

引文格式: 段熊仙, 赵从琪, 吕芬, 等. 艳山姜果实化学成分研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2022, 37(3): 535–539.
DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202012078

艳山姜果实化学成分研究*

段熊仙¹, 赵从琪², 吕芬², 李振杰³, 张玲³, 陈军文^{1**}, 徐俊驹^{2,4**}

(1. 云南农业大学 农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学 烟草学院, 云南 昆明 650201;
3. 云南中烟工业有限责任公司技术中心, 云南 昆明 650231; 4. 云南省高校高原特色香料
植物资源持续利用重点实验室, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】研究艳山姜果实的化学成分。【方法】利用甲醇提取艳山姜果实得到粗提物, 经水溶解后用乙酸乙酯萃取; 采用正相硅胶柱色谱、薄层层析色谱和 HPLC 分离方法对乙酸乙酯萃取物进行分离纯化, 运用¹³C NMR、¹H NMR 和 ESI-MS 光谱分析方法对所得化合物进行结构鉴定。【结果】从艳山姜果实中分离得到 7 个化合物, 分别鉴定为: bis (2-ethylhexyl) benzene-1,2-dicarboxylate (1)、terephthalic acid bis (2-ethylhexyl) ester (2)、dibutyl phthalate (3)、n-triacont-11-enoic acid (4)、豆甾醇 (5)、dihydro-5,6-dehydrokawain (6) 和 aniba dimer A (7)。【结论】化合物 1~4 为首次从该植物中分离得到。

关键词: 山姜属; 艳山姜; 化学成分

中图分类号: Q949.718.33

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2022) 03-0535-05

Chemical Constituents from the Fruits of *Alpinia zerumbet*

DUAN Xiong-xian¹, ZHAO Cong-qi², LYU Fen², LI Zhen-jie³,
ZHANG Ling³, CHEN Jun-wen¹, XU Jun-ju^{2,4}

(1. College of Agronomy and Biotechnology Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;
2. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Technology Center of
China Tobacco Yunnan Industrial Co., Ltd., Kunming 650231, China; 4. Key Laboratory of Sustainable Utilization of
Plateau Characteristic Spice Plant Resources, Education Department of Yunnan Province, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] To study the chemical constituents from the fruits of *Alpinia zerumbet*. [Methods] The fruits of *A. zerumbet* were macerated by methanol and then the concentrated crude extraction was partitioned between AcOEt and H₂O. The AcOEt extracts were separated and purified by chromatography methods of normal phase silica gel column, thin layer, and HPLC. The structures of the obtained compounds were identified on the basis of spectroscopic analysis, including ¹³C NMR, ¹H NMR, and ESI-MS. [Results] Seven compounds were isolated from the fruits of *A. zerumbet*, which were identified as: bis (2-ethylhexyl) benzene-1,2-dicarboxylate (1), terephthalic acid bis (2-ethylhexyl) ester (2), dibutylphthalate (3), n-triacont-11-enoic acid (4), stigmasterol (5), dihydro-5,6-

收稿日期: 2020-12-31 修回日期: 2021-09-06 网络首发日期: 2022-05-17

*基金项目: 国家自然科学基金项目 (31760098); 云南省农业联合专项 (2018FG001-023); 云南中烟工业有
限责任公司项目 (2020539200340205, 2020539200340152)。

作者简介: 段熊仙 (1994—), 女, 云南楚雄人, 在读硕士研究生, 主要从事植物化学研究。

E-mail: 2194141647@qq.com

**通信作者 Corresponding authors: 陈军文 (1976—), 男, 湖南沅陵人, 博士, 教授, 主要从事植物生理生
态学研究。E-mail: cjw31412@163.com; 徐俊驹 (1977—), 男, 湖北武汉人, 博士, 教授, 主要
从事植物化学研究。E-mail: junjuxu007@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20220517.0953.001.html>



dehydrokawain (6), aniba dimer A (7). [Conclusion] Compounds 1-4 were isolated from this plant for the first time.

