

干姜化学成分与药理作用分析



段晓楠^{1,2}, 邸 晴^{1,2}, 余 冉^{1,2}, 孙翠鸽^{1,2}, 郑潇楠^{1,2}, 孙古月^{1,2}, 赵相轩^{1,2}

1. 辽宁中医药大学实验动物医学院 (沈阳 110847)
2. 辽宁中医药大学药学院 (辽宁大连 116600)

【摘要】干姜作为传统药食源性中药,具有温中散寒、回阳通脉、温肺化饮的传统功效。现代研究发现干姜具有多种活性成分,包括挥发油类、姜辣素类、二苯基庚烷类、黄酮类、氨基酸类、糖苷类和无机元素等。其药理作用主要有抗炎镇痛、止呕、抗肿瘤、抗氧化、抗感染、调节免疫、改善心脑血管、降血糖、抑制血小板聚集等。在现代药理学研究中发现,干姜具有潜在的抗胃癌作用,但对其抗癌活性和作用机制的认识十分有限。因此,本文对近年来国内外关于干姜化学成分和药理作用的研究报道进行综述,以期对干姜的后续开发提供参考。

【关键词】干姜;化学成分;药理作用;二苯基庚烷类;黄酮类;抗肿瘤;抗氧化;降血糖

【中图分类号】 R284; R285

【文献标识码】 A

Analysis of chemical components and pharmacological effects of *Zingiberis rhizoma*

DUAN Xiaonan^{1,2}, DI Qing^{1,2}, YU Ran^{1,2}, SUN Cuige^{1,2}, ZHENG Xiaonan^{1,2}, SUN Guyue^{1,2}, ZHAO Xiangxuan^{1,2}

1. College of Laboratory Animal Medicine, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Shenyang 110847, China

2. College of Pharmacy, Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, Dalian 116600, Liaoning Province, China

Corresponding author: ZHAO Xiangxuan, Email: xiangxuanzhao@163.com

【Abstract】*Zingiberis rhizoma* (dried ginger), a traditional Chinese medicine with both medicinal and edible values, exerts the traditional effects of warming the middle energizer to dispel cold, recovering yang to unblock the meridians, and warming the lung to resolve fluid retention. Modern research has found that dried ginger contains a variety of active components, including volatile oils, gingerol, diphenylheptane, flavonoids, amino acids, glycosides and inorganic elements, etc. Its pharmacological effects mainly include anti-inflammatory and analgesic effects, antiemetic, anti-tumor, antioxidant, anti-infection, immune regulation, improvement of cardiovascular and cerebrovascular systems, hypoglycemic, and inhibition of platelet aggregation, etc. Modern pharmacological studies have found that dried ginger has potential anti-gastric cancer effects of dried ginger, but the understanding of its anti-cancer activity and related mechanisms of action is quite limited. Therefore, this paper reviews the research reports on the chemical constituents and pharmacological effects of dried ginger at home and abroad in recent years, in order to provide reference for the subsequent development of dried ginger.

DOI: 10.12173/j.issn.2097-4922.202512025

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31371425); 辽宁省教育厅自然科学类高校基本科研课题(LJ212510162011); 辽宁中医药大学高层次人才科研启动经费项目(21601A2177)

通信作者: 赵相轩, 博士, 教授, 博士研究生导师, Email: xiangxuanzhao@163.com

【Keywords】 *Zingiberis rhizoma*; Chemical composition; Pharmacological effect; Diphenylheptanes; Flavonoids; Anti-tumor; Antioxidant; Lowering blood sugar

干姜 (*Zingiberis rhizoma*) 为姜科植物姜 (*Zingiber officinale* Rosc.) 的干燥根茎^[1]。干姜一名始载于《神农本草经》^[2], 其中记载: “干姜味辛温。主治胸满咳逆上气……”; 后有《名医别录》^[3] 补充道: “干姜大热, 无毒。主治寒冷腹痛……”; 《本草品汇精要》^[4] 则提到: “今温州及池州出一种白色者谓之白干姜入药最胜”; 《雷公炮制药性解》^[5] 中记载: “味辛, 性大热, 有毒……”; 《本草思辨录》^[6] 亦云: “干姜以母姜去皮依法造之……”^[7]。在近现代时期, 干姜因产地不同出现了不同的别名, 如筠姜、台姜、犍干姜等^[8]。根据《中国药典 (2025 年版)》(以下简称“药典”) 记载, 干姜性热、味辛, 归脾、胃、肾、心、肺经; 具有温中散寒、回阳通脉、温肺化饮之功效, 临床上常用于治疗脘腹冷痛、呕吐泄泻、肢冷脉微、寒饮喘咳等症^[1]。干姜应用广泛, 仅《伤寒杂病论》^[9] 中涉及干姜的方剂就有 46 首^[10], 其中治疗脾胃系病症的方剂有 20 首; 而半夏泻心汤^[11-12]、桂枝人参汤^[13]、大黄蛰虫丸^[14] 等方剂, 已在临床中应用于胃癌的防治。

1 化学成分

干姜化学成分丰富, 目前从干姜中分离鉴定出的化合物主要有挥发油类、姜辣素类、二芳基庚烷类、黄酮类、氨基酸类、糖类、有机酸类和微量元素等。

1.1 挥发油类

挥发油是干姜中一类重要的活性成分, 约

占总物质组成的 0.25%~0.3%^[15]。药典将挥发油含量作为干姜质量评价的指标之一, 规定干姜中挥发油不得少于 0.8% (mL/g)^[1]。现代研究多采用水蒸气蒸馏法、超临界 CO₂ 萃取法等方法提取挥发油, 并利用气相色谱-质谱联用 (gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS) 技术对其成分进行鉴定^[16-17]。其中, 水蒸气蒸馏法较超临界 CO₂ 萃取法更为常用, 尽管超临界 CO₂ 萃取法提取的挥发油类成分更多, 但其急性毒性也更强。干姜中的挥发油大多为萜类化合物, 如 α -姜烯、 α -金合欢烯、 β -红没药烯等, 赋予其独特的香辛味。现代研究发现, 干姜挥发油具有抗炎^[18]、抗菌^[19]、调控脂质代谢^[20] 和保护心肌细胞^[21] 等多种药理作用。挥发油类化合物相关信息见表 1。

1.2 姜辣素类

姜辣素是干姜中具有主要功能活性的关键成分, 也是姜辛辣味的主要来源^[25]。其结构以 3-甲氧基-4-羟基苯基官能团为结构母核, 通过连接不同长度的脂肪链形成多种化合物, 据此可将其大致分成五大类: 姜酮类、姜二酮类、姜辣素类、姜烯酚类和姜醇类。其中姜辣素又包括 4-姜辣素、6-姜辣素、8-姜辣素、10-姜辣素和 12-姜辣素等, 以 6-姜辣素含量最高, 约占姜辣素总量的 75%^[26]。6-姜辣素作为干姜最重要的活性成分, 几乎涵盖了干姜所有的药理作用, 包括抗炎镇痛、止呕、抗肿瘤、抗氧化、抗感染、调节免疫、改善心脑血管及降血糖等^[27]。姜辣素类化合物相关信息见表 2。

表1 挥发油类主要化学成分

Table 1. The main chemical components of volatile oils

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
1	月桂烯 (myrcene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22]
2	异松油烯 (terpinolene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22]
3	乙酸香茅酯 (citronellyl acetate)	C ₁₂ H ₂₂ O	198.3	[22]
4	乙酸牻牛儿酯 (geranyl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.29	[22]
5	乙酸法呢醇酯 (farnesyl acetate)	C ₁₇ H ₂₈ O ₂	264.4	[22]
6	香茅醛 (citronellal)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22]
7	香橙烯 (aromadendrene)	C ₁₅ H ₂₄	204.35	[22-23]
8	柠檬烯 (DL-limonene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22]
9	柠檬醛 (citral)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	[22-23]
10	龙脑 (borneol oil)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22-23]
11	莰烯 (camphene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22-23]
12	甲基异丁香酚 (methyl isoeugenol)	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	178.23	[22]

