

干姜化学成分和药理作用研究进展

吴萍^{1,2}, 蒯梦妮^{1,2}, 李乐³, 张志国^{2,4}, 周逸群^{2,5,6*}

(1. 中南大学湘雅医学院附属常德医院(常德市第一人民医院), 湖南 常德 415000; 2. 张志国全国名老中医药专家传承工作室, 湖南 长沙 410007; 3. 西南医科大学附属医院, 四川 泸州 646000; 4. 湖南中医药大学第一附属医院, 湖南 长沙 410007; 5. 湖南中医药大学药学院, 湖南 长沙 410208; 6. 中药成药性与制剂制备湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410208)

摘要: 中药干姜为姜科植物姜(*Zingiber officinale* Rosc.)的干燥根茎。性辛、热, 归脾、胃、肾、心、肺经, 具有温中散寒、回阳通脉、温肺化饮的功效, 用于脘腹冷痛、呕吐泄泻、肢冷脉微、寒饮喘咳等症。对干姜的化学成分及药理研究进行综述, 干姜化学成分主要为挥发油类、姜辣素类、二苯庚烷类, 其药理作用主要为抗炎、抗氧化、抗菌、抗癌等。目前干姜的化学成分多集中在挥发油与姜辣素类成分的研究, 虽然对其药理作用进行了大量的研究, 但大部分药效作用机制尚不明确, 还有待进一步研究。

关键词: 干姜; 化学成分; 药理作用; 抗癌

DOI: 10.11954/ytctyy.202411048

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

中图分类号: R284; R285

文献标识码: A

文章编号: 1673-2197(2024)11-0242-05



Research Progress on Chemical Constituents and Pharmacological Effects of Dried Ginger

Wu Ping^{1,2}, Kuai Mengni^{1,2}, Li Le³, Zhang Zhiguo^{2,4}, Zhou Yiqun^{2,5,6*}

(1. Changde Hospital, Xiangya School of Medicine, Central South University(The First People's Hospital of Changde City), Changde 415000, China; 2. National Traditional Chinese Medicine Inheritance Studio of Famous Expert Zhang Zhiguo, Changsha 410007, China; 3. The Hospital Affiliated to Southwest Medical University, Luzhou 646000, China; 4. The First Hospital Affiliated to Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410007, China; 5. College of Pharmacy, Hunan University of Chinese Medicine, Changsha 410208, China; 6. Hunan Key Laboratory of Druggability and Preparation Modification for Traditional Chinese Medicine, Changsha 410208, China)

Abstract: Zingiberis Rhizoma is the dried rhizomes of *Zingiber officinale* Rosc. It is pungent and hot, and belongs to the spleen, stomach, kidney, heart and lung meridians. Zingiberis Rhizoma has the effects of warming the middle and dispersing cold, restoring yang and dredging meridians, warming lung and resolving fluid retention. It is used for abdominal cold pain, vomiting and diarrhea, cold pulse of limbs, cold fluid retention, cough and asthma. The chemical constituents and pharmacological studies of Zingiberis Rhizoma were reviewed. It's found that the main chemical constituents of Zingiberis Rhizoma were volatile oils, gingerols and diphenylheptanes. It's pharmacological effects were mainly anti-inflammatory, anti-oxidation, anti-bacterial and anti-cancer. At present, the chemical components of Zingiberis Rhizoma are mostly concentrated in the study of volatile oil and gingerols. Although researchers have done a lot of research on the pharmacological effects of Zingiberis Rhizoma, most of the pharmacodynamic mechanisms are still unclear and need to be further studied.

Keywords: Zingiberis Rhizoma; Chemical Constituents; Pharmacological Effects; Anticancer

干姜为姜科植物姜(*Zingiber officinale* Rosc.) 的干燥根茎, 冬季采挖, 始载于《神农本草经》, 列为

收稿日期: 2024-07-24

基金项目: 湖南省中医药管理局项目(B2023136); 长沙市自然科学基金项目(kq2208194); 湖南省自然科学基金项目(2023JJ50445); 2024年度创建“中国长寿之乡”研究专项课题

作者简介: 吴萍(1987—), 女, 中南大学湘雅医学院附属常德医院主管药师, 研究方向为中药炮制、中药质量控制。

通讯作者: 周逸群(1990—), 女, 湖南中医药大学讲师, 研究方向为中药炮制、饮片质量标准与中医药超分子。E-mail: zhoyiqun123@sina.com

