲醇为洗脱系统) 和反复硅胶柱色谱 (以石油醚-乙酸乙酯、石油醚-丙酮、石油醚-氯仿、氯仿-甲醇、氯仿-丙酮为洗脱系统) 得到化合物 3 (6.3 mg), 5 (8.8 mg), 6 (9.1 mg), 7 (3.0 mg) 和 8 (2.4 mg)。

2 结构鉴定

化合物 1 白色针状结晶, $\text{C}_{30}\text{H}_{52}\text{O}_2$, ESI-MS

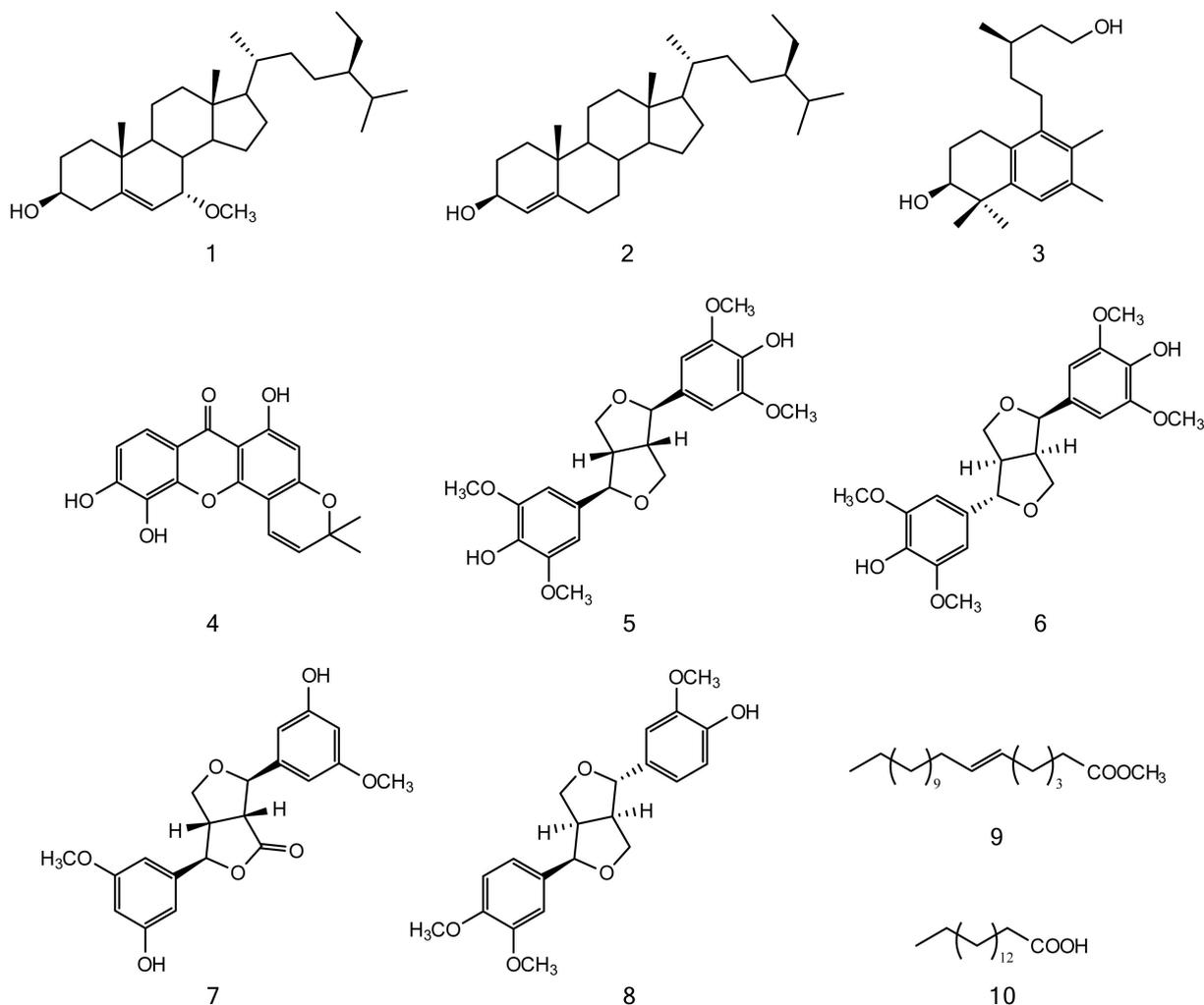


图 1 化合物 1-10 的结构式

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1-10

m/z : 445 $[M+H]^+$. 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.62 (1H, m, H-3), 5.76 (1H, dd, $J = 4.2, 2.1$ Hz, H-6), 3.29 (1H, m, H-7), 0.67 (3H, s, CH_3 -18), 1.00 (3H, s, CH_3 -19), 0.93 (3H, d, $J = 5.8$ Hz, CH_3 -21), 3.38 (3H, s, OCH_3 -7); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 36.9 (C-1, t), 31.6 (C-2, t), 71.6 (C-3, d), 42.2 (C-4, t), 146.3 (C-5, s), 120.9 (C-6, d), 74.1 (C-7, d), 37.3 (C-8, d), 43.0 (C-9, d), 37.3 (C-10, s), 20.9 (C-11, t), 39.2 (C-12, t), 42.1 (C-13, s), 49.2 (C-14, d), 24.4 (C-15, t), 28.4 (C-16, t), 55.6 (C-17, d), 11.6 (C-18, q), 18.4 (C-19, q), 36.2 (C-20, d), 18.9 (C-21, q), 34.1 (C-22, t), 26.1 (C-23, t), 46.0 (C-24, d), 29.3 (C-25, d), 19.0

(C-26, q), 20.0 (C-27, q), 23.2 (C-28, t), 12.0 (C-29, q), 56.9 (OCH_3 -7, q)。经鉴定化合物 1 为 schleicheol 2 (George et al, 2000; 吴少华等, 2008)。

化合物 2 白色针状结晶, $C_{29}H_{50}O$, ESI-MS m/z 415 $[M+H]^+$. 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.54 (1H, m, H-3), 5.37 (1H, d, $J = 5.0$ Hz, H-4), 0.70 (3H, s, H-18), 1.03 (3H, s, H-19); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 37.3 (C-1, t), 31.7 (C-2, t), 71.6 (C-3, d), 121.6 (C-4, d), 141.0 (C-5, s), 25.8 (C-6, t), 32.0 (C-7, t), 31.4 (C-8, d), 50.3 (C-9, d), 36.6 (C-10, s), 21.4 (C-11, t), 39.8 (C-12, t), 42.2 (C-13, s), 56.6 (C-14, d), 24.4 (C-15, t), 28.4 (C-16, t), 55.8 (C-17, d), 12.1 (C-18, q), 19.2 (C-