续表1

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
13	己醛 (hexanal)	C ₆ H ₁₂ O	100.16	[22]
14	桉烯 (sabinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22-23]
15	芳樟醇 (linalool)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22-23]
16	橙花叔醇 (nerolidol)	C ₁₅ H ₂₆ O	222.37	[22]
17	6-甲基-5-庚烯-2-酮 (6-methyl-5-hepten-2-one)	C ₈ H ₁₄ O	126.2	[22-23]
18	2-十一酮 (2-undecanone)	C ₁₁ H ₂₂ O	170.29	[22-23]
19	1,8-桉叶素 (1,8-cineole)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22]
20	邻苯二甲酸二丁酯 (dibutyl phthalate)	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278.34	[22]
21	α-水芹烯 (alpha-phellandrene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22-23]
22	α-蒎烯 (alpha-pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22-23]
23	α-金合欢烯 (alpha-farnesene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
24	α-姜烯 (alpha-zingiberene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
25	α-芹子烯 (alpha-selinene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
26	β-蒎烯 (beta-pinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[22-23]
27	β-榄香烯 (beta-elemene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22-23]
28	β-红没药烯 (beta-bisabolene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22-23]
29	β-倍半水芹烯 (beta-sesquiphellandrene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22-23]
30	β-水芹烯 (beta-phellandrene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[24]
31	4-萜烯醇 (terpinen-4-ol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22-23]
32	桉叶油醇 (1,8-cineole)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[22-23]
33	大根香叶烯B (germacrene B)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[24]
34	α-松油醇 (alpha-terpineol)	C ₁₀ H ₁₈ O	154.25	[24]
35	三环烯 (tricyclene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[24]
36	对-聚伞花素 (p-cymene)	C ₁₀ H ₁₄	134.22	[24]
37	γ-松油烯 (gamma-terpinene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[24]
38	2-庚酮 (2-heptanone)	C ₇ H ₁₄ O	114.19	[22-23]
39	樟脑 (D-camphor)	C ₁₀ H ₁₆ O	152.23	[22-23]
40	香茅醇 (citronellol)	C ₁₀ H ₂₀ O	156.27	[22-23]
41	橙花醇乙酸酯 (neryl acetate)	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	196.29	[24]
42	α-姜黄烯 (alpha-curcumene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22-23]
43	罗勒烯 (ocimene)	C ₁₀ H ₁₆	136.24	[24]
44	香柠檬烯 (bergapten)	C ₁₂ H ₈ O ₄	216.19	[22]
45	(-)-α-雪松烯[(-)-alpha-cedrene]	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
46	依兰烯 (copaene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
47	雪松烯 (cedrene)	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]
48	榄香烯 [(1alpha,2beta,4beta)-1-methyl-2,4-bis(methylvinyl)-1-vinylcyclohexane]	C ₁₅ H ₂₄	204.36	[22]

表2 姜辣素类主要化学成分

Table 2. The main chemical components of gingerols

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
49	姜酮 (zingeron)	C ₁₁ H ₁₄ O ₃	194.23	[28]
50	6-姜酮酚 (6-paradol)	C ₁₇ H ₂₆ O ₃	278.39	[28]
51	4-姜辣素 (4-gingerol)	C ₁₅ H ₂₂ O ₄	266.33	[29]
52	6-姜辣素 (6-gingerol)	C ₁₇ H ₂₆ O ₄	294.39	[29]
53	8-姜辣素 (8-gingerol)	C ₁₉ H ₃₀ O ₄	322.44	[29]
54	10-姜辣素 (10-gingerol)	C ₂₁ H ₃₄ O ₄	350.49	[29]
55	12-姜辣素 (12-gingerol)	C ₂₃ H ₃₈ O ₄	378.61	[29]
56	6-姜烯酚 (6-shogaol)	C ₁₇ H ₂₄ O ₃	276.37	[28]
57	8-姜烯酚 (8-shogaol)	C ₁₉ H ₂₈ O ₃	304.42	[28]
58	10-姜烯酚 (10-shogaol)	C ₂₁ H ₃₂ O ₃	332.48	[28]
59	6-姜二酮 (6-gingerdione)	C ₁₇ H ₂₄ O ₄	292.37	[29]
60	8-姜二酮 (8-gingerdione)	C ₁₉ H ₂₈ O ₄	320.42	[28]
61	10-姜二酮 (10-gingerdione)	C ₂₁ H ₃₂ O ₄	348.53	[28-29]
62	甲基二乙酰氧基-6-姜二醇 (methyl diacetoxyl-6-gingerdiol)	C ₂₂ H ₃₄ O ₆	394.50	[28]
63	6-姜二醇 (6-gingerdiol)	C ₁₇ H ₂₈ O ₄	296.40	[28]

1.3 二苯基庚烷类

二苯基庚烷是一类主要存在于姜科植物中的特征性化合物，其结构以 1,7-二取代苯基的庚烷为母核，可分为线型和环型两大类，在化学分类上属于酚类物质，具有抗氧化活性^[30]。Cui 等^[31]在干姜中新发现了 4 种二苯基庚烷类化合物（表 3 中第 70~73 号化合物）。目前，关于二苯基庚烷类成分的研究仍较为有限，鲜有单独针对干姜中该类成分药理作用的报道，其具体活性机制尚待深入探索。后续研究可进一步开展该类化合物的系统分离及其药理活性的评价。二苯基庚烷类化合物相关信息见表 3。

1.4 黄酮类

黄酮类化合物是姜科植物中一类重要的的次级代谢产物，其化学结构以色原酮为母核，颜色多以黄色及淡黄色为主^[29]。目前，干姜黄酮类成分主要包括芦丁、桔皮素、牡荆素、异黄酮、二氢黄酮和槲皮素等。作为天然抗氧化剂，黄酮类化合物能够有效清除游离氧自由基，从而延缓细胞凋亡^[35]。黄酮类化合物相关信息见表 4。

1.5 氨基酸类

干姜中含有 18 种氨基酸，总含量为 8.976%。对四川、贵州、广东、山东、云南五省所产干姜的氨基酸含量进行检测发现，必需氨基酸的平均含量为 75.71 mg/g，总氨基酸的平均含量为 196.85 mg/g。不同省份干姜中各氨基酸含量存在明显差异，其中以云南省产的干姜其必需氨基酸和总氨基酸含量均为最低。李计萍^[36]和张美慧等^[37]的研究表明，干姜中总氨基酸含量约为游离氨基酸总量的 2 倍，提示干姜中的氨基酸主要以结合态形式存在。

1.6 糖苷类

运用超高效液相色谱与质谱联用技术分析干姜中的化学成分，共鉴定出 4 种糖苷类化合物，分别为 5-羟基龙脑-2-O-β-D-吡喃葡萄糖苷、姜糖脂 A、姜糖脂 B 和姜糖脂 C^[38]。目前，关于干姜化学成分的研究鲜少涉及糖苷类成分，其药理作用的探讨更是几近空白。未来可在此方面开展系统深入研究，以填补该领域的研究空白。糖苷类化合物相关信息见表 5。