Keywords: *Alpinia* Roxb; *Alpinia zerumbet*; chemical constituents

艳山姜 (*Alpinia zerumbet*) 为姜科 (Zingiberaceae) 山姜属 (*Alpinia*) 植物, 别名玉桃、大良姜、假砂仁、土砂仁等, 广泛分布于中国东南部至西南部各地, 是治理石漠化的重要经济植物, 也是民间常用的香料植物资源^[1-2]。艳山姜作为一种重要的中药材, 其干燥成熟果实是贵州少数民族的常用药材之一^[3]。有文献记载: 以新鲜或干燥成熟的艳山姜果实入药, 具有行气止痛、温中燥湿和截疟等功效, 主治消化不良、心腹冷痛、胸腹胀满、呕吐腹泻和疟疾等病症^[4]。艳山姜主要化学成分为挥发油类和黄酮类^[5], 现代药理研究表明: 艳山姜具有抗菌^[6]、抗氧化^[7]、抗炎镇痛^[8]、杀虫驱虫^[9]、抗癌^[10]和神经保护^[11]等活性。目前, 国内外对艳山姜的研究主要集中于挥发油及其活性方面, 对其他具体化合物研究较少。为进一步开发艳山姜的药用价值, 明确其活性物质基础, 本研究对艳山姜果实进行系统的化学成分分析。

1 材料与方法

1.1 试验材料

艳山姜果实由云南恩和生物有限公司提供, 并由云南农业大学烟草学院徐俊驹教授鉴定。

1.2 试验方法

1.2.1 艳山姜果实化学成分提取

取干燥的艳山姜果实 24 kg, 经粉碎机粉碎, 放入 80 L 的渗透桶中, 倒入甲醇溶液 50 L 浸泡 10 h, 减压蒸馏, 反复提取 8 次, 得到粗提物 5 kg。将粗提物溶于蒸馏水中, 用乙酸乙酯反复萃取 10 余次, 回收乙酸乙酯后得到萃取物 2 kg。

1.2.2 艳山姜果实化学成分分离纯化

用石油醚和丙酮按体积比 (50 : 1、30 : 1、20 : 1、10 : 1、8 : 2、7 : 3、6 : 4 和 1 : 1) 对乙酸乙酯层萃取物进行硅胶柱色谱分离, 梯度洗脱, 得到 10 个组分 (F1~F10)。

F6 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (50 : 1~8 : 2)] 梯度洗脱, 得到 12 个组分 (F6.1~F6.12);

F6.6 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (30 : 1~8 : 2)] 梯度洗脱, 得到 8 个组分 (F6.6.1~F6.6.8); F6.6.4 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (30 : 1~10 : 1)] 梯度洗脱后, 得到 5 个组分 (F6.6.4.1~F6.6.4.5); F6.6.4.5 经制备型薄层色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (20 : 1)] 分离后, 得到化合物 4 (0.5 g); F6.6.5 经制备型薄层色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (20 : 1)] 分离后, 再利用 HPLC [甲醇 : 水 (8 : 2~1 : 0)] 梯度洗脱, 得到化合物 1 (4.0 mg); F6.6.6 经制备型薄层色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (10 : 1)] 分离后, 再经 HPLC [甲醇 : 水 (8.5 : 1.5~1 : 0)] 梯度洗脱, 得到化合物 2 (4.5 mg); F6.6.7 经制备型薄层色谱 [石油醚 : 丙酮 (20 : 1)] 分离后, 再经 HPLC [甲醇 : 水 (8 : 2~1 : 0)] 梯度洗脱, 得到化合物 3 (5.0 mg)。

F7 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 丙酮 (30 : 1~6 : 4)] 梯度洗脱, 得到 10 个组分 (F7.1~F7.10); F7.6 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (20 : 1~6 : 4)] 梯度洗脱, 得到 9 个组分 (F7.6.1~F7.6.9); F7.6.8 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 丙酮 (10 : 1~6 : 4)] 分离后, 得到 4 个组分 (F7.6.8.1~F7.6.8.4); F7.6.8.3 中有白色片状固体析出, 过滤后, 采用制备型薄层色谱 [乙酸乙酯 : 二氯甲烷 (8 : 2)] 分离, 得到化合物 5 (0.45 g)。

F8 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 丙酮 (30 : 1~6 : 4)] 梯度洗脱, 得到 10 个组分 (F8.1~F8.10); F8.8 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 乙酸乙酯 (20 : 1~6 : 4)] 梯度洗脱, 得到 9 个组分 (F8.8.1~F8.8.9); F8.8.6 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 丙酮 (10 : 1~6 : 4)] 分离后, 得到 4 个组分 (F8.8.6.1~F8.8.6.4); F8.8.6.3 中有大量白色晶体析出, 通过重结晶, 得到化合物 6 (5.4 g)。