19, q), 36.2 (C-20, d), 18.9 (C-21, q), 34.1 (C-22, t), 26.1 (C-23, t), 46.0 (C-24, d), 29.3 (C-25, d), 19.0 (C-26, q), 20.0 (C-27, q), 23.2 (C-28, t), 12.0 (C-29, q)。经鉴定化合物 **2** 为 β -扶桑甾醇 (Mishra & Sree, 2009)。

化合物 **3** 白色油状, $C_{20}H_{32}O_2$, ESI-MS m/z 303 $[M-H]^-$, 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 2.27 (2H, m, H-1), 1.99 (2H, m, H-2), 5.06 (1H, dd, $J = 6.8, 4.4$ Hz, H-3), 7.00 (1H, s, H-6), 2.65 (2H, m, H-11), 4.18 (2H, m, H-15), 0.96 (3H, d, $J = 6.7$ Hz, H-16), 2.30 (3H, s, H-17), 2.21 (3H, s, H-18), 1.34 (3H, s, H-19), 1.27 (3H, s, H-20); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 24.0 (C-1, t), 27.4 (C-2, t), 77.0 (C-3, d), 38.5 (C-4, s), 141.6 (C-5, s), 125.8 (C-6, d), 134.1 (C-7, s), 132.2 (C-8, s), 138.4 (C-9, d), 129.8 (C-10, s), 27.0 (C-11, t), 36.8 (C-12, t), 30.2 (C-13, d), 39.4 (C-14, t), 61.8 (C-15, t), 19.8 (C-16, q), 15.2 (C-17, q), 29.7 (C-18, q), 25.5 (C-19, q), 21.1 (C-20, q)。经鉴定化合物 **3** 为 fregenedadiol (Marcos et al, 1996)。

化合物 **4** 黄色针状结晶, $C_{18}H_{14}O_6$, ESI-MS m/z 325 $[M-H]^-$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.20 (1H, s, H-2), 6.95 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-7), 7.45 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-8), 5.76 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-3'), 7.04 (1H, d, $J = 10.0$ Hz, H-4'), 1.48 (6H, s, CH_3 -5', 6'); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 163.0 (C-1, s), 99.1 (C-2, d), 160.0 (C-3, s), 102.9 (C-4, s), 132.8 (C-5, s), 152.7 (C-6, s), 115.4 (C-7, d), 116.3 (C-8, d), 180.8 (C-9, s), 78.7 (C-2', s), 128.1 (C-3', d), 113.8 (C-4', d), 28.1 (C-5', 6', q), 152.1 (C-4a, s), 146.2 (C-4b, s), 113.7 (C-8a, s), 101.5 (C-8b, s), 经鉴定化合物 **4** 为异巴西红厚壳素 (金媛媛, 2006; 张淇, 2008; Wu et al, 1998)。