表3 二苯基庚烷类主要化学成分

Table 3. The main chemical components of diphenylheptanes

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
64	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[3,5-dihydroxy-1-(4'-hydroxy-3',5'-dimethoxyphenyl)-7-(4''-hydroxy-3''-methoxyphenyl) heptane]	C ₂₂ H ₃₀ O ₇	406.47	[23, 28]
65	3,5-二羟基-1,7-双(4-羟基-3-甲氧基苯基)庚烷 [3,5-dihydroxy-1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) heptane]	C ₂₁ H ₂₈ O ₆	376.44	[28]
66	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 [5-hydroxy-1-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(3,4-dihydroxyphenyl)-3-heptanone]	C ₂₀ H ₂₄ O ₆	360.41	[23]
67	1,7-双(4-羟基-3-甲氧基苯基)-1,6-庚二烯-3,5-二酮 [1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl)-1,6-heptadiene-3,5-dione]	C ₂₁ H ₂₀ O ₆	368.39	[32]
68	(3R,5S)-3,5-二乙氧基-1,7-双(4-羟基-3-甲氧基苯基)庚烷 [(3R,5S)-3,5-diacetoxy-1,7-bis(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) heptane]	C ₂₅ H ₃₂ O ₈	460.52	[33]
69	(3R,5S)-3,5-二乙氧基-1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-7-(4-羟基-3-甲氧基苯基)庚烷 [(3R,5S)-3,5-dihydroxy-1-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl) -7-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) -heptane]	C ₂₆ H ₃₄ O ₉	490.55	[33]
70	(1S,3R,5R,6R)-1,5-环氧-3,6-二羟基-1-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-7-(4-羟基-3-甲氧基苯基)庚烷 [(1S,3R,5R,6R)-1,5-epoxy-3-hydroxy-6-hydroxy-1-(4-hydroxy-3,5dimethoxyphenyl) -7-(4-hydroxy-3-methoxyphenyl) heptane]	C ₂₂ H ₂₈ O ₈	420.46	[31]
71	(1R,3R,5S)-1,5-环氧-3-乙氧基-1-(4,5-二羟基-3-甲氧基苯基)-7-(3,4-羟基苯基)庚烷[(1R,3R,5S)-1,5-epoxy-3-acetoxy-1-(4,5-dihydroxy-3-methoxyphenyl)-7-(3,4-hydroxyphenyl) heptane]	C ₂₂ H ₂₆ O ₈	418.44	[31]
72	(3R,5S,6R,7S)-3,6-环氧-7-羟基-1-(4-羟基苯基)-7-(3-甲氧基-4-羟基苯基)庚烷 [(3R,5S,6R,7S)-3,6-epoxy-7-hydroxyl-1-(6-hydroxyphenyl)-7-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl) heptane]	C ₂₀ H ₂₄ O ₅	344.41	[31]

续表3

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
73	(<i>E</i>)-3-酮-4-烯-1-(3-甲氧基-4-羟基苯基)-7-(4,5-二羟基-3-甲氧基苯基)-4-庚烯[<i>(E)</i> -3-keto-4-ene-1-(3-methoxy-4-hydroxyphenyl)-7-(4,5-dihydroxy-3-methoxyphenyl) heptane]	C ₂₁ H ₂₄ O ₆	372.42	[31]
74	1-(3,4-二羟基苯基)-7-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-5-羟基-3-乙酰基庚烷 [1-(3,4-dihydroxybenzene)-7-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-5-hydroxy-3-acetyl heptane]	C ₂₃ H ₃₀ O ₇	418.49	[34]
75	1,7-双(4-羟基-5-甲氧基苯基)-4-庚烯-3-酮 [1,7-bis (4-hydroxy-5-methoxyphenyl)-4-hepten-3-one]	C ₂₁ H ₂₄ O ₅	356.42	[34]
76	2-(4-羟基-3-甲氧基苯乙基)-6-(3,4-二羟基-5-甲氧基苯乙基)-四氢-2H-吡喃-4-醇乙酸酯 [2-(4-hydroxy-3-methoxyphenylethyl)-6-(3,4-dihydroxy-5-methoxyphenylethyl)-tetrahydro-2H-pyran-4-alcohol acetate]	C ₂₅ H ₃₂ O ₈	460.52	[34]

表4 黄酮类主要化学成分

Table 4. The main chemical components of flavonoids

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
77	芦丁 (rutin)	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	610.52	[22]
78	桔皮素 (tangeretin)	C ₂₀ H ₂₀ O ₇	372.37	[22]
79	牡荆素 (vitexin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₀	432.38	[22]
80	异槲皮苷 (isoquercitrin)	C ₂₁ H ₂₀ O ₁₂	464.38	[22]
81	异黄酮 (isoflavone)	C ₁₅ H ₁₀ O ₂	222.24	[22]
82	二氢黄酮 (黄烷酮) (flavanone)	C ₁₅ H ₁₂ O ₂	222.24	[22]
83	柚皮素 (naringenin)	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	272.25	[22]
84	槲皮素 (quercetin)	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	302.24	[22]
85	儿茶素 (catechin)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	[22]
86	表儿茶素 (epicatechin)	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	290.27	[22]
87	山柰酚 (kaempferol)	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	286.24	[22]
88	银杏素 (ginkgetin)	C ₃₂ H ₂₂ O ₁₀	566.52	[29]
89	异银杏素 (isoginkgetin)	C ₃₂ H ₂₂ O ₁₀	566.52	[29]
90	3,4',5,7-四羟基-8-甲氧基黄酮 [3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyphenyl)-8-methoxy-4H-1-benzopyran-4-one]	C ₁₆ H ₁₂ O ₇	316.27	[29]

表5 糖苷类主要化学成分

Table 5. The main chemical components of glycosides

编号	化合物名称	分子式	分子量	参考文献
91	5-羟基龙脑-2-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (5-hydroxydiptero-2-O-β-D-glucopyranoside)	C ₁₆ H ₂₆ O ₇	332.39	[38]
92	姜糖脂A (gingerglycolipid A)	C ₃₃ H ₅₆ O ₁₄	676.80	[38]
93	姜糖脂B (gingerglycolipid B)	C ₃₃ H ₅₈ O ₁₄	678.81	[38]
94	姜糖脂C (gingerglycolipid C)	C ₃₃ H ₆₀ O ₁₄	680.83	[38]

1.7 其他类

干姜还含有多种其他化学成分,如棕榈酸、胡萝卜苷、β-谷甾醇和环丁二酸酐等^[39]。在无机元素方面,干姜富含钾(K)、磷(P)、铁(Fe)、锰(Mn)、钙(Ca)等32种元素,其中K的含量最高,是维持机体酸碱平衡、参与能量代谢及保障神经肌肉功能正常的关键元素;P的含量次之,作为生命体的基础构成物质,同时参与代谢活动及体内酸碱平衡的调节^[40]。干姜中主要化学成分的化学结构见附件图1。

2 药理作用

2.1 抗炎镇痛

干姜的抗炎镇痛成分主要以脂溶性的姜酚类化合物为主,同时也包含部分未知的水溶性成分。于华芸等^[41]研究发现,干姜可能通过下调花生四烯酸等脂质代谢相关基因的表达,从而发挥抗炎镇痛作用。Young等^[42]研究发现,6-姜辣素的镇痛作用主要通过抑制外周炎症反应中的前列腺素等炎性介质实现,而其抗炎作用则与抑制炎症细

胞释放活性物质及抗氧化活性有关。王梦等^[43]研究发现,干姜醇提物可显著抑制小鼠耳壳肿胀和小鼠扭体反应,这表明干姜乙醇提取物具有良好的抗炎镇痛作用。

2.2 止呕

自古以来,姜被广泛用于治疗恶心和呕吐,其止呕作用源于辛通温散的药性,尤其适用于脘腹怕冷、脾胃虚寒的呕吐。王欢欢等^[44]研究发现,干姜中的姜辣素具有抑制中枢性呕吐的作用,其机制可能与姜酚和姜烯酚对毒蕈碱型(muscarinicreceptor, M)受体及5-羟色胺(5-hydroxytryptamine, 5-HT)受体的抑制作用有关,通过阻碍乙酰胆碱(acetylcholine, Ach)的传递,减少前庭刺激冲动向皮质的传导,从而缓解恶心、呕吐及眩晕等症状。蒋苏贞等^[45]研究表明,干姜中姜酚类物质可降低血清中胃泌素、胃动素、生长抑素、血管活性肠肽的分泌,从而调节胃动力水平。此外,现代研究发现姜辣素还能抑制肿瘤治疗等因素引发的恶心呕吐。例如,Liang等^[46]发现6-姜辣素可通过下调转铁蛋白受体1(transferrin receptor 1, TfR1)和二价金属转运蛋白1(divalent metal transporter 1, DMT1)的表达、上调铁蛋白和膜铁转运蛋白(ferroportin, Fpn)的表达来调节铁稳态,从而改善化疗引起的恶心和呕吐。吴文春等^[47]研究发现,姜辣素穴位敷贴可通过抑制5-HT、胃动素、胃泌素的表达,有效降低全麻患者术后恶心呕吐的发生频率和严重程度。

