

大蕉叶化学成分及细胞增殖抑制活性研究

严绪华¹, 孙佳乐², 梁秋明^{5,6}, 王 峰^{5,6*}, 方振峰^{2,3,4*}

1. 武汉市中医医院 药学综合部, 湖北 武汉 430010
2. 江汉大学医学部 药学系, 湖北 武汉 430056
3. 湖北省认知与情感障碍重点实验室, 湖北 武汉 430056
4. 湖北省实验医学教育示范中心, 湖北 武汉 430056
5. 国家中医药管理局中药数字化质量评价技术重点研究室, 广东 广州 510006
6. 广东省中药质量工程技术研究中心, 广东 广州 510006

摘 要: 目的 研究大蕉 *Musa × paradisiaca* 叶化学成分以及体外细胞增殖抑制活性。方法 采用硅胶、MCI gel CHP-20P、反相 ODS 和 Sephadex LH-20 柱色谱以及半制备型高效液相等色谱方法进行分离和纯化, 通过核磁共振、质谱等技术手段鉴定了化合物的结构。利用 CCK-8 法评价了所有化合物体外细胞增殖抑制活性。结果 从大蕉叶提取物中分离得到 19 个化合物, 分别鉴定为邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯(1)、肉豆蔻酸(2)、正十五酸(3)、亚油酸(4)、邻苯二甲酸二丁酯(5)、4-羟基-3-甲氧基苯甲酸乙酯(6)、二氢猕猴桃内酯(7)、MF-EA-705β(8)、邻苯二甲酸丁基酯 2-乙基己基酯(9)、三十四碳-(20,23)-二烯酸(10)、3-羟基豆甾-5,22-二烯-7-酮(11)、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮(12)、luffarin X(13)、6-羟基豆甾-4,22-二烯-3-酮(14)、6-羟基豆甾-4-烯-3-酮(15)、(3S,5R,6S,7E)-5,6-环氧-3-羟基-7-巨豆烯-9-酮(16)、对羟基苯甲酸乙酯(17)、对二乙氧基苯(18)、(9Z,12Z,15Z)-十八烷基-9,12,15-三烯酸甲酯(19)。化合物 2、5、7、11、13、15 和 17 分别对人肝癌 HepG2 细胞、人宫颈癌 Hela 细胞、人乳腺癌 MCF-7 细胞和人皮肤恶性黑色素瘤 A375 细胞增殖表现出一定的抑制活性, 半数抑制浓度 (median inhibition concentration, IC₅₀) 值为 40.26~97.75 μmol/L, 其中化合物 7 和 11 对 A375 细胞增殖有选择性抑制活性 (IC₅₀ 值分别为 43.0、50.0 μmol/L), 略低于阳性对照顺铂 (IC₅₀ 值 40.13 μmol/L), 而化合物 2 和 15 对 MCF-7 细胞增殖选择性抑制活性 (IC₅₀ 值分别为 40.26、45.00 μmol/L) 强于阳性对照 (IC₅₀ 值为 48.36 μmol/L)。结论 化合物 1、6~19 为首次从该属植物中分离得到; 化合物 2~5 为首次在该植物中分离得到。活性测试表明, 化合物 2、7、11 和 15 对特定肿瘤细胞株表现出选择性增殖抑制活性。

关键词: 芭蕉属; 大蕉叶; 细胞增殖抑制活性; 邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯; 二氢猕猴桃内酯; 3-羟基豆甾-5,22-二烯-7-酮; 6-羟基豆甾-4-烯-3-酮; (9Z,12Z,15Z)-十八烷基-9,12,15-三烯酸甲酯

中图分类号: R284.1 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2026)03-0817-08

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2026.03.004

Chemical constituents from leaves of *Musa × paradisiaca* and their anti-proliferative activities

YAN Xuhua¹, SUN Jiale², LIANG Qiuming^{5,6}, WANG Feng^{5,6}, FANG Zhenfeng^{2,3,4}

1. General Pharmacy Department of Wuhan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuhan 430010, China
2. Department of Pharmacy, School of Medicine, Jiangnan University, Wuhan 430056, China
3. Hubei Key Laboratory of Cognitive and Affective Disorders, Wuhan 430056, China
4. Hubei Provincial Demonstration Center for Experimental Medicine Education, Wuhan 430056, China
5. Key Laboratory of Digital Quality Evaluation of Chinese Materia Medica of State Administration of TCM, Guangzhou 510006, China
6. Engineering & Technology Research Center for Quality of Traditional Chinese Medicine of Guangdong Province, Guangzhou 510006, China

收稿日期: 2025-10-29

基金项目: 广东省普通高校重点领域专项 (2022ZDZX2035)