上品,主产于四川、贵州、广西、云南、湖南等地,具有温中散寒、回阳通脉、温肺化饮的功效^[1-2]。干姜作为我国常用的药食同源药材,在临床上广泛用于胃肠道、心血管、糖尿病、炎症、血脂异常等疾病,在生活中也是常见的调味品、茶饮及食品的原料^[3]。现代药理研究表明,干姜具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗肿瘤、改善心血管功能等作用,其发挥药理作用的主要药效成分为挥发油类、姜辣素类、二苯庚烯烷成分^[4-5]。本文将从干姜化学成分和药理作用总结,以期为干姜的深入研究提供参考。

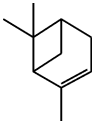
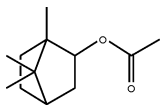
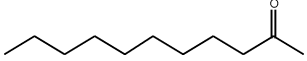
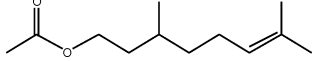
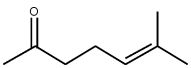
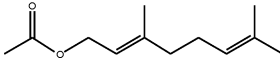
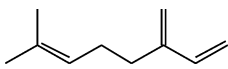
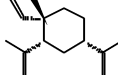
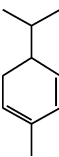
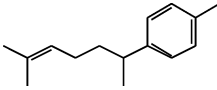
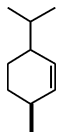
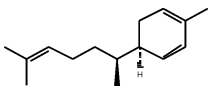
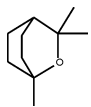
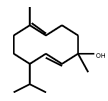
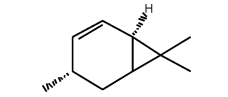
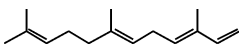
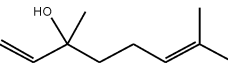
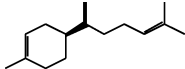
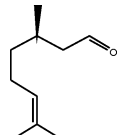
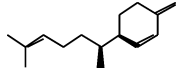
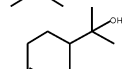
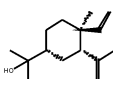
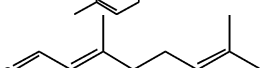
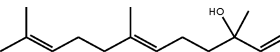
1 化学成分

干姜的化学成分主要为挥发油类、姜辣素类、二苯庚烯烷类^[6-7]。

1.1 挥发油类

挥发油为姜中散发刺激性气味的主要来源。其主要结构为单帖类化合物及部分倍半萜类化合物,如: α -水芹烯是单环单萜类化合物, β -甜没药烯、 β -倍半水芹烯为倍半萜类化合物。其名称与结构见表1。

表1 干姜中挥发油类化合物

序号	化合物名称	化学结构	序号	化合物名称	化学结构
1	α -蒎烯		14	乙酸龙脑酯	
2	茨烯		15	十一酮-2	
3	β -蒎烯		16	香芳醇乙酸酯	
4	6-甲基-5-庚烯-2-酮		17	乙酸牛儿醇酯	
5	月桂烯		18	β -榄香烯	
6	α -水芹烯		19	α -姜黄烯	
7	β -水芹烯		20	异姜烯	
8	桉叶油醇		21	1-羟基-1,7-二甲基-4-丙基-2,7-环癸二烯	
9	(1R,4S)-4,7,7-三甲基双环[4.1.0]庚-2-烯		22	α -法尼烯	
10	芳樟醇		23	β -甜没药烯	
11	香茅醛		24	β -倍半水芹烯	
12	松油醇		25	榄香醇	
13	柠檬醛		26	橙花叔醇	

1.2 姜辣素类

姜辣素是姜中辣味的主要来源,也是其主要功能成分^[8]。其化学结构中主要的官能团为 3-甲氧基-4-羟基苯基,根据其侧链连接的不同姜辣素可进一步分为姜酚类、姜烯酚类、姜酮类、姜二酮类等^[9]。上述化合物是姜具有抗炎和抑制恶心等作用的有效成分^[10-11]。研究表明,新鲜生姜中含量较大的为 6-、8-、10-、12-姜酚等姜酚类化合物,姜酚类均含有 β -羟基酮结构,此结构使得其化学性质不稳定。姜经过储存、加热和干燥等过程,由于自身脱水,其中含量极少的姜烯酚及姜酮的含量相对升高^[12]。其名称及结构见表 2。