2.3 抗肿瘤

干姜的提取物及其主要活性代谢产物,特别是挥发油和姜辣素类成分,具有显著的抗癌活性。其中,挥发油成分可诱导肿瘤细胞凋亡并抑制其增殖,对人类前列腺癌PC-3细胞、白血病K562细胞以及肺癌A549细胞均有显著的抑制作用^[48]。新近研究进一步发现,挥发油中的柠檬醛可显著抑制乳腺癌MCF-7细胞的增殖和迁移能力^[49]。

姜辣素类作为姜属植物的主要活性成分,同样具有显著的抗癌活性。吴其翔等^[50]系统阐述了其在癌症治疗中的多重作用机制,包括抑制炎症、抑制肿瘤血管形成、调控细胞周期、抑制癌细胞侵袭与转移,以及诱导细胞凋亡等五大方面。Zhang等^[51]提出,6-姜辣素可通过抑制胶质母细胞瘤细胞中早期生长反应转录因子1和生长分化

因子15的表达、阻断替莫唑胺诱导的生长分化因子15的上调,与替莫唑胺协同作用,在原位胶质母细胞瘤模型小鼠中显著抑制肿瘤生长。

此外,6-姜烯酚具有广谱抗肿瘤活性,对卵巢癌^[52]、结肠癌^[53]、肝癌^[54]、肺癌^[55]等多种癌症具有良好的抑制作用果,既能抑制肿瘤细胞增殖,又可诱导其凋亡。武雨朦等^[56]还发现,6-姜烯酚可通过抑制磷脂酰肌醇3-激酶(phosphoinositide 3-kinase, PI3K)/蛋白激酶B(protein kinase B, AKT)信号通路磷酸化,显著抑制人眼脉络膜黑色素瘤C918细胞的增殖与迁移,诱导细胞周期阻滞并促进其凋亡。

2.4 抗氧化

现代研究表明,干姜中具有抗氧化作用的成分主要是酚类化合物和黄酮类。酚类化合物能够有效清除自由基,减轻氧化应激水平^[57];而黄酮类物质主要通过提供氢原子来中和并清除1,1-二苯基-2-苦基肼(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, DPPH)自由基,同时通过还原铁离子作用,中断脂质过氧化的链式反应,从而有效阻断自由基的氧化损伤过程^[58-59]。

刘宏等^[60]通过实验发现,干姜提取物可显著改善模拟运输条件下花鲈血清中丙二醛含量的升高,提升总抗氧化能力及谷胱甘肽过氧化物酶、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶活性,抑制由活性氧积累所诱发的氧化损伤,从而发挥抗氧化作用。此外,赖文静等^[61]研究显示,干姜精油对DPPH和2,2'-联氮双(3-乙基苯并噻唑啉-6-磺酸)二铵盐自由基[2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) diammonium salt radical, ABTS]自由基均有一定的清除作用,其中所含的倍半萜类化合物(如 α -姜烯、 α -姜黄烯等)能有效抑制自由基活性,进一步发挥抗氧化功能。

2.5 抗感染

干姜的抗感染作用主要体现在抗细菌感染方面,多项体外抗菌研究证实其具有广谱抗菌作用。干姜中姜辣素类和挥发油类成分是其主要抗菌活性物质,对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌等革兰阳性菌,以及大肠杆菌、沙门菌等革兰阴性菌均表现出抑制作用^[62]。其中,挥发油成分对金黄色葡萄球菌、肺炎链球菌、铜绿假单胞菌、枯草芽孢杆菌及黑曲霉等也具有显著的抑制效果^[63]。除抗细菌作用外,干姜还具有一定的抗病毒感染

作用。Tanikawa 等^[64]研究表明, 6-姜烯酚可显著抑制 3C 样蛋白酶和类木瓜蛋白酶的活性, 从而抑制严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2) 病毒的感染过程。

2.6 免疫调节

干姜中多种活性成分对机体免疫系统均具有不同程度的调控作用, 可提高机体的免疫力, 促进机体的自我修复能力。其中, 6-姜辣素和 6-姜烯酚可通过调节肠道维生素 A 代谢、影响视黄酸合成以及抑制组蛋白去乙酰化酶 (histone deacetylase, HDAC) 2/3 的表达, 展现出显著的免疫调节和抗炎活性。这些作用有助于调控包括辅助性 T 细胞 (helper T cell, Th) 1/Th2 细胞因子在内的系统性免疫反应, 从而减轻过敏性炎症^[65]。张莉华等^[66]研究发现, 姜酚类成分可参与白细胞的激活与分化、T 细胞的活化、免疫系统的发育及细胞因子的反应等过程, 协助机体完成免疫应答。

2.7 改善心脑血管

干姜在治疗心脑血管疾病方面表现出多方面的药理作用, 主要包括强心、保护心肌细胞、缓解血管痉挛、调节血压、降低血脂以及改善局部血液循环等。其活性成分如姜酮、姜辣素及姜烯酚在其中发挥关键作用。

Han 等^[67]研究表明, 10-姜辣素可通过激活 Janus 激酶 2/信号转导子和转录激活子 3 信号通路、抑制 L 型钙离子通道减少钙离子内流、降低钙瞬变和心肌细胞收缩力, 从而减少氧化应激和细胞凋亡, 改善心肌缺血。Ma 等^[68]探究 6-姜辣素对体内和体外模型心脏重塑的影响, 发现用 6-姜辣素治疗可阻断去氧肾上腺素诱导的心肌细胞肥大和转化生长因子- β 诱导的心脏成纤维细胞活化, 同时显著降低 p38 丝裂原活化蛋白激酶磷酸化水平, 从而改善心脏功能并抑制压力超负荷引起的心脏重塑。此外, Khan 等^[69]研究发现, 姜酮可通过增强抗氧化酶活性、抑制脂质过氧化并降低白细胞介素-2 和肿瘤坏死因子- α 等炎症细胞因子水平, 有效减轻曲妥珠单抗引起的心脏毒性。Rao 等^[70]研究表明 6-姜烯酚通过调节 miRNA-26a-5p/死亡相关蛋白激酶 1 通路, 抑制过度自噬和钙超载, 从而减轻心肺复苏术后的脑损伤。

2.8 抑制血小板聚集和抗血栓

干姜水提物能够显著抑制由二磷酸腺苷和胶原酶诱导的血小板聚集, 从而延缓实验性血栓的形成。其中, 姜烯酮还对家兔血小板的环氧酶活性及人体血栓素 A₂ 的生成表现出抑制作用。Su 等^[71]基于色谱-质谱联用技术研究发现, 干姜提取物通过抑制血小板环氧酶活性和血栓素 A₂ 合成, 并可能调控 PI3K/AKT 信号通路, 从而发挥保护血管内皮、抑制血小板聚集及抗血栓形成的作用。此外, Han 等^[72]通过代谢组学方法进一步证实, 干姜可通过降低血浆中促进血栓形成的血栓素 A₂ 水平, 改善血液流变学指标, 抑制血小板聚集, 进而实现活血化瘀和抗血栓的作用。