作者简介: 严绪华, 副主任药师, 主要从事中药功效和质量研究。E-mail: 13906630@qq.com Tel: (027)84476993

*通信作者: 方振峰, 副教授, 从事天然产物活性成分研究。Tel: (027)84225149 E-mail: zhenfengfang@163.com

王 峰, 教授, 从事天然产物活性成分研究。E-mail: wfeng1230@gdpu.edu.cn

Abstract: Objective To investigate the chemical constituents from the leaves of *Musa × paradisiaca* and their inhibitory activities on cell proliferation *in vitro*. **Methods** The compounds were isolated and purified using various chromatographic techniques, including silica gel, MCI gel CHP-20P, reversed-phase ODS, Sephadex LH-20 column chromatographies, and semi-preparative HPLC. Their structures were elucidated by spectroscopic methods such as NMR and MS. The inhibitory activities of all compounds on cell proliferation *in vitro* were evaluated using the CCK-8 assay. **Results** A total of 19 compounds were isolated from the leaves of *Musa × paradisiaca* and identified as di(2-ethylhexyl) phthalate (**1**), myristic acid (**2**), pentadecanoic acid (**3**), linoleic acid (**4**), dibutyl phthalate (**5**), ethyl 4-hydroxy-3-methoxybenzoate (**6**), dihydroactinidolide (**7**), MF-EA-705β (**8**), butyl 2-ethylhexyl phthalate (**9**), *n*-tetratriacont-20,23-dienoic acid (**10**), 3-hydroxystigmasta-5,22-dien-7-one (**11**), 3-hydroxystigmast-5-en-7-one (**12**), luffarin X (**13**), 6-hydroxystigmasta-4,22-dien-3-one (**14**), 6-hydroxystigmast-4-en-3-one (**15**), (3*S*,5*R*,6*S*,7*E*)-5,6-epoxy-3-hydroxy-7-megastigmen-9-one (**16**), ethyl *p*-hydroxybenzoate (**17**), *p*-diethoxybenzene (**18**), and methyl (9*Z*,12*Z*,15*Z*)-octadeca-9,12,15-trienoate (**19**). Among them, compounds **2**, **5**, **7**, **11**, **13**, **15**, and **17** exhibited certain anti-proliferative activities against human hepatocellular carcinoma HepG2, cervical cancer Hela, breast cancer MCF-7, and malignant melanoma A375 cell lines, with median inhibition concentration (IC₅₀) values ranging from 40.26 to 97.75 μmol/L. Specifically, compounds **7** and **11** showed selective inhibitory activity against A375 cells (IC₅₀ = 43.0 and 50.0 μmol/L, respectively), which was slightly weaker than that of the positive control cisplatin (IC₅₀ = 40.13 μmol/L). In contrast, compounds **2** and **15** demonstrated stronger inhibitory effects against MCF-7 cells (IC₅₀ = 40.26 and 45.00 μmol/L, respectively) compared to cisplatin (IC₅₀ = 48.36 μmol/L). **Conclusion** Compounds **1** and **6—19** were isolated from this genus for the first time, while compounds **2—5** were first identified from this specific plant. Furthermore, compounds **2**, **7**, **11**, and **15** exhibited selective inhibitory activities against specific tumor cell lines.

Key words: *Musa* L.; leaves of *Musa × paradisiaca* L.; anti-proliferative activity; di(2-ethylhexyl) phthalate; dihydroactinidolide; 3-hydroxystigmasta-5,22-dien-7-one; 6-hydroxystigmast-4-en-3-one; methyl (9*Z*,12*Z*,15*Z*)-octadeca-9,12,15-trienoate

大蕉 *Musa × paradisiaca* L. 是由野蕉 *M. balbisiana* Colla 和小果野蕉 *M. acuminata* Colla 杂交而成^[1], 原产亚洲热带地区, 现世界各热带地区广泛栽培, 其在拉美、非洲、东南亚等地作为食材。在我国, 大蕉主要集中在台湾、福建、广东、香港、海南、广西和云南等地^[2]。前期调研发现, 芭蕉植物的果实、果皮、假茎、花、叶、树液和根在美洲、亚洲、大洋洲、印度和非洲等地方在传统医学中长期用于治疗各种疾病, 包括抗氧化、抗糖尿病、免疫调节、调血脂、抗癌、抗菌、抗 HIV 活性等^[3-5]。大蕉叶为芭蕉科 (Musaceae) 芭蕉属 *Musa* L. 大蕉的叶子。目前, 大蕉各部位的化学成分及其活性鲜有研究。为了进一步丰富本属植物化学成分多样性, 寻找活性较好的单体成分, 本研究对大蕉叶醋酸乙酯萃取部位进行分离纯化, 得到 19 个化合物, 分别为邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯 [di(2-ethylhexyl) phthalate, **1**]、肉豆蔻酸 (myristic acid, **2**)、正十五酸 (pentadecanoic acid, **3**)、亚油酸 (linoleic acid, **4**)、邻苯二甲酸二丁酯 (dibutyl phthalate, **5**)、4-羟基-3-甲氧基苯甲酸乙酯 (ethyl 4-hydroxy-3-methoxybenzoate, **6**)、二氢猕猴桃内酯 (dihydroactinidolide, **7**)、MF-EA-705β (**8**)、邻苯二甲酸丁基酯 2-乙基己基酯 (butyl 2-ethylhexyl phthalate, **9**)、三十四碳-(20,23)-二烯酸 (*n*-tetratriacont-

20,23-dienoic acid, **10**)、3-羟基豆甾-5,22-二烯-7-酮 (3-hydroxystigmasta-5,22-dien-7-one, **11**)、3-羟基豆甾-5-烯-7-酮 (3-hydroxystigmast-5-en-7-one, **12**)、luffarin X (**13**)、6-羟基豆甾-4,22-二烯-3-酮 (6-hydroxystigmasta-4,22-dien-3-one, **14**)、6-羟基豆甾-4-烯-3-酮 (6-hydroxystigmast-4-en-3-one, **15**)、(3*S*,5*R*,6*S*,7*E*)-5,6-环氧-3-羟基-7-巨豆烯-9-酮 [(3*S*,5*R*,6*S*,7*E*)-5,6-epoxy-3-hydroxy-7-megastigmen-9-one, **16**]、对羟基苯甲酸乙酯 (ethyl *p*-hydroxybenzoate, **17**)、对二乙氧基苯 (*p*-diethoxybenzene, **18**)、(9*Z*,12*Z*,15*Z*)-十八烷基-9,12,15-三烯酸甲酯 [methyl (9*Z*,12*Z*,15*Z*)-octadeca-9,12,15-trienoate, **19**]。其中化合物 **1**、**6—19** 为首次从该属植物中分离得到, 化合物 **2—5** 为首次从该植物中分离得到。采用 CCK-8 法考察了所有化合物对人肝癌 HepG2 细胞、人宫颈癌 Hela 细胞、人乳腺癌 MCF-7 细胞和人皮肤恶性黑色素瘤 A375 细胞的增殖抑制活性, 其中化合物 **2**、**7**、**11**、**15** 表现出良好的选择性细胞增值抑制活性。

1 仪器与材料

Bruker III-500 型核磁共振仪 (德国布鲁克公司); 安捷伦 UPLC/Q-TOF 6230 型色谱仪 (美国安捷伦公司); CBM-20A 型半制备高效液相色谱仪 (日本岛津公司); MP200 型快速中低压制备色谱仪 (天津博纳艾杰尔科技有限公司); 半制备型反相色谱

柱 YMC-Pack ODS-A (250 mm×10 mm, 5 μm)、分析型反相色谱柱 YMC C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm)、RP-C₁₈ 反相硅胶 (40~60 μm, 德国默克公司); CHP-20P gel MCI (日本三菱化学公司); 薄层色谱硅胶 GF₂₅₄ 及柱色谱用 100~200、200~300 目硅胶 (青岛海洋化工集团公司); 葡聚糖凝胶 Sephadex™ LH-20 (美国 Pharmacia 公司); 色谱甲醇购自 Oceanpak 化工技术 (上海) 有限公司; 所有分析纯试剂均购自广东光华科技股份有限公司。