表 2 干姜中姜辣素类化合物

序号	化合物名称	化学结构	
		母核结构	R 基团
1	姜酮		-CH ₃
2	6-姜酮酚		-(CH ₂) ₆ CH ₃
3	1-去氢-6-姜二酮		-(CH ₂) ₄ CH ₃
4	1-去氢-8-姜二酮		-(CH ₂) ₆ CH ₃
5	1-去氢-10-姜酮		-(CH ₂) ₈ CH ₃
6	4-姜酚		-(CH ₂) ₂ CH ₃
7	6-姜酚		-(CH ₂) ₄ CH ₃
8	8-姜酚		-(CH ₂) ₆ CH ₃
9	10-姜酚		-(CH ₂) ₈ CH ₃
10	12-姜酚		-(CH ₂) ₁₀ CH ₃
11	6-姜烯酚		-(CH ₂) ₄ CH ₃
12	8-姜烯酚		-(CH ₂) ₆ CH ₃
13	10-姜烯酚		-(CH ₂) ₈ CH ₃
14	8-姜二酮		-(CH ₂) ₆ CH ₃
15	10-姜二酮		-(CH ₂) ₈ CH ₃
16	甲基二乙酰氧基-6-姜二醇		
17	6-姜二醇		
18	甲基-6-姜酚		

1.3 二苯基庚烷类

二苯基庚烷是一类以 1,7-二苯基庚烷为核心结构的化合物,根据结构排列可以分为线性和环状二苯基庚烷类两类^[13]。由于其结构中存在酚羟基、羟基、烯烃等还原性基团,使其具有抗氧化活性。除此之外,研究显示二苯基庚烷在抗炎、抗菌、抗病毒、抗肿瘤等方面有潜在药理作用。其中,姜黄素作为代表化

合物具有显著的生物活性,然而结构的药代动力学属性阻碍了其临床应用^[14]。其名称与结构见表 3。

表 3 干姜中二苯基庚烷类化合物

序号	化合物名称	化学结构
1	(E)-7-(3,4-二羟基苯基)-1-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-4-庚烯-3-酮	
2	5-羟基-1-(3,4-二羟基-5-甲氧基苯基)-7-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-庚酮	
3	3,5-二羟基-1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-7-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-庚烷	
4	3,5-二羟基-1,7-双(4-羟基-3-甲氧基苯基)庚烷	
5	3-乙酰氧基-5-羟基-1-(4-羟基-3-甲氧基苯基)-7-(3,4-二羟基苯基)庚烷	
6	3,5-二乙酰氧基-7-(4-二羟基-3-甲氧基苯基)-1-(3,4-二羟基-5-甲氧基苯基)庚烷	
7	5-羟基-1,7-双(4-羟基-3-甲氧基苯基)-3-庚酮	
8	5-羟基-1-(4-二羟基-3-甲氧基苯基)-7-(3,4-二羟基苯基)-3-庚酮	

1.4 其他

此外,干姜还含有黄酮类(5,7,4'-三甲氧基黄酮、3,5,7,3',4'-五甲氧基黄酮、银杏仁等)、糖苷类及微量元素类等化合物。

2 药理作用

2.1 抗炎作用

干姜具有抗炎作用,与其含有的姜辣素和二苯基庚烷类成分有关。6-姜酚可显著缓解在葡聚糖硫酸钠(DSS)诱导的结肠炎小鼠模型中小鼠体质量下降,逐渐修复因 DSS 而逐渐受损的腺体结构,显著降低肠组织中白细胞介素-17 水平,升高白细胞介素-10 水平^[15]。6-姜酚通过调节 Th17/Treg 细胞的平

衡,缓解全身和局部的炎症反应,对治疗 DSS 诱导的小鼠 UC 有疗效^[16]。10-姜辣素可以通过阻断 NF- κ B 的激活来抑制促炎基因的表达,从而导致一氧化氮(NO)、IL-1B、IL-6 和 TNF- α 水平的降低^[17]。研究发现,二苯基庚烷类成分可通过抑制 NF- κ B 的激活来下调环氧合酶 2(COX-2)和 iNOS 的表达来达到抗炎的作用^[18-19]。肖雪蓉等^[20]在研究二苯基庚烷 A 抗炎过程对甘油磷脂代谢的影响时发现,通过干预 COX-2 从而减少花生四烯酸代谢产生使二苯基庚烷 A 起到抗炎作用。口服干姜能明显减少肝脏的病理变化和血清中的促炎细胞因子,包括干扰素(IFN)- γ 和白细胞介素-6(IL-6)。此外,干姜还能阻止 I κ B- α 的降解以及 ERK1/2、SAPK/JNK 和 p38 MAPK 的磷酸化,从而抑制 LPS 诱导的 NF- κ B 激活^[21]。