2.9 降血糖

姜中糖苷类成分通过调节肠道菌群, 促进有益菌增殖、抑制有害菌生长, 并发挥抗氧化作用, 从而改善胰岛素抵抗和血糖代谢^[73]。Yi 等^[74]研究发现, 6-姜烯酚能够通过减轻氧化应激、抑制炎症因子表达 (如肿瘤坏死因子- α 和转化生长因子- β 1), 降低血糖水平, 并保护胰岛 β 细胞结构, 进而改善胰岛素分泌功能。Tzeng 等^[75]研究发现, 6-姜辣素可通过抑制 AKT/糖原合成酶激酶-3 β 信号通路, 下调脂肪细胞的关键转录因子 (过氧化物酶体增殖物激活受体 γ 和 CCAAT/增强子结合蛋白 α), 减少脂质代谢相关蛋白的表达, 从而抑制脂质积累和脂肪细胞分化。

2.10 其他药理作用

除上述作用外, 干姜还具有改善消化系统疾病、保肝利胆、抗过敏等多种药理活性。Zhao 等^[76]研究发现, 干姜精油可通过调节肠道菌群, 增加色氨酸代谢物吲哚-3-乙酸的生成, 进而激活芳香烃受体/白细胞介素-22/信号转导与转录激活因子 3 信号通路, 上调肠道上皮紧密连接蛋白及抗凋亡蛋白的表达, 从而有效改善 5-氟尿嘧啶诱导的肠道屏障功能障碍和黏膜炎。Mukherjee 等^[77]报道, 干姜提取物中所含的芦丁、儿茶素、槲皮素等黄酮类成分能够有效清除活性氧自由基, 减轻氧化应激, 并通过调节凋亡相关蛋白表达, 抑制肝细胞凋亡, 从而缓解有机磷农药磷胺诱导的肝毒性。王茜等^[78]以卵清蛋白为模式过敏原, 研究发现干姜中的活性成分 6-姜辣素能够抑制 T 细胞的活化和增殖, 降低卵清蛋白特异性免疫球蛋白 E 水平, 减少肥大细胞数量, 从而发挥抗过敏作用。

3 结语

干姜作为一味药食同源的传统中药，应用历史悠久。同时，其也常作为调味品融入日常饮食，与我国群众的日常生活息息相关，对人体健康产生着潜移默化的积极影响。干姜因其廉价易得、不良反应少等特点，近年来备受关注，常被用于开发治疗包括各类癌症在内的重大慢病的药物前体。

目前，干姜的药理学研究主要集中于改善胃肠道功能、抗肿瘤、抗氧化及改善心脑血管系统等方面，相关成果从现代科学角度诠释了干姜作为温里药的多种传统功效。值得指出的是，现有药效学研究多聚焦于姜辣素类成分，而针对二苯基庚烷类、糖苷类等其他重要组分的研究仍较为薄弱。因此，未来需进一步结合多种细胞模型及疾病动物模型，深入揭示干姜及其活性成分的多靶点作用机制，以期为该药材的深入开发与临床应用提供更为坚实的科学依据。

附件见《药学前沿》官网附录 (<https://yxqy.whuznhmedj.com/futureApi/storage/appendix/202512025.pdf>)

参考文献

- 1 中国药典 2025 年版。一部 [S]. 2025: 16.
- 2 佚名, 著. 支晓娟, 整理. 神农本草经 [M]. 广州: 广东科学技术出版社, 2022: 118.
- 3 梁·陶弘景, 撰. 名医别录 [M]. 海口: 海南出版社, 2025: 中品卷第二.
- 4 明·刘文泰. 本草品汇精要 [M]. 兰州: 敦煌文艺出版社, 2018: 卷之三十九·菜部中品.
- 5 明·李中梓, 撰. 雷公炮制药性解 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2013: 180.
- 6 清·周岩. 本草思辨录 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2015: 178.
- 7 汪杰, 黄山, 张正, 等. 经典名方中干姜的本草考证 [J]. 中成药, 2025, 47(2): 544–548. [Wang J, Huang S, Zhang Z, et al. Herbal textual research on dried ginger in classical famous formulae[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2025, 47(2): 544–548.] DOI: 10.3969/j.issn.1001-1528.2025.02.028.
- 8 谢晋, 王德群. 中药干姜产地和品种考证 [C]. 合肥: 第十八届全国药学史暨本草学术研讨会学术论文集, 2015: 110–112.
- 9 卞华, 主编. 伤寒杂病论 [M]. 北京: 中医古籍出版社, 2012: 574.
- 10 金岚. 张仲景运用干姜的规律研究 [D]. 北京: 北京中医药大学, 2018.
- 11 苗小玲, 王付. 王付教授运用半夏泻心汤合方札记 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2011, 13(10): 195–196. [Miao XL, Wang F. Professor Wang Fu's notes on the application of Banxia Xiexin Tang combination[J]. Journal of Liaoning University of Traditional Chinese Medicine, 2011, 13(10): 195–196.] DOI: 10.13194/j.jlunivtcm.2011.10.197.miaoxl.038.
- 12 王建斌. 半夏泻心汤加味治疗胃癌前病变 27 例 [J]. 西部中医药, 2011, 24(12): 45–48. [Wang JB. Observation on efficacy of modified BanXia XieXinTang in treating 27 cases of gastric precancerosis[J]. Western Journal of Traditional Chinese Medicine, 2011, 24(12): 45–48.] DOI: 10.3969/j.issn.1004-6852.2011.12.018.
- 13 朱燕娴, 杜少辉, 黄玮, 等. 杜少辉应用经方论治胃癌经验 [J]. 中医药导报, 2022, 28(11): 114–116. [Zhu YX, Du SH, Huang W, et al. Professor Du Shaohui's experience in treating gastric cancer with classical formulas[J]. Guiding Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2022, 28(11): 114–116.] DOI: 10.13862/j.cn43-1446/r.2022.11.025.
- 14 张少聪. 《伤寒杂病论》辨治肿瘤病思路探讨与典型案例分析 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2011.
- 15 王哲. 干姜化学成分的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- 16 罗祺玮, 钟萍, 孟钢, 等. 生姜与干姜挥发油化学成分及药理作用研究进展 [J]. 生物化工, 2024, 10(3): 184–188. [Luo QW, Zhong P, Meng G, et al. Advance on chemical constituents and pharmacological effects of fresh gingers and dried gingers essential oil[J]. Biological Chemical Engineering, 2024, 10(3): 184–188.] DOI: 10.3969/j.issn.2096-0387.2024.03.039.
- 17 朱莹莹, 苗兰, 孟硕, 等. 基于 GC-MS 和网络药理学预测生姜炮制前后挥发性成分中的质量标志物 [J]. 中国现代中药, 2023, 25(12): 2479–2491. [Zhu XX, Miao L, Meng S, et al. Q-Marker prediction of volatile components of crude and processed ginger based on GC-MS and network pharmacology[J]. Modern Chinese Medicine, 2023, 25(12): 2479–2491.] DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.20230717002.
- 18 Wang Y, Qing M, Li H, et al. The volatile oil of dried ginger promotes intestinal epithelial renewal through T-UCR uc.481[J]. J Agric Food Chem, 2025, 73(34): 21389–21403. DOI: 10.1021/acs.jafc.5c02193.
- 19 Hao Y, Lin X, Liu W, et al. Development of nanofiber facial mask inspired by the multi-function of dried ginger (*Zingiberis Rhizoma*) essential oil [J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 402. DOI: 10.1038/s41598-024-84571-1.
- 20 顾琦, 魏旭超, 刘露, 等. 基于网络药理学探讨辛热中药挥发油外用的药效物质基础及潜在分子机制 [J]. 中草药, 2021, 52(5): 1383–1392. [Gu Q, Wei XC, Liu L, et al. Pharmacodynamic material basis and potential molecular mechanism for external use of essential oils from "hot" pungent Chinese materia medica based on network pharmacology[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2021, 52(5): 1383–1392.] DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2021.05.019.
- 21 陈颖, 刘冬, 周静, 等. 干姜挥发油对急性心肌缺血缺氧模型大鼠血清中肿瘤坏死因子水平的影响 [J]. 名医, 2021, (8): 36–37. [Chen Y, Liu D, Zhou J, et al. Effects of volatile oil of dried ginger on serum levels of tumor necrosis factor in rats with acute myocardial ischemia and hypoxia[J]. Renowned Doctor, 2021, (8):