F9 经硅胶柱色谱 [石油醚 : 丙酮 (10 : 1~1 : 2)] 梯度洗脱, 得到 9 个组分 (F10.1~F10.9)。在 F10.6 中发现有无色透明方块晶体析出, 用甲醇洗脱过滤, 再用丙酮洗脱过滤, 得到透明方晶, 然后用二氯甲烷溶解方晶, 再通过重结晶, 得到化合物 7 (3 g)。

1.2.3 艳山姜果实化学成分鉴定

运用 ^{13}C NMR、 ^1H NMR 和 ESI-MS 光谱分析

方法对所得化合物进行结构鉴定, 化合物 1~7 结构如图 1。

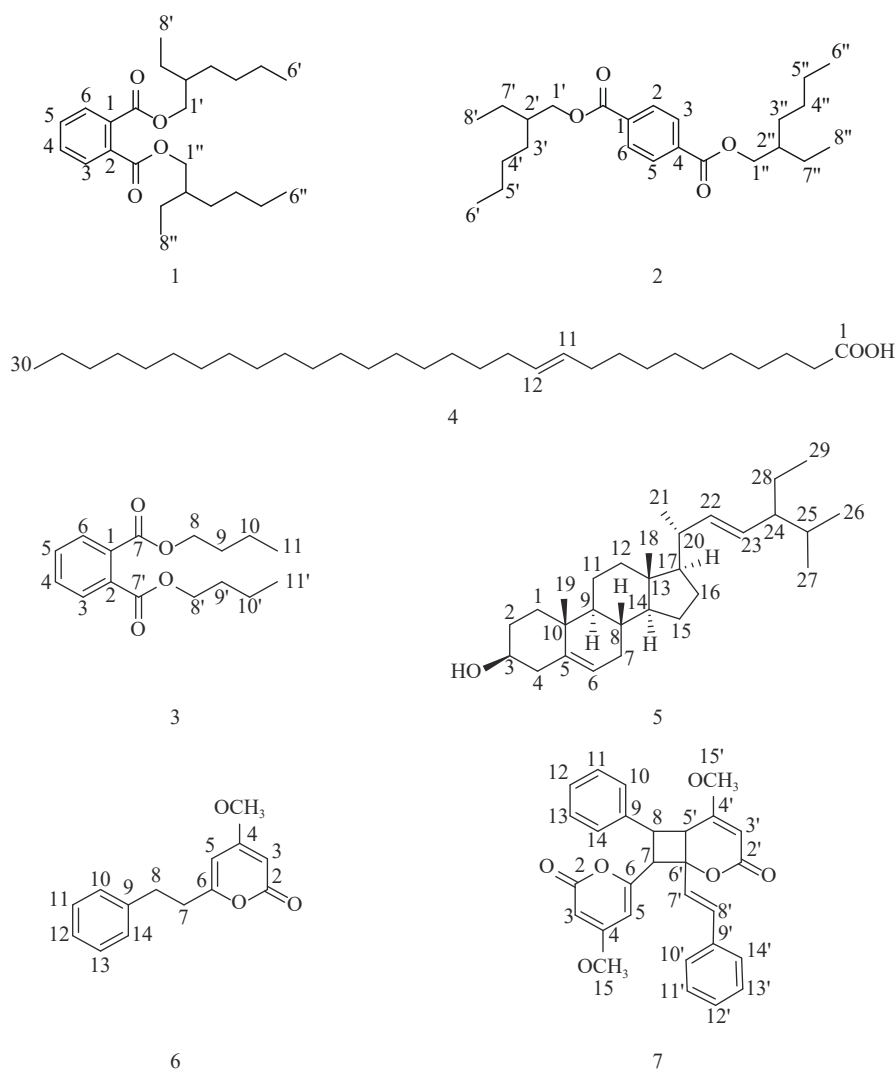


图 1 化合物 1~7

Fig. 1 The structures of compounds 1-7

2 结果与分析

化合物 1: 无色油状物, $\text{C}_{24}\text{H}_{38}\text{O}_4$, ESI-MS m/z : 391 $[\text{M}+\text{H}]^+$. ^1H NMR (800 MHz, CDCl_3 , δ , J/Hz): 7.71 (2H, dd, $J=7.2$, 4.0, H-3, 6), 7.53 (2H, dd, $J=7.2$, 4.0, H-4, 5), 4.25~4.19 (4H, m, H-1', 1''), 1.68 (2H, m, H-2', 2''), 1.33~1.25 (16H, m, H-3', 3'', 4', 4'', 5', 5'', 7', 7''), 0.90 (6H, t, $J=7.2$, H-6', 6''), 0.92 (6H, t, $J=7.2$, H-8', 8''); ^{13}C NMR (200 MHz, CDCl_3 , δ): 167.8 (s, 2 $\times$ COO), 132.5 (s, C-1, 2), 128.8 (d, C-3, 6), 130.9 (d, C-4, 5), 68.2 (t, C-1', 1''), 38.7 (d, C-2', 2''), 30.4 (t, C-3', 3''), 28.9 (t, C-4', 4''), 23.0

(t, C-5', 5''), 14.1 (q, C-6', 6''), 23.8 (t, C-7', 7''), 11.0 (q, C-8', 8''). 以上波谱数据与文献 [12-13] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 bis (2-ethylhexyl) benzene-1, 2- dicarboxylate。