HepG2 细胞 (CL-0103)、Hela 细胞 (CL-0101)、MCF-7 细胞 (CL-0149)、A375 细胞 (CL-0014), 均来源于武汉普诺赛生命科技有限公司, CCK-8 试剂盒购自东仁化学科技有限公司; 顺铂 (批号 B24462) 购自上海源叶生物科技有限公司。

大蕉叶购于广东省普宁中药材专业市场, 样品经广东药科大学中药学院刘基柱副教授鉴定为大蕉 *Musa × paradisiaca* L. 叶子。

2 提取与分离

取干燥大蕉叶约 20 kg, 粉碎后用 95% 乙醇回流提取 3 次 (120 L×3), 每次 3 h, 合并提取液, 减压回收溶剂, 得浸膏约 1.8 kg。浸膏加适量水, 超声使其混悬分散, 依次用石油醚 (60~90 °C)、醋酸乙酯等体积各萃取 3 次, 回收溶剂得到石油醚、醋酸乙酯 2 个萃取部位。取醋酸乙酯萃取部位 (约 250 g) 经硅胶柱色谱 (200~300 目) 分离, 依次用石油醚-醋酸乙酯 (50:1、40:1、30:1、20:1、10:1、5:1、3:1、1:1) 梯度洗脱, 合并洗脱液共得到 8 个流分 Fr. J₁~J₈。

Fr. J₄ (9.6 g) 经硅胶柱色谱 (200~300 目, 100 g), 依次用石油醚-醋酸乙酯 (70:1、50:1、40:1、20:1、5:1、3:1、1:1) 梯度洗脱, 得到 7 个组分 (J_{4.1}~J_{4.7})。J_{4.5} (1.2 g) 经硅胶柱色谱 (200~300 目, 25 g) 分离, 依次用石油醚-醋酸乙酯 (50:1、40:1、30:1、10:1、5:1、1:1) 洗脱, 得到 Fr. J_{4.5.1}~J_{4.5.7} 共 7 个流分。其中 J_{4.5.3} (13.5 mg), 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (80:20) 洗脱, 得到化合物 **1** (1.26 mg); J_{4.5.4} (约 636.5 mg) 反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (80:20) 洗脱, 得到化合物 **2** (2.55 mg) 和 **3** (2.63 mg); J_{4.5.5} (约 158.0 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (80:20) 洗脱, 得到化合物 **4** (1.05 mg)。

Fr. J₅ (8.7 g) 经 MCI gel 柱色谱分离, 依次用甲醇-水 (30:70→100:0) 梯度洗脱, 得到 8 个流

分 (J_{5.1}~J_{5.8})。其中 J_{5.2} (218 mg) 经制备薄层色谱, 石油醚-醋酸乙酯 (3:1) 洗脱, 得到 fr. J_{5.2.1}~J_{5.2.5} 共 5 个流分, 其中 J_{5.2.1} (82.3 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (78:22) 洗脱, 得到化合物 **5** (18.94 mg)。J_{5.4} (约 644.2 mg) 经中低压 ODS 柱, 依次用甲醇-水 (30:70→100:0) 梯度洗脱, 得到 5 个流分 (J_{5.4.1}~J_{5.4.5})。其中 J_{5.4.2} (46.8 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (45:55) 洗脱, 得到化合物 **6** (4.51 mg); J_{5.4.3} (62.2 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (50:50) 洗脱, 得到化合物 **7** (5.90 mg)。J_{5.5} (542.9 mg) 经中低压 ODS 柱, 依次用甲醇-水 (30:70→100:0) 梯度洗脱, 得到 6 个流分 (J_{5.5.1}~J_{5.5.6})。其中 J_{5.5.3} (约 122.2 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (75:25→90:10) 梯度洗脱, 得到化合物 **8** (8.12 mg)、**9** (3.41 mg) 和 **10** (6.71 mg)。J_{5.6} (561.8 mg) 经 Sephadex LH20 色谱柱分离, 甲醇洗脱, 得到 4 个流分 (J_{5.6.1}~J_{5.6.4})。其中 J_{5.6.3} (121 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (90:10) 洗脱, 得到化合物 **11** (4.67 mg) 和 **12** (5.65 mg)。J_{5.7} (3.9 g) 经硅胶柱色谱, 石油醚-醋酸乙酯 (30:1、25:1、20:1、10:1、5:1、1:1) 梯度洗脱, 得到 7 个流分 (J_{5.7.1}~J_{5.7.7})。其中 J_{5.7.3} (100 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (88:12) 洗脱, 得到化合物 **13** (2.58 mg); J_{5.7.5} (897 mg) 经 Sephadex LH20 色谱柱分离, 甲醇洗脱, 得到 6 个流分 (J_{5.7.5.1}~J_{5.7.5.6})。其中 J_{5.7.5.6} (约 81 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (90:10) 洗脱, 得到化合物 **14** (4.35 mg) 和 **15** (8.75 mg)。

Fr. J₆ (约 4.0 g) 经 MCI gel 柱色谱分离, 依次用甲醇-水 (30:70→100:0) 梯度洗脱, 得到 10 个流分 (J_{6.1}~J_{6.10})。J_{6.2} (约 215 mg) 经 Sephadex LH20 色谱柱分离, 甲醇洗脱, 得到 10 个流分 (J_{6.2.1}~J_{6.2.10})。其中 J_{6.2.3} (约 11.2 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (45:55) 洗脱, 得到化合物 **16** (7.25 mg)。J_{6.3} (152.2 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (45:55) 洗脱, 得到化合物 **17** (6.43 mg) 和 **18** (1.04 mg)。J_{6.9} (870 mg) 经 Sephadex LH20 色谱柱分离, 甲醇洗脱, 得到 4 个流分 (J_{6.9.1}~J_{6.9.4})。其中 J_{6.9.4} (202 mg) 经反相半制备 HPLC 分离, 甲醇-水 (60:40) 洗脱, 得到化合物 **19** (5.60 mg)。