- 36–37.] DOI: [10.20255/j.cnki.issn1674-9561.2021.08.005](https://doi.org/10.20255/j.cnki.issn1674-9561.2021.08.005).
- 22 李申澳, 余卫东, 许寅, 等. 生姜与干姜的化学成分、药理作用、处方应用研究进展及其质量标志物预测分析 [J]. 中国中药杂志, 2025, 50(20): 5641–5657. [Li SA, Yu WD, Xu Y, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects, and prescription application of *Zingiberis Rhizoma Recens* and *Zingiberis Rhizoma* and prediction of their quality markers[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2025, 50(20): 5641–5657.] DOI: [10.19540/j.cnki.cjmm.20250603.203](https://doi.org/10.19540/j.cnki.cjmm.20250603.203).
- 23 张梦欣, 高铭淑, 黄传奇, 等. 姜的化学成分、药理作用及增效减毒配伍机制研究进展 [J]. 中华中医药学刊, 2025–04–21. [Zhang MX, Gao MS, Huang CQ, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological effects and effect-enhancing and toxic-reducing compatibility mechanism of ginger[J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2025–04–21.] https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=iwDheDcO5w56EIVgRDfuJNu-NF3L8XO9_jbWr2lsF3KRe1s8dI37mf1OAGaHLX4p4gnQ4_zoNHFnnxNXSwO8cA6Dk04yi0IRM70Pz0ADfzuy_eOoiUBxrJP01O4sAmfZqy0Q5B0vzUj12TW0NccR9I4sMqL5HKWEzcX4NMOGibBzOlgyJoOhdLqdhTXO61Zz3gcIqx BkGdI&uniplatform=NZKPT&captchalid=6e0ff48c-b785-449e-92f2-037be6dd9cc2.
- 24 余代鑫, 尹梦廷, 郭盛, 等. 基于 GC-MS 和 FT-NIR 结合化学计量学的干姜产地鉴别及挥发性成分含量快速预测 [J]. 中国现代中药, 2025, 27(5): 831–841. [Yu DX, Yin MT, Guo S, et al. Identification of geographical origin and rapid prediction of volatile component of *Zingiberis Rhizoma* via GC-MS and FT-NIR with chemometrics[J]. Modern Chinese Medicine, 2025, 27(5): 831–841.] DOI: [10.13313/j.issn.1673-4890.20240925002](https://doi.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20240925002).
- 25 朱明明, 柳丹, 路可欣, 等. 姜辣素药理作用研究进展 [J]. 湖北医药学院学报, 2018, 37(4): 390–394. [Zhu MM, Liu D, Lu KX, et al. Research progress on the pharmacological effects of gingerols[J]. Journal of Hubei University of Medicine, 2018, 37(4): 390–394.] DOI: [10.13819/j.issn.1006-9674.2018.04.025](https://doi.org/10.13819/j.issn.1006-9674.2018.04.025).
- 26 田舒铭. 生姜种质资源姜辣素含量评价及其关键合成基因功能鉴定 [D]. 重庆: 重庆三峡学院, 2023.
- 27 Lgaz H, Messali M, Lee HS. Mechanistic evaluation of radical scavenging pathways in ginger phenolics: a DFT study of 6-gingerol, 6-shogaol, and 6-paradol[J]. Int J Mol Sci, 2025, 26(22): 11217. DOI: [10.3390/ijms262211217](https://doi.org/10.3390/ijms262211217).
- 28 吴萍, 蒯梦妮, 李乐, 等. 干姜化学成分和药理作用研究进展 [J]. 亚太传统医药, 2024, 20(11): 242–246. [Wu P, Kuai MN, Li L, et al. Research progression chemical constituents and pharmacological effects of dried ginger[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2024, 20(11): 242–246.] DOI: [10.11954/ytety.202411048](https://doi.org/10.11954/ytety.202411048).
- 29 何建桥, 张淼, 杨志军, 等. 干姜的性效、炮制历史沿革及成分活性研究进展 [J]. 中药材, 2024, 47(2): 497–505. [He JQ, Zhang M, Yang ZJ, et al. Research progress on the efficacy, historical evolution of processing and component activity of dried ginger[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2024, 47(2): 497–505.] DOI: [10.13863/j.issn1001-4454.2024.02.041](https://doi.org/10.13863/j.issn1001-4454.2024.02.041).
- 30 卢传坚. 姜的化学成分分析研究概述 [J]. 中药新药与临床药理, 2003, 14(3): 215–217. [Lu CJ. Overview of chemical composition analysis of ginger[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2003, 14(3): 215–217.] DOI: [10.3321/j.issn:1003-9783.2003.03.028](https://doi.org/10.3321/j.issn:1003-9783.2003.03.028).
- 31 Cui WH, Wang YZ, Li ZZ, et al. Four new diarylheptanoids from *Rhizoma Zingiberis*[J]. J Asian Nat Prod Res, 2019, 21(1): 1–8. DOI: [10.1080/10286020.2018.1545761](https://doi.org/10.1080/10286020.2018.1545761).
- 32 徐桐, 丛竹凤, 贺梦媛, 等. 干姜的研究进展及质量标志物分析 [J]. 山东中医杂志, 2022, 41(5): 569–575. [Xu T, Cong ZF, He MY, et al. Research progress and quality marker analysis of Ganjiang (*Zingiberis Rhizoma*)[J]. Shandong Journal of Traditional Chinese Medicine, 2022, 41(5): 569–575.] DOI: [10.16295/j.cnki.0257-358x.2022.05.021](https://doi.org/10.16295/j.cnki.0257-358x.2022.05.021).
- 33 Wei QY, Ma JP, Cai YJ, et al. Cytotoxic and apoptotic activities of diarylheptanoids and gingerol-related compounds from the rhizome of Chinese ginger[J]. J Ethnopharmacol, 2005, 102(2): 177–184. DOI: [10.1016/j.jep.2005.05.043](https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.043).
- 34 肖盛元, 刘红霞, 林文翰, 等. 干姜中的二芳基庚烷类化合物及其在四逆汤煎煮过程中的立体选择性反应 [J]. 分析化学, 2007, 35(9): 1295–1300. [Xiao SY, Liu HX, Lin WH, et al. Diarylheptanoids in *Rhizoma Zingiberis* and their stereoselective reactions during the process of decocting[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2007, 35(9): 1295–1300.] DOI: [10.3321/j.issn:0253-3820.2007.09.011](https://doi.org/10.3321/j.issn:0253-3820.2007.09.011).
- 35 卢敏, 黄艳, 陈艳艳, 等. 姜中姜辣素和黄酮的提取及抗氧化性研究 [J]. 广州化工, 2022, 50(20): 51–54. [Lu M, Huang Y, Chen YY, et al. Study on extraction and antioxidant activity of gingerol and flavonoids from ginger[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2022, 50(20): 51–54.] DOI: [10.3969/j.issn.1001-9677.2022.20.015](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-9677.2022.20.015).
- 36 李计萍, 王跃生, 马华, 等. 干姜与生姜主要化学成分的比较研究 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(11): 748–751. [Li JP, Wang YS, Ma H, et al. A comparative study on the primary chemical constituents of *Zingiberis Rhizoma* (dried ginger) and *Zingiberis Rhizoma Recens* (fresh ginger)[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2001, 26(11): 748–751.] DOI: [10.3321/j.issn:1001-5302.2001.11.010](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-5302.2001.11.010).
- 37 张美慧, 李瑞海. 不同产地干姜中氨基酸成分对比研究 [J]. 中国民族民间医药, 2019, 28(20): 32–35. [Zhang MH, Li RH. Comparison of amino acids in dried ginger from different habitats[J]. Chinese Journal of Ethnomedicine and Ethnopharmacy, 2019, 28(20): 32–35.] DOI: [10.3969/j.issn.1007-8517.2019.20.zgmzmjyzz201920009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-8517.2019.20.zgmzmjyzz201920009).
- 38 闫利利. 基于液质联用技术的半夏泻心汤药效物质定性研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2013. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10023-1013311387.htm>.
- 39 亓雪, 张颖颖. 干姜的化学、药理研究进展 [J]. 山东化工, 2018, 47(14): 41–42. [Qi X, Zhang YY. Progress in chemical and pharmacological research of ginger[J]. Shandong Chemical Industry, 2018, 47(14): 41–42.] DOI: [10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2018.14.014](https://doi.org/10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2018.14.014).
- 40 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. [Zou DQ, Yan H, Li PH, et al. Analysis and evaluation of inorganic