化合物 **5** 白色粉末, $C_{22}H_{26}O_8$, ESI-MS m/z 441 $[M+Na]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.58 (2H, s, H-2, H-6), 4.72 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-7), 3.09 (1H, m, H-8), 4.27 (1H, dd, $J = 9.0, 6.0$ Hz, H-9a), 3.73 (1H, m, H-9b), 6.58 (1H, s, H-2'),

6.58 (1H, s, H-6'), 4.72 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-7'), 3.09 (1H, m, H-8'), 4.27 (1H, dd, $J = 9.0, 6.0$ Hz, H-9'a), 3.73 (1H, m, H-9'b), 3.89 (12H, s, OCH_3 -3, 5, 3', 5'); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 133.2 (C-1, s), 104.4 (C-2, d), 148.6 (C-3, s), 136.1 (C-4, s), 148.6 (C-5, s), 104.4 (C-6, d), 86.8 (C-7, d), 55.3 (C-8, d), 72.3 (C-9, t), 133.2 (C-1', s), 104.4 (C-2', d), 148.6 (C-3', s), 136.1 (C-4', s), 148.6 (C-5', s), 104.4 (C-6', d), 86.8 (C-7', d), 55.3 (C-8', d), 72.3 (C-9', t), 56.6 (OCH_3 -3, 5, 3', 5', q)。经鉴定化合物 **5** 为丁香脂素 (于洋等, 2010)。

化合物 **6** 白色粉末, $C_{22}H_{26}O_8$, ESI-MS m/z 441 $[M+Na]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 6.60 (2H, s, H-2, H-6), 4.86 (1H, d, $J = 4.5$ Hz, H-7), 3.35 (2H, m, H-8, H-9a), 3.83 (1H, m, H-9b), 6.66 (2H, s, H-2', H-6'), 4.41 (1H, d, $J = 6.6$ Hz, H-7'), 2.94 (1H, m, H-8'), 4.13 (1H, d, $J = 9.0$ Hz, H-9'a), 3.83 (1H, m, H-9'b), 3.85 (12H, s, OCH_3 -3, 5, 3', 5'); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 129.5 (C-1, s), 102.5 (C-2, d), 147.1 (C-3, s), 133.8 (C-4, s), 147.1 (C-5, s), 102.5 (C-6, d), 82.0 (C-7, d), 50.2 (C-8, d), 69.5 (C-9, t), 132.3 (C-1', s), 102.9 (C-2', d), 147.3 (C-3', s), 134.4 (C-4', s), 147.3 (C-5', s), 102.9 (C-6', d), 88.0 (C-7', d), 54.7 (C-8', d), 71.1 (C-9', t), 56.5 (OCH_3 -3, 5, 3', 5', q)。经鉴定化合物 **6** 为表丁香脂素 (丛悦等, 2011)。

化合物 **7** 棕色粉末, $C_{20}H_{20}O_7$, ESI-MS m/z 395 $[M+Na]^+$ 。 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.49 (1H, dd, $J = 9.2, 3.8$ Hz, H-1), 5.32 (1H, d, $J = 3.9$ Hz, H-2), 4.04 (1H, dd, $J = 9.4, 5.7$ Hz, H-4a), 4.33 (1H, dd, $J = 9.4, 5.7$ Hz, H-4b), 3.26 (1H, m, H-5), 5.34 (1H, d, $J = 3.8$ Hz, H-6), 3.90 (6H, s, OCH_3 -3', 3''), 5.65 (1H, s, OH), 5.72 (1H, s, OH); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 53.4 (C-1, d), 83.5 (C-2, d), 72.8 (C-4, t), 50.1 (C-5, d), 84.8 (C-6, d), 177.1 (C-8, s), 131.2 (C-1', s), 114.5 (C-2', d), 146.8 (C-3', s), 107.9 (C-4', d),

147.1(C-5',s),114.8(C-6',d),132.4(C-1'',s),108.5(C-2'',d),146.1(C-3'',s),108.2(C-4'',d),145.4(C-5'',s),117.9(C-6',s),56.1(OCH₃-3',3'',q)。经鉴定化合物 **7** 为 graminone A(Liu et al,2013)。