2.2 抗氧化作用

干姜提取物中的苯丙素类成分具有体外抗氧化能力和黄嘌呤氧化酶抑制活性^[22]。YUKI MASUDA 等^[23]通过自由基清除试验与体外抗氧化试验发现,姜辣素类化合物与二苯基庚烷类化合物的侧链基团可通过抑制自由基的活动而发挥抗氧化作用。6-姜辣素、8-姜辣素、10-姜辣素和 6-姜烯具有抗氧化作用,对 DPPH 自由基的半抑制浓度值范围为 8.05~26.3 μ m^[24],其中 6-姜辣素的抗氧化活性最低,10-姜辣素的抗氧化活性最高^[25]。干姜精油对 DPPH 和 ABTS 自由基均有一定的清除作用,具有明显的抗氧化活性^[26]。

2.3 抗癌作用

干姜的提取物和单一代谢物,特别是在精油、二芳基庚烷和姜辣素中,具有显著的抗癌活性^[27]。姜烯醇对 Hela(人宫颈癌细胞系)、H460(人肺癌细胞系)和 A549 细胞系有显著的抑制作用^[28]。姜辣素作为姜属植物的主要活性成分,也具有显著的抗癌活性。6-姜辣素和 6-姜酚中存在的脂肪链和羟基被证明具有抗癌活性,6-姜辣素有可能与 DNA 结合,通过自噬和半胱天 pasc-3 介导的凋亡诱导细胞死亡^[10]。6-姜烯酚具有广谱抗肿瘤活性,对卵巢癌^[29]、肺癌^[30]、胃癌^[31-32]、结肠癌^[33]、肝癌^[34]等癌症具有抗肿瘤效果。研究发现 6-姜烯酚可通过抑制 AKT/mTOR/MRP1 信号通路,从而有效提高 5-FU 治疗肝癌的疗效,并且在动物实验中表明,6-姜烯酚与 5-FU 联合使用与单独使用 5-FU 效果显著^[34]。

2.4 对心血管系统的作用

干姜提取物对恒速滴注戊巴比妥钠建立的急性心衰模型兔具有保护作用,能够减轻心衰症状^[35]。干姜水煎液通过升高急性心肌缺血大鼠种血管紧张素(AngII),降低血清肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、丙二醛(MDA)及 NO,从而改善心功能^[36]。有研究表明,干姜中的主要生物活性成分 6-姜酚具有抑制血管内

皮细胞炎症相关过程的有益特性^[37]。

2.5 抗菌作用

卫聪等^[38]采用干姜与姜炭不同提取物对大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑制作用实验,发现干姜不同提取物都有抑菌作用。10-姜酚和 12-姜酚对牙周细菌具有抗菌活性,MBC 在 4~20 μ g/mL 之间,6-姜酚对幽门螺杆菌具有较强的抗菌作用,MIC 为 20 μ g/mL。构效关系表明,姜辣素较短的烷基侧链对其微生物抑制作用起着关键作用^[39]。干姜挥发油成分对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌和寻常蛋白具有中至高的半抑制浓度值^[40]。干姜挥发油成分柠檬醛通过降低白细胞介素-1 β 、-6、-12、-23、干扰素 γ 和肿瘤坏死因子- α 细胞因子水平,升高白细胞介素-10 等抗炎细胞因子水平发挥抗金黄色葡萄球菌感染的作用^[41]。丁香酚能对抗志贺氏菌在内的多种细菌,有较强的抗菌活性^[42]。