化合物 2: 无色油状物, $\text{C}_{24}\text{H}_{38}\text{O}_4$. ^1H NMR (600 MHz, CDCl_3 , δ , J/Hz): 8.09 (4H, s, H-2, 3, 5, 6), 4.27 (4H, m, H-1', 1''), 1.75 (2H, m, H-2', 2''), 1.50~1.30 (16H, m, H-3', 3'', 4', 4'', 5', 5'', 7', 7''), 0.90 (6H, t, $J=7.0$, H-6', 6''), 0.95 (6H, t, $J=7.5$, H-8', 8''); ^{13}C NMR (150 MHz, CDCl_3 , δ): 166.0 (s, 2 $\times$ COO), 134.2 (s, C-1, 4), 129.5 (d, C-2, 3, 5, 6), 67.7 (t, C-1', 1''), 38.9 (d, C-2', 2''), 30.6 (t, C-3', 3''), 29.0 (t, C-4',

4''), 23.0 (t, C-5', 5''), 14.0 (q, C-6', 6''), 24.0 (t, C-7', 7''), 11.0 (q, C-8', 8'')。以上波谱数据与文献 [14-15] 报道基本一致, 故将该化合物鉴定为 terephthalic acid bis (2-ethylhexyl) ester。

化合物 3: 无色油状物, $C_{16}H_{22}O_4$, ESI-MS m/z : 279 $[M+H]^+$ 。 1H NMR (800 MHz, $CDCl_3$, δ , J/Hz): 7.72 (2H, dd, $J=5.6, 3.2$, H-3, 6), 7.53 (2H, dd, $J=5.6, 3.2$, H-4, 5), 4.31 (4H, t, $J=6.4$, H-8, 8'), 1.74~1.70 (4H, m, H-9, 9'), 1.47~1.42 (4H, m, H-10, 10'), 0.96 (6H, t, $J=7.2$, H-11, 11'); ^{13}C NMR (200 MHz, $CDCl_3$, δ): 132.3 (s, C-1, 2), 128.9 (d, C-3, 6), 131.0 (d, C-4, 5), 167.7 (s, C-7, 7'), 65.6 (t, C-8, 8'), 30.7 (t, C-9, 9'), 19.2 (t, C-10, 10'), 13.7 (q, C-11, 11')。以上波谱数据与文献 [16] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 dibutyl phthalate。