3 结构鉴定

化合物 **1**: 黄色油状物; 分子式 C₂₄H₃₈O₄; ESI-MS *m/z*: 391.2 [M+H]⁺; ¹H-NMR (500 MHz, DMSO-

d_6) δ : 7.70 (2H, dd, $J = 3.4, 2.3$ Hz, H-2, 5), 7.67 (2H, dd, $J = 3.3, 2.3$ Hz, H-3, 4), 4.13 (4H, t, $J = 5.2$ Hz, H-1', 1''), 1.62 (2H, dt, $J = 12.0, 6.0$ Hz, H-2', 2''), 1.38 (4H, m, H-3', 3''), 1.36 (4H, m, H-4', 4''), 1.34 (4H, m, H-5', 5''), 1.29 (4H, m, H-7', 7''), 0.85 (6H, d, $J = 6.8$ Hz, H-6', 6''), 0.88 (6H, d, $J = 7.4$ Hz, H-8', 8''); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, DMSO- d_6) δ : 167.0 (C-7, 8), 131.8 (C-1, 6), 128.7 (C-2, 5), 131.6 (C-3, 4), 67.5 (C-1', 1''), 38.1 (C-2', 2''), 29.9 (C-3', 3''), 28.4 (C-4', 4''), 23.3 (C-5', 5''), 13.9 (C-6', 6''), 22.4 (C-7', 7''), 10.8 (C-8', 8''). 上述波谱数据与文献报道基本一致^[6], 故鉴定化合物 **1** 为邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯。

化合物 **2**: 白色粉末; 分子式 $\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 227.2 $[\text{M}-\text{H}]^-$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 2.37 (2H, t, $J = 7.6$ Hz, H-2), 1.63 (2H, m, H-3), 1.30 (20H, m, H-4~13), 0.90 (3H, m, H-14); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 177.9 (C-1), 34.0 (C-2), 24.9 (C-3), 29.2~29.9 (C-4~11), 32.1 (C-12), 22.8 (C-13), 14.3 (C-14)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[7], 故鉴定化合物 **2** 为肉豆蔻酸。

化合物 **3**: 白色粉末; 分子式 $\text{C}_{15}\text{H}_{30}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 241.2 $[\text{M}-\text{H}]^-$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 2.35 (2H, t, $J = 7.5$ Hz, H-2), 1.63 (2H, dt, $J = 15.0, 7.5$ Hz, H-3), 0.88 (3H, t, $J = 7.0$ Hz, H-15); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 177.9 (C-1), 34.0 (C-2), 24.9 (C-3), 29.2 (C-4), 29.4 (C-5), 29.6 (C-6), 29.7 (C-7), 29.8 (C-8), 29.8 (C-9), 29.8 (C-10), 29.8 (C-11), 29.5 (C-12), 32.1 (C-13), 22.8 (C-14), 14.3 (C-15)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[8], 故鉴定化合物 **3** 为正十五酸。

化合物 **4**: 淡黄色液体; 分子式 $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 279.2 $[\text{M}-\text{H}]^-$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 5.35 (4H, m, H-9, 10, 12, 13), 2.79 (2H, dd, $J = 6.5, 6.6$ Hz, H-11), 2.35 (2H, t, $J = 7.7$ Hz, H-2), 2.05 (4H, m, H-8, 14), 1.25 (16H, m, H-3~7, 15~17), 0.88 (3H, t, $J = 6.6$ Hz, H-18); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 177.9 (C-1), 33.7 (C-2), 24.9 (C-3), 29.4 (C-4), 29.5 (C-5), 29.6 (C-6), 29.9 (C-7), 27.4 (C-8), 130.2 (C-9), 128.2 (C-10), 25.8 (C-11), 128.2 (C-12), 130.4 (C-13), 29.2 (C-14), 29.7 (C-15), 31.7 (C-16), 22.8 (C-17), 14.2 (C-18)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[9], 故鉴定化合物 **4** 为亚油酸。

化合物 **5**: 无色油状液体; 分子式为 $\text{C}_{16}\text{H}_{22}\text{O}_4$;

ESI-MS m/z : 279.2 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 7.71 (2H, dd, $J = 5.7, 3.3$ Hz, H-4, 5), 7.53 (2H, dd, $J = 5.7, 3.3$ Hz, H-3, 6), 4.31 (2H, t, $J = 6.7$ Hz, H-1'), 1.73 (2H, q, $J = 7.3$ Hz, H-2'), 1.44 (2H, m, H-3'), 0.96 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-4'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 167.9 (COO-), 132.5 (C-1, 2), 131.1 (C-4, 5), 129.00 (C-3, 6), 65.7 (C-1'), 30.8 (C-2'), 19.4 (C-3'), 13.9 (C-4')。上述波谱数据与文献报道基本一致^[10], 故确定化合物 **5** 为邻苯二甲酸二丁酯。

化合物 **6**: 黄色油状物; 分子式为 $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_4$; ESI-MS m/z : 197.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 7.64 (1H, dd, $J = 8.3, 1.8$ Hz, H-6), 7.55 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2), 6.93 (1H, d, $J = 8.3$ Hz, H-5), 4.35 (2H, q, $J = 7.1$ Hz, H-8), 3.91 (3H, s, OCH₃), 1.38 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, H-9); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 166.6 (C-7), 150.1 (C-4), 146.3 (C-3), 124.3 (C-1), 122.8 (C-6), 114.1 (C-5), 111.9 (C-2), 60.9 (C-8), 56.3 (3-OCH₃), 14.5 (C-9)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **6** 为4-羟基-3-甲氧基苯甲酸乙酯。

化合物 **7**: 淡黄色固体; 分子式为 $\text{C}_{11}\text{H}_{16}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 181.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 5.64 (1H, s, H-3), 1.29 (1H, m, H-5 β), 1.47 (1H, m, H-5 α), 1.73 (2H, m, H-6), 2.23 (1H, d, $J = 5.9$ Hz, H-7 α), 1.75 (1H, m, H-7 β), 1.56 (3H, s, H-8), 1.27 (3H, s, H-9), 1.22 (3H, s, H-10); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 182.6 (C-2), 112.5 (C-3), 172.2 (C-3a), 36.7 (C-4), 40.2 (C-5), 19.8 (C-6), 41.8 (C-7), 87.4 (C-7a), 24.5 (C-8), 24.3 (C-9), 30.0 (C-10)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **7** 为二氢猕猴桃内酯。