2.6 其他

干姜还具有缓解多种呕吐(妊娠呕吐、术后呕吐等)、增强免疫力、降血糖以及改善血液循环等作用。

3 讨论

干姜作为常用的药食同源中药,来源历史悠久。近年来,干姜因其廉价易得、副作用小等特点,常被用来开发治疗各种癌症。但是目前干姜抗癌对其有效成分的研究比较单一,多集中于姜辣素类成分,挥发油和其他类成分研究较少,虽然其抗癌药理作用近年来是研究热点,但大部分抗癌作用机制尚不明确,还有待进一步研究。本文总结了干姜的化学成分、药理作用的研究进展,并对干姜中挥发性成分进行了抗癌的预测分析,以期今后干姜研究提供参考。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:15.
- [2] 邹冬倩,严辉,李鹏辉,等. 基于 ICP-AES 的不同产地干姜无机元素分析与评价[J]. 食品工业科技,2020,41(23):240-246.
- [3] 余代鑫,郭盛,张霞,等. 近红外光谱技术结合化学计量学和机器学习算法的干姜产地溯源研究[J]. 中国中药杂志,2022,47(17):4583-4592.
- [4] HE L L, DUAN H F, CHEN X T, et al. Quality assessment of commercial dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) based on targeted and non-targeted chemical profiles and anti-inflammatory activity[J]. Food Res Int, 2023, 166: 112589.
- [5] LIU Y, LIU J C, ZHANG Y Q. Research progress on chemical constituents of *Zingiber officinale* Roscoe[J]. BioMed Research International, 2019, 5370823.
- [6] 崔婉华,王彦志,李泽之. 干姜的化学成分研究[J]. 中国药学杂志, 2018, 53(14): 1160-1164.
- [7] MAO Q Q, XIAO Y X, SHI Y C, et al. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)[J]. Foods, 2019, 8(6): 185-206.
- [8] LI X, AO M Y, ZHANG C L, et al. *Zingiberis rhizoma recens*: a