化合物 4: 黄色油状物, $C_{30}H_{58}O_2$, ESI-MS m/z : 451 $[M+H]^+$ 。 1H NMR (600 MHz, $CDCl_3$, δ , J/Hz): 5.36~5.33 (2H, m, H-11, 12), 2.36 (2H, m, H-10), 2.35 (2H, t, $J=7.5$, H-2), 2.02 (2H, m, H-13), 1.63 (4H, m, $2\times CH_2$), 1.31 (16H, br s, $8\times CH_2$), 1.29 (14H, br s $7\times CH_2$), 1.25 (12H, br s, $6\times CH_2$), 0.88 (3H, t, $J=6.9$, H-30); ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$, δ): 180.3 (s, C-1), 129.7 (d, C-11), 130.0 (d, C-12), 34.1 (t), 31.9 (t, $2\times CH_2$), 29.7 (t, $14\times CH_2$), 29.6 (t), 29.4 (t), 29.3 (t), 29.2 (t), 29.0 (t), 27.2 (t), 27.1 (t), 24.7 (t), 22.7 (t), 14.1 (q, C-30)。以上波谱数据与文献 [17] 报道基本一致, 故将该化合物鉴定为 n-triacont-11-enoic acid。

化合物 5: 白色片状晶体, $C_{29}H_{48}O$ 。 1H NMR (600 MHz, $CDCl_3$, δ , J/Hz): 3.52 (1H, m, H-3), 2.28 (2H, m, H-4), 5.35 (1H, m, H-6), 0.70 (3H, d, $J=7.3$, H-18), 1.02 (3H, s, H-19), 0.92 (3H, d, $J=6.5$, H-21), 5.16 (1H, dd, $J=15.2, 8.8$, H-22), 5.02 (1H, dd, $J=15.2, 8.8$, H-23), 0.84 (3H, t, $J=7.2$, H-29); ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$, δ): 37.2 (t, C-1), 31.9 (t, C-2), 71.8 (d, C-3), 42.3 (t, C-4), 140.7 (s, C-5), 121.7 (d, C-6), 33.9 (t, C-7), 31.6 (d, C-8), 50.1 (d, C-9), 36.1 (s, C-10), 21.1 (t, C-11), 39.7 (t, C-12), 42.3 (s, C-13), 56.7 (d, C-14), 24.3 (t, C-15), 28.2 (t, C-16), 56.0 (d, C-17), 11.8 (s, C-18), 18.8 (s, C-19), 39.7 (d, C-20), 23.0 (s, C-21), 138.3 (d, C-22), 129.2 (d, C-23), 45.8 (d, C-24), 29.1 (d, C-25), 19.8 (s, C-26), 19.4 (s, C-27), 26.0 (t, C-28), 12.0 (s, C-29)。以上

波谱数据与文献 [18] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为豆甾醇。

化合物 6: 白色针状晶体, $C_{14}H_{14}O_3$, ESI-MS m/z : 231 $[M+H]^+$ 。 1H NMR (600 MHz, $CDCl_3$, δ , J/Hz): 5.41 (1H, d, $J=2.0$, H-3), 5.72 (1H, d, $J=1.9$, H-5), 2.75 (2H, t, $J=8.0$, H-7), 2.97 (2H, t, $J=7.6$, H-8), 7.29~7.16 (5H, m, H-10, 11, 12, 13, 14), 3.75 (3H, s, 4-OCH₃); ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$, δ): 171.0 (s, C-2), 87.5 (d, C-3), 164.7 (s, C-4), 100.1 (d, C-5), 164.1 (d, C-6), 32.6 (t, C-7), 35.2 (t, C-8), 139.7 (s, C-9), 126.2 (d, C-10, 14), 128.1 (d, C-11, 13), 128.4 (d, C-12), 55.6 (q, 4-OCH₃)。以上波谱数据与文献 [19] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 dihydro-5,6-dehydrokawain。