化合物 **8**: 无色油状物; 分子式为 $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 295.2 $[\text{M}-\text{H}]^-$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 3.06 (2H, d, $J = 7.0$ Hz, H-2), 5.65 (1H, dt, $J = 15.7$ Hz, H-3), 5.99 (1H, dd, $J = 15.2, 11.0$ Hz, H-4), 6.09 (1H, m, H-5), 5.81 (1H, dd, $J = 15.2, 11.0$ Hz, H-6), 6.09 (1H, m, H-7), 6.94 (1H, d, $J = 7.4$ Hz, H-10), 7.02 (1H, brd, $J = 8.2$ Hz, H-11), 7.06 (1H, brs, H-13), 6.20 (1H, d, $J = 11.2$ Hz, H-15), 5.56 (1H, dt, $J = 11.7$ Hz, H-16), 2.19 (2H, q, $J = 7.5$ Hz, H-17), 0.97 (3H, t, $J = 7.5$ Hz, H-18), 2.33 (3H, s, H-19), 1.98 (3H, s, H-20); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 174.5 (C-1), 34.2 (C-2), 114.1 (C-3), 133.9 (C-4), 128.5 (C-5), 132.0

(C-6), 127.5 (C-7), 140.4 (C-8), 135.5 (C-9), 128.4 (C-10), 127.3 (C-11), 134.4 (C-12), 131.0 (C-13), 134.3 (C-14), 127.1 (C-15), 132.3 (C-16), 25.0 (C-17), 14.1 (C-18), 22.8 (C-19), 25.0 (C-20)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **8** 为 MF-EA-705 β 。

化合物 **9**: 淡黄色油状物; 分子式为 $C_{20}H_{30}O_4$; ESI-MS m/z : 335.2 $[M+H]^+$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 7.71 (2H, m, H-3, 6), 7.53 (2H, dd, $J = 5.6$, 3.4 Hz, H-4, 5), 4.30 (2H, t, $J = 6.7$ Hz, H-1'), 4.22 (2H, qd, $J = 10.9$, 5.9 Hz, H-1''), 1.70 (3H, m, H-2', 2''), 1.43 (4H, m, H-3', a''), 1.31 (6H, m, H-3''~5''), 0.93 (9H, m, H-4', 6'', b''); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 131.0 (C-1), 131.1 (C-2), 129.0 (C-3, 6), 132.6 (C-4), 132.5 (C-5), 65.7 (C-1'), 30.7 (C-2'), 19.3 (C-3'), 13.9 (C-4'), 14.2 (C-6''), 68.3 (C-1''), 38.9 (C-2''), 30.5 (C-3''), 29.1 (C-4''), 23.1 (C-5''), 23.9 (C-a''), 11.1 (C-b''), 167.9 (COO-), 168.0 (COO-')。上述波谱数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **9** 为邻苯二甲酸丁基酯-2-乙基己基酯。

化合物 **10**: 白色粉末; 分子式为 $C_{34}H_{64}O_2$; ESI-MS m/z : 503.5 $[M-H]^-$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 2.34 (2H, dd, $J = 7.2$, 7.8 Hz, H-2), 1.65 (2H, m, H-3), 2.07 (2H, m, H-19), 5.35 (1H, m, H-20), 5.37 (1H, m, H-21), 2.79 (2H, t, $J = 7.4$ Hz, H-22), 5.39 (1H, m, H-23), 5.33 (1H, m, H-24), 2.05 (2H, m, H-25), 0.88 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, H-34), 1.37 (16H, brs, $8 \times CH_2$), 1.32 (18H, brs, $9 \times CH_2$), 1.30 (8H, brs, $4 \times CH_2$), 1.26 (4H, brs, $2 \times CH_2$); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 179.7 (C-1), 32.1 (C-2), 29.8 (C-19), 128.2 (C-20), 130.4 (C-21), 34.1 (C-22), 130.2 (C-23), 128.1 (C-24), 31.7 (C-25), 29.7~22.7 (C-3~18, 26~33), 14.2 (C-34)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **10** 为三十四碳-(20,23)-二烯酸。

化合物 **11**: 无色针晶(氯仿), mp 151~153 $^{\circ}C$; 分子式 $C_{29}H_{46}O_2$; ESI-MS m/z : 427.3 $[M+H]^+$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.67 (1H, m, H-3), 5.69 (1H, s, H-6), 0.69 (3H, s, H-18), 1.20 (3H, s, H-19), 1.03 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-21), 5.02 (1H, dd, $J = 15.2$, 8.7 Hz, H-22), 5.17 (1H, dd, $J = 15.2$, 8.6 Hz, H-23), 0.79 (3H, d, $J = 1.7$ Hz, H-26), 0.81 (3H, d, $J = 7.3$ Hz, H-27), 0.85 (3H, t, $J = 6.4$ Hz, H-29); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 36.5 (C-1), 31.4 (C-2), 70.7 (C-3),

42.0 (C-4), 165.2 (C-5), 126.3 (C-6), 202.4 (C-7), 45.6 (C-8), 50.1 (C-9), 38.4 (C-10), 21.4 (C-11), 38.8 (C-12), 43.2 (C-13), 50.1 (C-14), 26.6 (C-15), 29.2 (C-16), 54.9 (C-17), 12.4 (C-18), 17.5 (C-19), 40.4 (C-20), 21.6 (C-21), 138.2 (C-22), 129.7 (C-23), 51.4 (C-24), 32.0 (C-25), 19.2 (C-26), 21.2 (C-27), 25.5 (C-28), 12.4 (C-29)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **11** 为 3-羟基豆甾-5,22-二烯-7-酮。

化合物 **12**: 白色粉末; 分子式 $C_{29}H_{48}O_2$; ESI-MS m/z : 429.4 $[M+H]^+$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 3.67 (1H, m, H-3), 5.69 (1H, s, H-6), 0.68 (3H, s, 18-CH₃), 1.20 (3H, s, 19-CH₃), 0.93 (3H, d, $J = 6.4$ Hz, 21-CH₃), 0.80 (3H, d, $J = 7.6$ Hz, 26-CH₃), 0.82 (3H, d, $J = 3.6$ Hz, 27-CH₃), 0.84 (3H, d, $J = 2.5$ Hz, 29-CH₃); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 36.5 (C-1), 31.3 (C-2), 70.7 (C-3), 42.0 (C-4), 165.2 (C-5), 126.3 (C-6), 202.5 (C-7), 45.6 (C-8), 50.1 (C-9), 38.9 (C-10), 21.4 (C-11), 38.4 (C-12), 43.3 (C-13), 50.1 (C-14), 26.5 (C-15), 28.7 (C-16), 54.9 (C-17), 12.1 (C-18), 17.5 (C-19), 36.2 (C-20), 19.1 (C-21), 34.1 (C-22), 26.3 (C-23), 46.0 (C-24), 29.3 (C-25), 19.2 (C-26), 19.9 (C-27), 23.2 (C-28), 12.1 (C-29)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[16], 故化合物 **12** 鉴定为 3-羟基豆甾-5-烯-7-酮。