- elements in *Zingiberis Rhizoma* from different regions based on ICP-AES[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(23): 240–246.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2020060124](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020060124).
- 41 于华芸, 吴智春, 季旭明, 等. 干姜温中功效的分子机制[J]. 中华中医药杂志, 2012, 27(1): 181–183. [Yu HY, Wu ZC, Ji XM, et al. Study on the molecule mechanism of warming interior of Zingiberis[J]. China Journal of Traditional Chinese Medicine and Pharmacy, 2012, 27(1): 181–183.] DOI: [CNKI:SUN:BXYY.0.2012-01-055](https://doi.org/CNKI:SUN:BXYY.0.2012-01-055).
- 42 Young HY, Luo YL, Cheng HY, et al. Analgesic and anti-inflammatory activities of 6-gingerol[J]. J Ethnopharmacol, 2005, 96(1–2): 207–210. DOI: [10.1016/j.jep.2004.09.009](https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.09.009).
- 43 王梦, 钱红美, 苏简单. 干姜乙醇提取物解热镇痛及体外抑菌作用研究[J]. 中药新药与临床药理, 2003, 14(5): 299–301. [Wang M, Qian HM, Su JD. Antipyretic and analgesic effects of *Rhizoma Zingiberis* alcoholic extract and its in-vitro antibacterial actions[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2003, 14(5): 299–301.] DOI: [10.3321/j.issn:1003-9783.2003.05.003](https://doi.org/10.3321/j.issn:1003-9783.2003.05.003).
- 44 王欢欢, 郭琴, 彭高强, 等. 基于古籍的生姜和干姜来源、功效及用法研究[J]. 长春中医药大学学报, 2022, 38(1): 17–21. [Wang HH, Guo Q, Peng GQ, et al. Investigation on the origin, efficacy and application of fresh gingers and dried gingers based on ancient books[J]. Journal of Changchun University of Chinese Medicine, 2022, 38(1): 17–21.] DOI: [10.13463/j.cnki.cczyy.2022.01.005](https://doi.org/10.13463/j.cnki.cczyy.2022.01.005).
- 45 蒋苏贞, 朱春丽. 干姜醇提取物对胃排空的影响[J]. 中国当代医药, 2010, 17(14): 17–18. [Jiang SZ, Zhu CL. Effect of ethanolic dried ginger extract on gastric emptying[J]. China Modern Medicine, 2010, 17(14): 17–18.] DOI: [10.3969/j.issn.1674-4721.2010.14.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-4721.2010.14.009).
- 46 Liang W, Feng L, Han S, et al. 6-gingerol alleviates chemotherapy-induced nausea and vomiting by inhibiting ferroptosis via the regulation of iron homeostasis[J]. Cancer Chemother Pharmacol, 2025, 95(1): 119. DOI: [10.1007/s00280-025-04850-0](https://doi.org/10.1007/s00280-025-04850-0).
- 47 吴文春, 董敏, 陈莹昊, 等. 姜辣素穴位敷贴对全麻患者术后恶心呕吐的作用及机制[J]. 贵州医科大学学报, 2023, 48(11): 1406–1410, 1416. [Wu WC, Dong M, Chen YH, et al. Effect of gingerol acupoint application on postoperative nausea and vomiting in patients with general anesthesia and its mechanism[J]. Journal of Guizhou Medical University, 2023, 48(11): 1406–1410, 1416.] DOI: [10.19367/j.cnki.2096-8388.2023.11.020](https://doi.org/10.19367/j.cnki.2096-8388.2023.11.020).
- 48 Tian M, Wu X, 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, 2020: 9641284. DOI: [10.1155/2020/9641284](https://doi.org/10.1155/2020/9641284).
- 49 Zhang W, Liu Z, Luo L, et al. GC-MS- and LC-TOF-MS/MS-based ginger volatile oil serum analysis and the potential mechanism of the anticancer effect of serum component citral on MCF-7 breast cancer cells[J]. J Pharm Pharmacol, 2025, 77(4): 532–549. DOI: [10.1093/jpp/rgae116](https://doi.org/10.1093/jpp/rgae116).
- 50 吴其翔, 徐涛. 6-姜酚在癌症治疗中的作用[J]. 生命的化学, 2025, 45(8): 1344–1351. [Wu QX, Xu T. Roles of 6-gingerol in cancer treatment[J]. Chemistry of Life, 2025, 45(8): 1344–1351.] DOI: [10.13488/j.smhx.20250080](https://doi.org/10.13488/j.smhx.20250080).
- 51 Zhang XG, Song JN. 6-gingerol enhances the anti-tumor activity of temozolomide by inhibiting EGR1/GDF15 signaling in glioblastoma[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 42162. DOI: [10.1038/s41598-025-26109-7](https://doi.org/10.1038/s41598-025-26109-7).
- 52 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, 2015. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10633-1016042761.htm>.
- 53 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. [Zhao XY, Zhang M, Zhu ZH, et al. Study of 6-gingerol on invasion and migration of human gastric cancer BGC-823 cells[J]. Shanghai Journal of Traditional Chinese Medicine, 2020, 54(10): 82–86.] DOI: [10.16305/j.1007-1334.2020.2002064](https://doi.org/10.16305/j.1007-1334.2020.2002064).
- 54 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, 2022. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10507-1022043722.htm>.
- 55 余娅娅, 朱燕娟, 肖真真, 等. 知母、干姜对 PI3K/AKT 通路异常激活介导的非小细胞肺癌吉非替尼耐药的影响及机制研究[J]. 中药新药与临床药理, 2023, 34(11): 1525–1533. [Yu YY, Zhu YJ, Xiao ZZ, et al. Effect and mechanism study of *Anemarrhenae Rhizoma* and *Zingiberis Rhizoma* recens on gefitinib resistance in non-small cell lung cancer mediated by abnormal activation of PI3K/AKT pathway[J]. Traditional Chinese Drug Research and Clinical Pharmacology, 2023, 34(11): 1525–1533.] DOI: [10.19378/j.issn.1003-9783.2023.11.005](https://doi.org/10.19378/j.issn.1003-9783.2023.11.005).
- 56 武雨朦, 曙丽盼·木拉提, 张苗苗, 等. 基于网络药理学探究 6-姜烯酚对黑色素瘤的药效研究[J]. 食品与药品, 2025, 27(5): 398–403. [Wu YM, MuLaTi SLP, Zhang MM, et al. Investigation of therapeutic efficacy of 6-shogaol against melanoma based on network pharmacology[J]. Food and Drug, 2025, 27(5): 398–403.] DOI: [10.3969/j.issn.1672-979X.2025.05.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1672-979X.2025.05.003).
- 57 刘怡妙, 凌悦, 徐旭, 等. 生姜的研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中草药, 2022, 53(9): 2912–2928. [Liu YM, Ling Y, Xu X, et al. Research progress on ginger and predictive analysis on its Q-Marker[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(9): 2912–2928.] DOI: [10.7501/j.issn.0253-2670.2022.09.035](https://doi.org/10.7501/j.issn.0253-2670.2022.09.035).
- 58 Mustafa I, Chin NL. Antioxidant properties of dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) var. Bentong[J]. Foods, 2023, 12(1):178. DOI: [10.3390/foods12010178](https://doi.org/10.3390/foods12010178).
- 59 王霄凯, 张凡, 李姣, 等. 干姜和黑豆蔻体外抗氧化及降血糖功能的研究[C]. 宁波: 达能营养中心第二十二届学术会议——饮水、水合状态与健康会议论文集, 2019: 76–85.
- 60 刘宏, 熊桑源. 干姜提取物对运输应激花鲈血液生化指标、抗氧化能力和肌肉能量代谢的影响[J]. 中国饲料, 2025, (20): 49–52. [Liu H, Xiong SY. Effects of dried ginger extract on blood biochemical indicators, antioxidant capacity and energy metabolism in muscle of lateolabrax japonicus suffered from transport stress[J]. China Feed, 2025, (20): 49–52.] DOI: [10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20252013](https://doi.org/10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20252013).
- 61 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. [Lai WJ, Zhang X, Huang Y, et al. Enzymatic extraction of essential oil from *Zingiberis Rhizoma* and its