化合物 7: 无色针状晶体, $C_{28}H_{24}O_6$, ESI-MS m/z : 456 $[M]^+$ 。 1H NMR (600 MHz, $CDCl_3$, δ , J/Hz): 5.34 (1H, d, $J=2.1$, H-3), 5.92 (1H, d, $J=2.0$, H-5), 4.17 (1H, d, $J=11.0$, H-7), 4.36 (1H, dd, $J=12.0, 6.0$, H-8), 3.71 (3H, s, 4-OCH₃), 5.30 (1H, s, H-3'), 3.60 (1H, d, $J=9.8$, H-5'), 6.60 (1H, d, $J=15.8$, H-7'), 6.95 (1H, d, $J=15.8$, H-8'), 3.28 (3H, s, 4'-OCH₃), 7.43~7.24 (10H, m) 是 2 个苯环上的氢信号。 ^{13}C NMR (150 MHz, $CDCl_3$, δ): 164.6 (s, C-2), 91.8 (d, C-3), 170.5 (s, C-4), 102.7 (d, C-5), 158.6 (s, C-6), 45.7 (d, C-7), 54.5 (d, C-8), 135.8 (s, C-9), 127.5 (d, C-10), 128.4 (d, C-11), 128.2 (d, C-12), 128.4 (d, C-13), 127.5 (d, C-14), 55.9 (q, C-15), 163.9 (s, C-2'), 88.7 (d, C-3'), 169.9 (s, C-4'), 39.1 (d, C-5'), 79.4 (s, C-6'), 124.3 (d, C-7'), 131.4 (d, C-8'), 135.6 (s, C-9'), 126.8 (d, C-10'), 128.4 (d, C-11'), 127.8 (d, C-12'), 128.4 (d, C-13'), 126.8 (d, C-14'), 55.4 (q, C-15')。以上波谱数据与文献 [20] 报道基本一致, 故鉴定该化合物为 aniba dimer A。

3 讨论

艳山姜作为特色民族药材, 国内外对其均有研究, 但主要集中于艳山姜挥发油的成分及活性方面, 对艳山姜果实的化学成分研究较少。在分离过程中发现: 艳山姜果实中小极性物质较多, 很多成分难以分离纯化, 因此, 本研究主要集中于中等极性成分的分离和鉴定, 从中得到 7 个化合物, 其中 dihydro-5,6-dehydrokawain 含量较高, 有研究表明: 该化合物能拮抗实验性胃及十

二指肠溃疡,对花生四烯酸和胶原引起的家兔血小板聚集具有明显的拮抗作用,抑制ATP释放^[21]。在本研究的基础上,将对艳山姜果实化学成分以及生物活性展开进一步研究,为深度开发和利用艳山姜提供一定的数据支持。

4 结论

利用正相硅胶柱色谱、薄层层析色谱和HPLC分离手段对艳山姜果实化学成分进行分离纯化,得到7个化合物。其中,化合物bis(2-ethylhexyl) benzene-1,2-dicarboxylate (1)、terephthalic acid bis(2-ethylhexyl) ester (2)、dibutyl phthalate (3)和n-triacont-11-enoic acid (4)为首次从艳山姜果实中分离得到。

[参考文献]