化合物 **13**: 无色油状物; 分子式为 $C_{20}H_{36}O_2$; ESI-MS m/z : 309.3 $[M+H]^+$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 0.83 (3H, d, $J = 6.2$ Hz, H-18), 0.86 (6H, d, $J = 3.4$ Hz, H-1, 17), 0.87 (3H, d, $J = 1.8$ Hz, H-19), 1.02~1.68 (2H, m, H-6, 10), 1.56 (1H, dq, $J = 6.6$, 6.6 Hz, H-2), 2.39 (2H, t, $J = 7.9$ Hz, H-13), 4.73 (2H, d, $J = 1.7$ Hz, H-20), 5.84 (1H, m, H-15); ^{13}C -NMR (125 MHz, $CDCl_3$) δ : 22.9 (C-1), 28.1 (C-2), 39.5 (C-3), 25.0 (C-4), 37.5 (C-5), 32.7 (C-6), 37.4 (C-7), 24.6 (C-8), 37.4 (C-9), 32.9 (C-10), 36.7 (C-11), 115.6 (C-14), 170.7 (C-15), 22.8 (C-17), 19.7 (C-18), 19.9 (C-19), 73.2 (C-20)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[17], 故确定化合物 **13** 为 luffarin X。

化合物 **14** 为白色粉末; 分子式为 $C_{29}H_{46}O_2$; ESI-MS m/z : 427.3 $[M+H]^+$; 1H -NMR (500 MHz, $CDCl_3$) δ : 2.05 (1H, m, H-1 β), 1.76 (1H, m, H-1 α), 2.53 (1H, m, H-2 β), 2.40 (1H, m, H-2 α), 5.82 (1H, s, H-4), 4.35 (1H, s, H-6), 2.02 (1H, m, H-7 β), 1.25 (1H, m, H-7 α), 1.97 (1H, m, H-8 β), 0.93 (1H, m, H-9), 1.52 (2H, m, H-11), 2.04 (1H, m, H-12 β), 1.21 (1H, m, H-12 α),

1.06 (1H, m, H-14), 1.66 (1H, m, H-15 β), 1.18 (1H, m, H-15 α), 1.76 (1H, m, H-16 β), 1.31 (1H, m, H-16 α), 1.19 (1H, m, H-17), 0.76 (3H, s, H-18), 1.38 (3H, s, H-19), 2.07 (1H, m, H-20), 1.02 (3H, d, $J = 6.6$ Hz, H-21), 5.15 (1H, dd, $J = 15.2, 8.6$ Hz, H-22), 5.03 (1H, dd, $J = 15.2, 8.8$ Hz, H-23), 1.55 (2H, m, H-24, 25), 0.83 (3H, d, $J = 4.3$ Hz, H-26), 0.79 (3H, d, $J = 7.4$ Hz, H-27), 1.88 (1H, m, H-28 β), 1.44 (1H, m, H-28 α), 0.81 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-29); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 37.3 (C-1), 34.4 (C-2), 200.5 (C-3), 126.5 (C-4), 168.5 (C-5), 73.5 (C-6), 38.7 (C-7), 29.9 (C-8), 53.8 (C-9), 38.2 (C-10), 21.1 (C-11), 39.7 (C-12), 42.6 (C-13), 56.2 (C-14), 24.4 (C-15), 29.0 (C-16), 56.1 (C-17), 12.4 (C-18), 19.7 (C-19), 40.6 (C-20), 21.3 (C-21), 138.3 (C-22), 129.7 (C-23), 51.4 (C-24), 32.0 (C-25), 19.2 (C-26), 21.2 (C-27), 25.6 (C-28), 12.4 (C-29)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **14** 为 6-羟基豆甾-4, 22-二烯-3-酮。

化合物 **15**: 白色针晶(氯仿), mp 212~214 $^{\circ}\text{C}$; 分子式 $\text{C}_{29}\text{H}_{48}\text{O}_2$; ESI-MS m/z : 429.4 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 2.04 (1H, m, H-1 β), 1.72 (1H, m, H-1 α), 2.52 (1H, m, H-2 β), 2.41 (1H, m, H-2 α), 5.81 (1H, s, H-4), 4.33 (1H, d, $J = 2.9$ Hz, H-6), 2.01 (1H, m, H-7 β), 1.24 (1H, m, H-7 α), 1.95 (1H, m, H-8), 0.92 (1H, m, H-9), 1.52 (2H, m, H-11), 2.05 (1H, m, H-12 β), 1.16 (1H, m, H-12 α), 1.02 (1H, m, H-14), 1.63 (1H, m, H-15 β), 1.16 (1H, m, H-15 α), 1.87 (1H, m, H-16 β), 1.32 (1H, m, H-16 α), 1.02 (1H, m, H-17), 0.74 (3H, s, H-18), 1.35 (3H, s, H-19), 1.37 (1H, m, H-20), 0.92 (3H, d, $J = 6.5$ Hz, H-21), 1.31 (1H, m, H-22 β), 1.02 (1H, m, H-22 α), 1.17 (2H, m, H-23), 0.95 (1H, m, H-24), 1.66 (1H, m, H-25), 0.85 (3H, d, $J = 1.6$ Hz, H-26), 0.81 (3H, d, $J = 6.8$ Hz, H-27), 1.25 (2H, m, H-28), 0.86 (1H, t, $J = 7.3$ Hz, H-29); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 37.3 (C-1), 34.4 (C-2), 200.5 (C-3), 126.5 (C-4), 168.5 (C-5), 73.5 (C-6), 38.7 (C-7), 29.9 (C-8), 53.8 (C-9), 38.2 (C-10), 21.1 (C-11), 39.8 (C-12), 42.7 (C-13), 56.2 (C-14), 24.3 (C-15), 28.3 (C-16), 56.1 (C-17), 12.1 (C-18), 19.7 (C-19), 36.3 (C-20), 19.2 (C-21), 34.1 (C-22), 26.3 (C-23), 46.0 (C-24), 29.3 (C-25), 20.0 (C-26), 18.9 (C-27), 23.2 (C-28), 12.2 (C-29)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[18], 故鉴定化合物 **15** 为 6-羟基豆甾-4-烯-3-酮。