化合物 **8** 淡黄色粉末,C₂₁H₂₆O₆,ESI-MS *m/z* 395 [M+Na]⁺。¹H-NMR(500 MHz,CDCl₃) δ : 2.83(1H,m,H-1),4.38(1H,d,*J* = 7.2 Hz,H-2),3.66(1H,m,H-4a),3.14(1H,m,H-4b),3.38(1H,m,H-5),4.84(1H,d,*J* = 5.5 Hz,H-6),4.10(1H,m,H-8a),3.78(1H,m,H-8b),3.92(3H,s,OCH₃-3'),3.93(3H,s,OCH₃-3''),3.94(3H,s,OCH₃-4''),5.59(1H,s,OH);¹³C-NMR(125 MHz,CDCl₃) δ : 53.9(C-1,d),87.1(C-2,d),69.2(C-4,t),49.5(C-5,d),81.4(C-6,d),69.9(C-8,t),132.4(C-1',s),110.3(C-2',d),147.6(C-3',s),145.8(C-4',s),115.0(C-5',d),118.7(C-6',d),131.2(C-1'',s),109.3(C-2'',d),148.6(C-3'',s),147.8(C-4'',s),111.5(C-5'',d),117.9(C-6'',d),55.7(OCH₃-3',q)。经鉴定化合物 **8** 为 sylvatesmin(彭双等,2012)。

化合物 **9** 白色油状,C₂₀H₃₈O₂,ESI-MS *m/z*: 333 [M + Na]⁺,643 [2M + Na]⁺,并且含有特征的 M-CH₃OH 的碎片峰,由此可知化合物为脂肪酸甲酯。由¹³C-NMR 数据 δ 129.9 和 130.1 可知它是一个含-CH=CH-基团的不饱和脂肪酸甲酯。从¹H-NMR 中的烯质子的耦合常数为 4.6 Hz 可知双键为顺式。经鉴定化合物 **9** 为 Z-6-十九烯酸甲酯(曾陇梅等,1990;王冬梅等,2010)。

化合物 **10** 白色粉末,C₂₁H₂₆O₆,ESI-MS *m/z* 279 [M + Na]⁺。¹H-NMR(500 MHz,CDCl₃) δ : 0.900(3H,t,*J* = 7.0 Hz)为末端 CH₃质子信号, δ 1.64(2H,m), δ 1.28(24H,m)为其他一系列 CH₂质子信号, δ 2.38(2H,m)为羧基旁的 CH₂质子信号。¹³C NMR(CDCl₃,125 MHz) δ : 14.1 为 CH₃的碳信号, δ 22.7,24.7,29.1,29.2,29.4,29.6,29.7,31.9,34.0 等为亚甲基碳信号, δ 179.7 为 COOH 的碳信号。经鉴定化合物 **10** 为棕榈酸(十六烷酸)(任冰如等,2009)。

3 生物活性测试

采用 MTT 法(以 DMSO 溶剂为阴性对照组和紫杉醇为阳性对照组)将所有的待测样品分别设为 5 个浓度梯度,测定化合物 **1-10** 对三株肿瘤细胞 K562、SGC-7901 和 BEL-7402 的细胞毒活性(Mosmann,1983;吴娇等,2011)。实验结果表明,化合物 **1** 和化合物 **2** 对人胃癌细胞 SGC-7901 有生长具有一定的抑制活性,其 IC₅₀ 值分别为 29.2 和 29.8 mg · mL⁻¹。

4 结论

本研究从大叶山楝根 95%乙醇提取物的乙酸乙酯萃取物中分离鉴定出 10 个化合物,其中化合物 **1-4** 和化合物 **7-9** 均为首次从山楝属植物中分离得到。对化合物 **1-10** 的细胞毒活性测试结果显示,化合物 **1** 和化合物 **2** 对人胃癌细胞 SGC-7901 有生长具有一定的抑制活性其 IC₅₀ 值分别为 29.2、29.8 μ g · mL⁻¹。本研究丰富了大叶山楝的化学成分与生物活性,为该药用植物的进一步开发利用提供了科学依据。

参考文献:

- CONG Y, WANG Y, WANG TX, et al, 2011. Chemical constituents from the stem of *Mahonia bealei* (Fort.) Carr. [J]. Chin Trad Pat Med, 33(6): 1008-1010. [丛悦, 王艳, 王天晓, 等, 2011. 功劳木的化学成分研究 [J]. 中成药, 33(6): 1008-1010.]
- JIN YY, 2006. Study on the chemical constituents of *Hypericum japonicum* [D]. Hangzhou: Zhejiang University: 1-57. [金媛媛, 2006. 田基黄的化学成分研究 [D]. 杭州: 浙江大学: 1-57.]
- LIU RH, CHEN SS, RENG, et al, 2013. Phenolic compounds from roots of *Imperata cylindrica* var. *major* [J]. Chin Herb Med, 5(3): 240-243.
- MARCOS IS, JORGE A, DIEZ D, et al, 1996. Isofregenedadiol: a novel diterpenic diol from *Halimium viscosum* [J]. Phytochemistry, 41(4): 1155-1157.
- MISHRA PM, SREE A, 2009. Chemical investigation and anti-bacterial study of hexane extract of leaves of *Finlaysonia obovate* [J]. Chem Nat Compd, 45(1): 129-131.

- MOSMANN T, 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival; application to proliferation and cytotoxicity assays [J]. *J Imm Methods*, 65(1-2): 55-63.
- PENG S, HAN LF, LIU EW, et al, 2012. Isolation and identification of chemical constituents from the leaves of *Nelumbo nucifera* Gaertn [J]. *J Shenyang Pharm Univ*, 29(7): 519-524. [彭双, 韩立峰, 刘二伟, 等, 2012. 荷叶中化学成分的分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 29(7): 519-524.]
- PETTIT GR, NUMATA A, CRAGG GM, et al, 2000. Isolation and structures of schleicherastatins 1-7 and schleicheols 1 and 2 from the teak forest medicinal tree *Schleichera oleosa* [J]. *J Nat Prod*, 63(1): 72-78.
- REN BR, XIA B, LI WL, et al, 2009. Chemical constituents of *Stenoloma chusanum* (II) [J]. *Chin Trad Herb Drugs*, 40 (Suppl): 104-106. [任冰如, 夏冰, 李维林, 等, 2009. 乌韭的化学成分研究 (II) [J]. 中草药, 40(增刊): 104-106.]
- WANG DM, ZHANG JF, LI DW, 2010. Hydrophobic constituents of *Polygonatum odoratum* rhizome from the Qinling mountains and their antiseptic activity [J]. *J Wuhan Bot Res*, 28(5): 644-647. [王冬梅, 张京芳, 李登武, 2010. 秦岭地区玉竹根茎的脂溶性成分及其抑菌活性研究 [J]. 武汉植物学研究, 28(5): 644-647.]
- WU J, WANG H, LI XN, et al, 2011. Study on cytotoxic chemical constituents in *Areca catechu* [J]. *J Henan Univ* (Nat Sci Ed), 41(5): 511-514. [吴娇, 王辉, 李小娜, 等, 2011. 槟榔果实中的细胞毒活性成分研究 [J]. 河南大学学报(自然科学版), 41(5): 511-514.]
- WU QL, WANG SP, DU LJ, et al, 1998. Xanthones from *Hypericum japonicum* and *H. henryi* [J]. *Phytochemistry*, 49(5): 1395-1402.
- WU SH, SHEN YM, CHEN YW, et al, 2008. Studies on chemical constituents from stem bark of *Trewia nudiflora* [J]. *Chin J Chin Mat Med*, 33(13): 1566-1568. [吴少华, 沈月毛, 陈有为, 等, 2008. 滑桃树茎皮的化学成分研究 [J]. 中国中药杂志, 33(13): 1566-1568.]
- YU Y, GAO H, DAI Y, et al, 2010. A new lignin from *Gardenia jasminoides* [J]. *Chin Trad Herb Drugs*, 41(4): 509-514. [于洋, 高昊, 戴毅, 等, 2010. 梔子中的木脂素类成分研究 [J]. 中草药, 41(4): 509-514.]
- ZENG LM, LI FY, SU JY, et al, 1990. Studies on the chemical constituents of *Gracilaria astatica* [J]. *J Sun Yatsen Univ* (Nat Sci Ed) (Suppl 22), 9(3): 93-98. [曾隲梅, 李凤英, 苏镜娱, 等, 1990. 真江蓠化学成分的研究 [J]. 中山大学学报(自然科学版)(论丛 22), 9(3): 93-98.]
- ZHANG H, 2008. Studies on the chemical constituents from the bark of *Melia azedarach* L. Sied [D]. Shenyang: Shenyang Pharmaceutical University: 1-66. [张昊, 2008. 传统中药苦楝皮的化学成分研究 [D]. 沈阳: 沈阳药科大学: 1-66.]