- [1] 刘绍欢,何晶晶,姚文丽,等. 艳山姜药材的生药学鉴定[J]. 贵州医科大学学报, 2017, 42(7): 786. DOI: [10.19367/j.cnki.1000-2707.2017.07.010](https://doi.org/10.19367/j.cnki.1000-2707.2017.07.010).
- [2] 吴林菁,肖瑞瑶,李晨,等. 艳山姜果实的生药学及气相色谱研究[J]. 广西植物, 2017, 37(8): 1043. DOI: [10.11931/guibaia.gxzw201705018](https://doi.org/10.11931/guibaia.gxzw201705018).
- [3] 唐艺,陈舒忆,刘毅,等. 贵州艳山姜的生药学研究[J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(10): 35.
- [4] 贵州省药品监督管理局. 贵州省中药材、民族药材质量标准: 2003年版[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2003.
- [5] 魏晴,李玮,柴桂芳. 苗族药艳山姜的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(11): 206. DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.20201012](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.20201012).
- [6] TAVICHAKORNTRAKOOL R, LULITANON D A, SANGKA A, et al. Antibacterial activity and bioactive compounds of 50% hydroethanolic extract of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm[J]. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2019, 9(5): 204. DOI: [10.4103/2221-1691.259000](https://doi.org/10.4103/2221-1691.259000).
- [7] HIDEAKI K, EISUKE K, AKIKO T, et al. Improved yield and antioxidant activity of essential oil from *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae) leaves by underwater shock-wave pretreatment[J]. Food and Bioproducts Processing, 2021, 125: 134. DOI: [10.1016/j.fbp.2020.11.003](https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.11.003).
- [8] JI Y P, SHI T Y, ZHANG Y Y, et al. Essential oil from fructus *Alpinia zerumbet* [fruit of *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burtt. et Smith] protected against aortic endothelial cell injury and inflammation *in vitro* and *in vivo*[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2019, 237: 149. DOI: [10.1016/j.jep.2019.03.011](https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.03.011).
- [9] FENG Y X, ZHANG X, WANG Y, et al. The potential contribution of cymene isomers to insecticidal and repellent activities of the essential oil from *Alpinia zerumbet*[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2021, 157: 105138. DOI: [10.1016/j.ibiod.2020.105138](https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.105138).
- [10] ZAHRA M H, SALEM T A R, EL-AARAG B, et al. *Alpinia zerumbet* (Pers.): food and medicinal plant with potential *in vitro* and *in vivo* anti-cancer activities[J]. Molecules, 2019, 24(13): 2495. DOI: [10.3390/molecules24132495](https://doi.org/10.3390/molecules24132495).
- [11] YANG H, GAN S Q, JIANG Z H, et al. Protective effects of essential oil from fructus *Alpiniae zerumbet* on retinal Müller gliosis *via* the PPAR- γ -p-CREB signaling pathway[J]. Chinese Medicine, 2020, 15: 4. DOI: [10.1186/s13020-019-0283-4](https://doi.org/10.1186/s13020-019-0283-4).
- [12] 张义龙,汤文建,唐敏芳,等. 老鹰茶正丁醇部分的化学成分[J]. 安徽医科大学学报, 2012, 47(9): 1065. DOI: [10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2012.09.013](https://doi.org/10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2012.09.013).
- [13] AIDARHAN N, GUORUOLUO Y, LIU Z S, et al. Chemical constituents of the petroleum-ether fraction from seeds of *Saussurea involucrata*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2020, 56(2): 359. DOI: [10.1007/s10600-020-03032-z](https://doi.org/10.1007/s10600-020-03032-z).
- [14] WU J N, CHEN X T, SU J, et al. Chemical constituents of *Bangia fuscopurpurea*[J]. Chemistry of Natural Compounds, 2019, 55(3): 528. DOI: [10.1007/s10600-019-02731-6](https://doi.org/10.1007/s10600-019-02731-6).
- [15] XU Y, TIAN S S, ZHU H J. A new lactone aldehyde compound isolated from secondary metabolites of marine fungus *Penicillium griseofulvum*[J]. Natural Product Research and Development, 2015, 27: 561. DOI: [10.16333/j.1001-6880.2015.04.001](https://doi.org/10.16333/j.1001-6880.2015.04.001).
- [16] WU J N, LIU Z Y, SU J, et al. Chemical constituents of the seahorse *Hippocampus trimaculatus* from East China Sea[J]. Chemistry of Natural Compounds. 2017, 53(5): 983. DOI [10.1007/s10600-017-2178-x](https://doi.org/10.1007/s10600-017-2178-x).
- [17] SONG H K, CHUNG I M, LIM J D, et al. Chemical constituents from the fruits of *Lycium chinense*[J]. Asian Journal of Chemistry, 2013, 25(17): 9880. DOI: [10.14233/ajchem.2013.15553A](https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.15553A).
- [18] AYDIN T, YURTVERMEZ B, ŞENTÜRK M, et al. Inhibitory effects of metabolites isolated from *Artemisia dracuncululus* L. against the human carbonic anhydrase I (hCA I) and II (hCA II)[J]. Records of Natural Products, 2019, 13(3): 218. DOI: [10.25135/rnp.102.18.07.329](https://doi.org/10.25135/rnp.102.18.07.329).
- [19] ITOKAWA H, YOSHIMOTO S, MORITA H. Diterpenes from the rhizomes of *Alpinia formosana*[J]. Phytochemistry, 1988, 27(2): 437. DOI: [10.1016/0031-9422\(88\)83115-7](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)83115-7).
- [20] FUJITA T, NISHIMURA H, KABURAGI K, et al. Plant growth inhibiting α -pyrones from *Alpinia speciosa*[J]. 1994, 36(1): 25. DOI: [10.1016/S0031-9422\(00\)97005-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)97005-5).
- [21] 张彦燕,沈祥春. 艳山姜化学成分及药理作用研究进展[J]. 中药药理与临床, 2010, 26(5): 181. DOI: [10.13412/j.cnki.zyyj.2010.05.074](https://doi.org/10.13412/j.cnki.zyyj.2010.05.074).

责任编辑: 何承刚