化合物 **16**: 白色粉末; 分子式 $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{O}_3$; ESI-MS m/z : 225.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 7.04 (1H, m, H-7), 6.32 (1H, d, $J = 15.6$ Hz, H-8), 3.89 (1H, m, H-3), 2.28 (3H, s, H-10), 2.02 (2H, H-4), 1.68 (1H, dd, $J = 15.1, 6.8$ Hz, H-2 β), 1.31 (1H, dd, $J = 15.1, 10.4$ Hz, H-2 α), 1.20 (6H, d, $J = 9.9$ Hz, H-12, 13), 0.99 (3H, s, H-11); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 34.7 (C-1), 41.2 (C-2), 66.0 (C-3), 46.6 (C-4), 67.4 (C-5), 69.8 (C-6), 141.7 (C-7), 132.9 (C-8), 197.5 (C-9), 28.5 (C-10), 25.8 (C-11), 28.6 (C-12), 20.3 (C-13)。上述波谱数据与文献报道基本一致^[19], 故鉴定化合物为化合物 **16** 为 (3*S*,5*R*,6*S*,7*E*)-5, 6-环氧-3-羟基-7-巨豆烯-9-酮。

化合物 **17**: 白色粉末; 分子式为 $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3$; ESI-MS m/z : 167.1 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 7.96 (2H, dd, $J = 6.8, 1.8$ Hz, H-2, 6), 6.87 (2H, dd, $J = 6.8, 1.8$ Hz, H-3, 5), 6.17 (1H, brs, -OH), 4.35 (2H, q, $J = 7.1$ Hz, H-1'), 1.38 (3H, t, $J = 7.1$ Hz, H-2'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 166.9 (-COO-), 123.0 (C-1), 132.0 (C-2, 6), 115.3 (C-3, 5), 160.2 (C-4), 61.0 (C-1'), 14.5 (C-2')。上述波谱数据与文献报道基本一致^[20], 故鉴定化合物 **17** 为对羟基苯甲酸乙酯。

化合物 **18**: 白色粉末, 分子式 $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}_2$, ESI-MS m/z : 167.2 $[\text{M}+\text{H}]^+$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 6.85 (4H, s, H-2, 3, 5, 6), 4.35 (4H, q, $J = 7.1$ Hz, H-1', 3'), 1.38 (6H, t, $J = 7.1$ Hz, H-2', 4'); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 132.0 (C-1, 4), 115.2 (C-2, 3, 5, 6), 60.9 (C-1', 3'), 14.53 (C-2', 4')。上述波谱数据与文献报道基本一致^[21], 故鉴定化合物 **18** 为对二乙氧基苯。

化合物 **19**: 无色油状物; HR-ESI-MS m/z : 293.241 1 $[\text{M}+\text{H}]^+$, 分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{32}\text{O}_2$; $^1\text{H-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ : 5.30~5.41 (6H, m, H-9, 10, 12, 13, 15, 16), 3.60 (3H, s, -OCH₃), 2.79 (4H, m, H-11, 14), 2.28~2.33 (2H, m, H-2), 2.03~2.08 (4H, t, $J = 5.3$ Hz, H-8, 17), 1.60~1.64 (2H, m, H-3), 1.28~1.31 (8H, brs, H-4~7), 0.96 (3H, t, $J = 7.4$ Hz, H-18); $^{13}\text{C-NMR}$ (125 MHz, CDCl_3) δ : 34.3 (C-2), 25.1 (C-3), 29.3 (C-4), 29.3 (C-5), 29.3 (C-6), 29.7 (C-7), 27.6 (C-8), 130.4 (C-9), 127.3 (C-10), 25.6 (C-11), 128.7 (C-12), 128.6 (C-13), 25.7 (C-14), 127.8 (C-15), 132.5 (C-16), 20.9 (C-17), 14.7 (C-18), 上述波谱数据与文献报道(9*Z*,12*Z*,15*Z*)-十八碳三烯醛中非羰基部分数据基本一致^[22], 同时, 3.66 (3H, s), 51.9 峰信号表明化合物

存在-OCH₃ 片段, 174.0 (C-1) 表明化合物存在酯基。综上所述, 鉴定化合物 **19** 为 (9Z,12Z,15Z)-十八烷基-9,12,5-三烯酸甲酯。

4 活性评价

参考文献报道方法^[23-24], 以顺铂为阳性对照, 采用 CCK-8 法测定了化合物 **1~19** 在 6.25、12.5、25、50、100 μmol/L 浓度下, 作用于 HepG2、A375、Hela 及 MCF-7 细胞 24 h 后的体外增殖抑制情况, 并计算其 IC₅₀ 值, 结果见表 1。对于 HepG2 细胞, 化合物 **3**、**5**、**11**、**15** 和 **17** 表现出较弱的细胞增殖抑制作用; 对于 A375 细胞, 化合物 **7** 和 **11** 表现出良好的抑制作用, 其活性略弱于顺铂; 而化合物 **5**、**15** 表现出弱的抑制作用; 对于 Hela 细胞, 化合物 **5**、**7**、**11** 和 **15** 表现出弱的抑制活性; 对 MCF-7 细胞, 化合物 **2** 和 **15** 表现出强的抑制活性, 其活性略强于顺铂; 而化合物 **5**、**11** 和 **14** 表现出弱的抑制活性。

5 讨论

本研究从大蕉叶 95%乙醇提取物的醋酸乙酯

表 1 化合物 **1~19** 对肿瘤细胞作用体外增殖抑制活性 ($\bar{x} \pm s, n = 6$)

Table 1 Antiproliferative activity against tumor cells of compounds **1—19** *in vitro* ($\bar{x} \pm s, n = 6$)