- review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2021, 2021:6668990.
- [9] TAO Y I, LI W, LIANG W, et al. Identification and quantification of gingerols and related compounds in ginger dietary supplements using high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2009, 57(21):10014-10021.
- [10] SEMWAL R B, SEMWALDK, COMBRINCK S, et al. Gingerols and shogaols; important nutraceutical principles from ginger[J]. Phytochemistry, 2015, 177:554-568.
- [11] DE LIMA R M T, DOS REIS A C, DE MENEZES A P M, et al. Protective and therapeutic potential of ginger (*Zingiber officinale*) extract and [6]-gingerol in cancer: a comprehensive review[J]. Phytotherapy Research, 2018, 32(10):1885-1907.
- [12] JUNG M Y, LEE M K, PARK H J, et al. Heat-induced conversion of gingerols to shogaols in ginger as affected by heat type (dry or moist heat), sample type (fresh or dried), temperature and time[J]. Food Science and Biotechnology, 2017:1-7.
- [13] WEI Q Y, MA J P, CAI Y J, et al. Cytotoxic and apoptotic activities of diarylheptanoids and gingerol-related compounds from the rhizome of Chinese ginger[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2005, 102(2):177-184.
- [14] LAI W Y, LI H L, TAN Y F. Review on pharmacological activities of diarylheptanoids from *Alpinia officinarum* hance [J]. Natural Product Research and Development, 2016, 28(12):2030-2034, 1935.
- [15] SHENG Y Y, WU T L, DAI Y Y, et al. 6-gingerol alleviates inflammatory injury in DSS-induced ulcerative colitis mice by regulating NF-KB signaling[J]. Ann Palliat Med, 2020, 9(4):1944-1952.
- [16] SHENG Y Y, WU T L, DAI Y Y, et al. The effect of 6-gingerol on inflammatory response and Th17/Treg balance in DSS-induced ulcerative colitis mice[J]. Ann Transl Med, 2020, 8(7):442-453.
- [17] HO S C, CHANG K S, LIN C C. Anti-neuroinflammatory capacity of fresh ginger is attributed mainly to 10-gingerol[J]. Food Chem, 2013, 141(3):3183-3191.
- [18] LEE S L, HUANG W J, LIN W W, et al. Preparation and anti-inflammatory activities of diarylheptanoid and diarylheptylamine analogs[J]. Bioorg Med Chem, 2005, 13(22):6175-6181.
- [19] CHUN K S, KANG J Y, KIM O H, et al. Effects of yakuchinone A and yakuchinone B on the phorbol ester-induced expression of COX-2 and iNOS and activation of NF-kappaB in mouse skin[J]. J Environ Pathol Toxicol Oncol, 2002, 21(2):131-139.
- [20] 肖雪蓉, 余玉奇, 张国改, 等. 二苯基庚烷 A 干预 RAW264.7 细胞炎症模型甘油磷脂的 UPLC-Q/TOF MS 分析[J]. 分析测试学报, 2016, 35(10):1225-1232.
- [21] CHOI Y Y, KIM M H, HONG J, et al. Dried ginger (*Zingiber officinalis*) inhibits inflammation in a lipopolysaccharide-induced mouse model[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2013:914563.
- [22] 李佳惠, 焦文雅, 靳秋霞, 等. 干姜苯丙素类成分及其抗氧化、降尿酸活性分析[J]. 食品科学, 2023, 44(11):26-31.
- [23] MASUDA Y, KIKUZAKI H, HISAMOTO M, et al. Antioxidant properties of gingerol related compounds from ginger[J]. Biofactors, 2004, 21(1-4):293-296.
- [24] SHLN D S, EOM Y B. Zerumbone inhibits *Candida albicans* biofilm formation and hyphal growth[J]. Can J Microbiol, 2019, 65(10):713-721.
- [25] DUGASANI S, PICHIKA M R, NADARAJAH V D, et al. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol[J]. J Ethnopharmacol, 2010, 127(2):515-520.
- [26] 赖文静, 张星, 黄友, 等. 生物酶解法提取干姜精油的工艺及其生物活性评价[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2023, 42(3):239-247.
- [27] TIAN M Y, WU X H, HONG Y, et al. Comparison of chemical composition and bioactivities of essential oils from fresh and dry rhizomes of *zingiber zerumbet* (L.) smith[J]. Biomed Res Int, 2020:9641284.
- [28] HU Z H, ZENG Q L, ZHANG B, et al. Promotion of p53 expression and reactive oxidative stress production is involved in zerumbone-induced cisplatin sensitization of non-small cell lung cancer cells[J]. Biochimie, 2014, 107 Pt B:257-262.
- [29] 贾晓娟. 6-姜烯酚对人卵巢癌 SKOV-3 和 A2780 细胞生长和促炎因子表达的抑制作用[D]. 成都: 成都中医药大学, 2016.
- [30] HUNG J Y, HSH Y L, LI C T, et al. 6-Shogaol, an active constituent of dietary ginger, induces autophagy by inhibiting the AKT/mTOR pathway in human non-small cell lung cancer A549 cells[J]. J Agric Food Chem, 2009, 57(20):9809-9816.
- [31] 赵行宇, 张漠, 朱志华, 等. 6-姜烯酚对胃癌 BGC-823 细胞侵袭及迁移的影响及相关作用机制研究[J]. 上海中医药杂志, 2020, 54(10):82-86.
- [32] ISHIGURO K, ANDO T, MAEDA O, et al. Ginger ingredients reduce viability of gastric cancer cells via distinct mechanisms[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2007, 362(1):218-223.
- [33] 惠毅, 李京涛, 魏海梁, 等. 从 Notch 和 TLR4/NF-κB 信号通路研究 6-姜烯酚治疗溃疡性结肠炎的作用机制[J]. 中国药理学杂志, 2020, 55(16):1331-1338.
- [34] 张怡. 干姜中 6-姜烯酚的抗肝癌作用机制和 6-姜烯酚纳米乳的制备及其药效评价研究[D]. 武汉: 湖北中医药大学, 2023.
- [35] 卢传坚, 许庆文, 欧明, 等. 干姜提取物对心衰模型兔心功能的影响[J]. 中药新药与临床药理, 2004(5):301-305.
- [36] 周静, 杨卫平, 李应龙, 等. 干姜水煎液对急性心肌梗死大鼠血浆血管紧张素 II、血清肿瘤坏死因子 α、丙二醛、一氧化氮的影响[J]. 时珍国医国药, 2014, 25(2):288-290.
- [37] BISCHOFF-KONT I, PRIMKE T, NIEBERGALL L S, et al. Ginger constituent 6-shogaol inhibits inflammation and angiogenesis-related cell functions in primary human endothelial cells[J]. Front Pharmacol, 2022, 13:844767.
- [38] 卫聪. 古法炮制姜炭指纹图谱的建立和药理活性的初步研究[D]. 西安: 西北大学, 2019.
- [39] PARK M, BAE J, LEE D S. Antibacterial activity of [10]-gingerol and [12]-gingerol isolated from ginger rhizome against periodontal bacteria[J]. Phytother Res, 2008, 22(11):1446-1449.
- [40] MOREIRA D A SILVA T, PINHEIRO C D, PUCCINELLI ORLANDI P, et al. Zerumbone from *Zingiber zerumbet* (L.) smith; a potential prophylactic and therapeutic agent against the cariogenic bacterium *streptococcus mutans* [J]. BMC Complement Altern Med, 2018, 18(1):301-310.
- [41] OLIVEIRA H B M, DAS NEVES SELIS N, BRITO T L S, et al. Citral modulates human monocyte responses to *staphylococcus aureus* infection[J]. Sci Rep, 2021, 11(1):22029.
- [42] BAI X Y, LI X J, LIU X, et al. Antibacterial effect of eugenol on *shigella flexneri* and its mechanism[J]. Foods, 2022, 11(17):2565.

(编辑:李悦)