- biological activity evaluation[J]. Journal of Chengdu University (Natural Science Edition), 2023, 42(3): 239–247.] DOI: [10.3969/j.issn.1004-5422.2023.03.004](https://doi.org/10.3969/j.issn.1004-5422.2023.03.004).
- 62 于泽, 韩肖洋, 陈静, 等. 生姜中姜辣素的提取与功能研究进展[J]. 食品研究与开发, 2023, 44(3): 219–224. [Yu Z, Han XY, Chen J, et al. Research progress on extraction and function of gingerol from ginger[J]. Food Research and Development, 2023, 44(3): 219–224.] DOI: [10.12161/j.issn.1005-6521.2023.03.032](https://doi.org/10.12161/j.issn.1005-6521.2023.03.032).
- 63 Oliveira HBM, Selis ND, Brito TLS, et al. Citral modulates human monocyte responses to infection[J]. Sci Rep-Uk, 2021, 11(1): 22029. DOI: [10.1038/s41598-021-01536-4](https://doi.org/10.1038/s41598-021-01536-4).
- 64 Tanikawa T, Hayashi T, Kiba Y, et al. Inhibitory effect of 6-shogaol against 3CLpro activity and SARS-CoV-2 infection[J]. BMC Complement Med Ther, 2025, 25(1): 385. DOI: [10.1186/s12906-025-05094-4](https://doi.org/10.1186/s12906-025-05094-4).
- 65 Zafrilla P, Ballester P, Victoria-Montesinos D, et al. Dietary bioactive compounds and their role in allergy prevention: a comprehensive review[J]. Nutrients, 2025, 17(22): 3506. DOI: [10.3390/nu17223506](https://doi.org/10.3390/nu17223506).
- 66 张莉华, 陈少军. 生姜对新型冠状病毒肺炎的防治作用探讨[J]. 中国食品学报, 2020, 20(12): 302–310. [Zhang LH, Chen SJ. Studies on the control effect of ginger on novel coronavirus pneumonia[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2020, 20(12): 302–310.] DOI: [10.16429/j.1009-7848.2020.12.036](https://doi.org/10.16429/j.1009-7848.2020.12.036).
- 67 Han X, Qi J, Yang Y, et al. Protective mechanisms of 10-gingerol against myocardial ischemia may involve activation of JAK2/STAT3 pathway and regulation of Ca²⁺ homeostasis[J]. Biomed Pharmacother, 2022, 151: 113082. DOI: [10.1016/j.biopha.2022.113082](https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113082).
- 68 Ma SQ, Guo Z, Liu FY, et al. 6-gingerol protects against cardiac remodeling by inhibiting the p38 mitogen-activated protein kinase pathway[J]. Acta Pharmacol Sin, 2021, 42(10): 1575–1586. DOI: [10.1038/s41401-020-00587-z](https://doi.org/10.1038/s41401-020-00587-z).
- 69 Khan G, Alam MF, Alshahrani S, et al. Trastuzumab-mediated cardiotoxicity and its preventive intervention by zingerone through antioxidant and inflammatory pathway in rats[J]. J Pers Med, 2023, 13(5): 750. DOI: [10.3390/jpm13050750](https://doi.org/10.3390/jpm13050750).
- 70 Rao O, Hu J, Zhu N, et al. 6-shogaol alleviates post-cardiopulmonary resuscitation brain injury in rats by regulating the miRNA-26a-5p/DAPK1[J]. Neurochem Res, 2025, 51(1): 8. DOI: [10.1007/s11064-025-04610-9](https://doi.org/10.1007/s11064-025-04610-9).
- 71 Su M, Cao G, Wang X, et al. Metabolomics study of dried ginger extract on serum and urine in blood stasis rats based on UPLC-Q-TOF/MS[J]. Food Sci Nutr, 2020, 8(12): 6401–6414. DOI: [10.1002/fsn3.1929](https://doi.org/10.1002/fsn3.1929).
- 72 Han Y, Li Y, Wang Y, et al. Comparison of fresh, dried and stir-frying gingers in decoction with blood stasis syndrome in rats based on a GC-TOF/MS metabolomics approach[J]. J Pharm Biomed Anal, 2016, 129: 339–349. DOI: [10.1016/j.jpba.2016.07.021](https://doi.org/10.1016/j.jpba.2016.07.021).
- 73 汪妮, 陈梦霞, 孟凡强, 等. 生姜多糖的提取及其对糖尿病小鼠肠道菌群的调节作用[J]. 食品工业科技, 2023, 44(4): 278–286. [Wang N, Chen MX, Meng FQ, et al. Extraction of polysaccharide from *Zingiber officinale* Roscoe and its regulatory effect on intestinal flora in diabetic mice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(4): 278–286.] DOI: [10.13386/j.issn1002-0306.2022060155](https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022060155).
- 74 Yi JK, Ryoo ZY, Ha JJ, et al. Beneficial effects of 6-shogaol on hyperglycemia, islet morphology and apoptosis in some tissues of streptozotocin-induced diabetic mice[J]. Diabetol Metab Syndr, 2019, 11: 15. DOI: [10.1186/s13098-019-0407-0](https://doi.org/10.1186/s13098-019-0407-0).
- 75 Tzeng TF, Liu IM. 6-gingerol prevents adipogenesis and the accumulation of cytoplasmic lipid droplets in 3T3-L1 cells[J]. Phytomedicine, 2013, 20(6): 481–487. DOI: [10.1016/j.phymed.2012.12.006](https://doi.org/10.1016/j.phymed.2012.12.006).
- 76 Zhao XL, Xu LY, Li KD, et al. Exploring dried ginger essential oil as a therapeutic strategy for 5-FU-induced mucositis: gut microbiota and tryptophan metabolite IAA-AHR/IL-22/STAT3 signaling axis[J]. J Ethnopharmacol, 2025, 345: 119616. DOI: [10.1016/j.jep.2025.119616](https://doi.org/10.1016/j.jep.2025.119616).
- 77 Mukherjee S, Mukherjee N, Saini PM, et al. Ginger extract ameliorates phosphamidon induced hepatotoxicity[J]. Indian J Exp Biol, 2015, 53(9): 574–584. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26548077/>.
- 78 王茜. 基于肥大细胞的抗过敏筛查模型的构建及其在六种食药同源食材抗过敏评估中的应用[D]. 南昌: 南昌大学, 2024. <https://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10403-1024486874.htm>.

收稿日期: 2025 年 12 月 09 日 修回日期: 2026 年 01 月 27 日
本文编辑: 钟巧妮 李 阳