化合物	IC ₅₀ /(μmol·L ⁻¹)			
	HepG2	A375	Hela	MCF-7
顺铂	37.85±2.28	40.13±3.60	42.55±1.86	48.36±3.22
1	>100	>100	>100	>100
2	>100	>100	>100	40.26±4.12
3	84.00±5.3	>100	>100	>100
4	>100	>100	>100	>100
5	92.86±2.55	82.64±6.49	96.75±1.82	98.01±3.11
6	>100	>100	>100	>100
7	>100	43.00±3.67	88.31±0.89	>100
8	>100	>100	>100	>100
9	>100	>100	>100	>100
10	>100	>100	>100	>100
11	89.92±5.23	50.00±2.82	90.73±5.64	75.92±6.03
12	>100	>100	>100	>100
13	>100	>100	>100	>100
14	>100	>100	>100	87.00±2.65
15	92.59±1.39	89.57±1.34	90.01±3.62	45.00±3.12
16	>100	>100	>100	>100
17	78.20±3.51	>100	>100	>100
18	>100	>100	>100	>100
19	>100	>100	>100	>100

萃取部位分离得到 19 个化合物, 均为首次从该种植物中分离得到, 其中化合物 **1** 和 **6~19** 为该属中首次发现。对所有化合物进行了体外细胞增殖抑制活性评价, 结果显示大部分测试化合物在 4 种癌细胞系上活性微弱 (IC₅₀>100 μmol/L), 但部分化合物表现出选择性活性。其中, 化合物 **7** 和 **11** 对 A375 细胞的抑制活性 (IC₅₀ 分别为 43.00、50.00 μmol/L) 与阳性药顺铂 (IC₅₀=40.13 μmol/L) 相近; 尤为重要的是, 化合物 **2** 和 **15** 对人乳腺癌 MCF-7 细胞株表现强于顺铂的抑制活性 (IC₅₀ 分别为 40.26、45.00 μmol/L, 顺铂 IC₅₀=48.36 μmol/L)。本研究仅为体外水平的初步活性筛选, 这些活性化合物的具体作用机制 (如诱导凋亡、周期阻滞等) 及其体内药效与毒性尚待后续深入研究予以阐明。本研究丰富了大蕉叶的化学成分多样性认识, 为其潜在的药用价值开发提供了科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 《深圳植物志》编辑委员会. 深圳植物志 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2016, 4: 412.
- [2] 柯佑鹏, 过建春, 方佳, 等. 中国香蕉生产及贸易的发展趋势分析 [J]. 中国热带农业, 2008(1): 14-16.
- [3] Sahaa R K, Acharyaa S, Shovon S S H, *et al.* Medicinal activities of the leaves of *Musa sapientum* var. *sylvestris* *in vitro* [J]. *Asian Pac J Trop Biomed*, 2013, 3(6): 476-482.
- [4] Mathew N S, Negi P S. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of wild banana (*Musa acuminata* Colla): A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 196: 124-140.
- [5] Pereira A, Maraschin M. Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 160: 149-163.
- [6] 魏鑫, 张卫, 杨欣, 等. 越南槐根的抗 HIV 活性成分研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2023, 31(3): 417-423.
- [7] 刘晓敏, 赵佳敏, 兰嘉豪, 等. 蒺藜果实化学成分及其抗氧化活性研究 [J]. 中草药, 2023, 54(15): 4774-4779.
- [8] 许俊申, 盛天露, 刘文琴, 等. 苍耳化学成分的研究 (II) [J]. 中成药, 2023, 45(10): 3301-3306.
- [9] 尹露莹, 司金光, 张海新, 等. 白术化学成分及抗炎活性研究 [J]. 中草药, 2025, 56(2): 408-420.
- [10] 潘娟, 王丹妮, 郝智超, 等. 槲寄生中的新倍半萜类化合物 [J]. 中草药, 2025, 56(17): 6093-6107.
- [11] 刘宝, 胡飞龙, 雷福厚, 等. 灰色紫金牛化学成分研究 [J]. 中药材, 2019, 42(3): 560-562.
- [12] 柳庆龙, 陈阿虹, 唐进英, 等. 胆木枝叶的化学成分研

- 究 [J]. 中草药, 2017, 48(1): 52-57.
- [13] Qureshi A, Mauger J B, Cano R J, *et al.* MF-EA-705alpha & MF-EA-705beta, new metabolites from microbial fermentation of a *Streptomyces* sp [J]. *J Antibiot*, 2001, 54(12): 1100-1103.
- [14] 刘吉飞, 王昶, 霍金海, 等. 桃椰子的化学成分研究 [J]. 中药材, 2018, 41(11): 2571-2573.
- [15] 瞿城, 乐世俊, 林航, 等. 红花化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 46(13): 1872-1877.
- [16] 赵兴, 刘翰飞, 王欢, 等. 拟红紫珠中 1 个新的木脂素葡萄糖苷化合物 [J]. 中草药, 2023, 54(21): 6953-6960.
- [17] Butler M S, Capon R J. The luffarins (A-Z), novel terpenes from an Australian marine sponge, *Luffariella geometrica* [J]. *Aust J Chem*, 1992, 45(10): 1705-1743.
- [18] 刘志莹, 葛格, 刘庭亮, 等. 云南野独活的化学成分研究 [J]. 药学学报, 2025, 60(3): 646-654.
- [19] 朱虹, 唐生安, 秦楠, 等. 旋覆花中化学成分及其活性研究 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39(1): 83-88.
- [20] 徐雅桐, 张博文, 刘晏灵, 等. 草麻黄根中 1 个新萜类化合物 [J]. 中草药, 2025, 56(14): 4933-4937.
- [21] Ouyang M, Yu Z W, Xu Y, *et al.* Electrochemically synthesis and characterization of copolymers based on 1, 4-diethoxybenzene and 3, 4-ethylenedioxythiophene [J]. *Adv Mater Res*, 2011, 335/336: 989-993.
- [22] 严赞开, 何估, 张钟宁. 美国白蛾性信息素(9Z, 12Z)-十八碳二烯醛及 (9Z,12Z,15Z)-十八碳三烯醛的合成 [J]. 农药学学报, 2002, 4(2): 85-88.
- [23] 蔡文涛. MTT 法和 CCK-8 法检测中药抗病毒活性成分细胞毒性的比较 [J]. 湖北大学学报: 自然科学版, 2017, 39(3): 305-310.
- [24] Kageyama M, Li K J, Sun S, *et al.* Anti-tumor and anti-metastasis activities of honey bee larvae powder by suppressing the expression of EZH2 [J]. *Biomed Pharmacother*, 2018, 105: 690-696.

[责任编辑 王文倩]